



Aplicaciones en la industria automotriz de materiales reforzados con fibra natural

Applications of materials reinforced with natural fiber in the automotive area

Aplicações na indústria automotiva de materiais reforçados com fibra natural

Andres Moreno-Constante ^I

asmorenoc@uce.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1509-2329>

Abel Remache-Coyago ^{II}

apremache@uce.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6863-4104>

Correspondencia: asmorenoc@uce.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

***Recibido:** 10 de abril de 2021 ***Aceptado:** 03 de mayo de 2021 * **Publicado:** 01 de junio de 2021

- I. Ingeniero Automotriz, Universidad Central del Ecuador, Postgrado Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador.
- II. Magister en Gerencia y Liderazgo Educacional, Master Universitario en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética, Ingeniero Automotriz, Universidad Central del Ecuador, Postgrado Facultad De Ingeniería Y Ciencias Aplicadas, Quito, Ecuador.

Resumen

La preocupación por el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, el aumento del calentamiento global ha llevado a una mayor investigación sobre la sustitución de fibras sintéticas por fibras naturales, y la cantidad de investigación sobre fibras naturales tiene un papel importante que desempeñar hacia un futuro sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Además, los productos a base de fibras naturales se han incrementado sustancialmente. En este artículo se aplicó la metodología PRISMA para la revisión de la literatura disponible, que permite identificar artículos relevantes basados en fibras naturales y su aplicación en la industria automotriz, a partir de bases de datos reconocidas. Se brindó el enfoque para identificar los elementos formados en el automóvil como indicadores utilizados por los autores para este análisis. Algunas propiedades requeridas por simulación se han obtenido de la literatura, como las propiedades físicas y mecánicas de los materiales conformados para este tipo de aplicaciones automotrices y múltiples soluciones. En este documento, se presenta una revisión de las aplicaciones actuales de los compuestos de fibras naturales en diferentes usos dentro del automóvil junto con alguna información sobre el alcance futuro de la investigación en la industria.

Palabras clave: Fibra natural; automotor; polímero; aplicaciones; fabricación.

Abstract

Concern about the depletion of fossil fuel reserves, increasing global warming has led to increased research on the substitution of synthetic fibers for natural fibers, and, the amount of research on natural fibers have an important role to play towards a sustainable and environmentally friendly future. In addition, products based on natural fibers have increased substantially. This article was applied the PRISMA methodology for the review of the available literature, which allows identifying relevant articles based on natural fibers and their application in the automotive industry, from recognized databases. The approach was provided to identify the elements formed in the automobile as indicators used by the authors for this analysis. Some properties required by simulation have been obtained from the literature, such as the physical and mechanical properties of the shaped materials for this type of automotive applications and multiple solutions. In this document, a review on current applications of natural fiber composites in different uses within the automobile has been presented along with some information on the future scope of research in the industry.

Keywords: Natural fiber; automotive; polymer; applications; manufacture.

Resumo

1389 / 5000

Resultados de traducción

As preocupações com o esgotamento das reservas de combustível fóssil, o aumento do aquecimento global levaram a novas pesquisas sobre a substituição de fibras sintéticas por fibras naturais, e a quantidade de pesquisas sobre fibras naturais tem um papel importante a desempenhar em relação ao futuro. meio Ambiente. Além disso, os produtos à base de fibras naturais aumentaram substancialmente. Neste artigo, a metodologia PRISMA foi aplicada para revisar a literatura disponível, o que permite identificar artigos relevantes baseados em fibras naturais e sua aplicação na indústria automotiva, a partir de bases de dados reconhecidas. A abordagem foi fornecida para identificar os elementos formados no carro como indicadores utilizados pelos autores para esta análise. Algumas propriedades exigidas por simulação foram obtidas na literatura, como as propriedades físicas e mecânicas de materiais moldados para este tipo de aplicações automotivas e soluções múltiplas. Neste documento, é apresentada uma revisão das aplicações atuais dos compostos de fibra natural em diferentes usos dentro do automóvel, juntamente com algumas informações sobre o escopo futuro da pesquisa na indústria.

Palavras-chave: Fibra natural; automotivo; polímero; Formulários; manufatura.

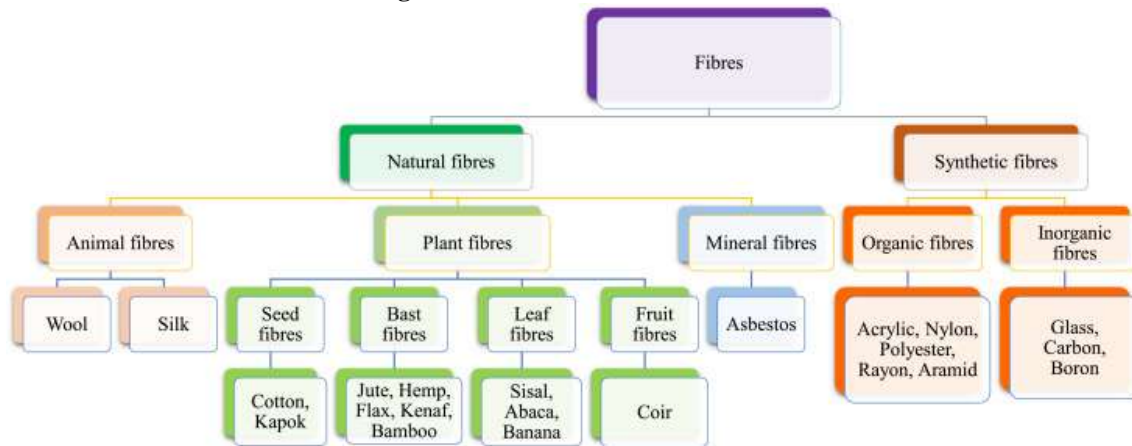
Introducción

Desde las últimas dos décadas, muchos investigadores se han reorientado en el uso de fibras naturales, como refuerzos para materiales estructurales poliméricos. Mucho antes de hace un siglo, la gente de muchos pueblos pequeños de China y Corea ya mezclaba pajitas con barro para construir muros en las aldeas (Chamba et al., 2020)(Bajwa & Bhattacharjee, 2016). La industria automotriz a nivel mundial está bajo presión para reducir las emisiones y mejorar la economía media de combustible de sus modelos de vehículos. Esto abordará tanto los esfuerzos para mitigar el cambio climático como las enormes facturas de importación de petróleo (Cueva Sánchez et al., 2018). El cambio climático ha inducido a enfoques sostenibles y renovables en el desarrollo de

materiales biodegradables, lo que se traduce en una menor huella de carbono. Y un aumento a una mayor conciencia del medio ambiente (Dunne et al., 2016; Potluri & Krishna, 2020).

La concienciación sobre los problemas ambientales ha llevado a un creciente interés de los investigadores compuestos en el uso de materiales "más verdes" para reemplazar los refuerzos de fibra sintética y matrices de polímeros petroquímicos. Los compuestos termoplásticos a base de bioplásticos a base de fibra natural podrían ser una opción adecuada con ventajas que incluyen la reducción de los impactos ambientales, el uso de recursos renovables y el reciclaje (Qin et al., 2020). En comparación con la fibra sintetizada, la fibra natural ofrece varias ventajas en términos de biodegradabilidad, peso ligero, bajo precio, superioridad en el ciclo de vida y propiedades mecánicas satisfactorias. Sin embargo, las características inherentes de las fibras naturales a base de plantas han presentado desafíos para el desarrollo y la aplicación de NFRC, como calidad de fibra variable, propiedades mecánicas limitadas, absorción de agua, baja estabilidad térmica, incompatibilidad con matrices hidrófobas y propensión a la aglomeración (Li et al., 2020; Mansor et al., 2021 de Queiroz et al., 2021; Quitiaquez et al., 2020).

Figura 1: Clasificación de las fibras



Fuente: (Awais et al., 2021)

Las industrias aeroespacial y automotriz actuales buscan cambiar los materiales convencionales, que son materiales de alta densidad, por materiales compuestos para reducir el peso total del vehículo y aumentar su rendimiento (Verma & Senal, 2019; Karthi et al., 2019). Se han preparado compuestos reforzados con fibras naturales parcial y totalmente biodegradables utilizando una nueva tecnología patentada de tejidos no tejidos. Hay más de 1000 especies de biofibras que

pueden usarse como refuerzos en compuestos poliméricos, algunos ejemplos son: lino, kenaf, yute, hoja de cocotero, sisal, ramio, palma, cáscara de mar, vakka, pasto elefante, hoja de abacá fibra, harina de tallo de girasoles, y raquial, además de fibras orgánicas. Como se aprecia en la figura 1 (Kandola et al., 2018; (Briceño-Martínez et al., 2019); (Vadiraj et al., 2019).

En este trabajo se propone revisar las innovaciones tecnológicas actuales que exigen la mejora continua en la implementación de fibras naturales en las aplicaciones automotrices. Por otro lado se aprecia las técnicas computacionales dedicados a modelar y analizar las características que influyen en las propiedades mecánicas de los compuestos (Mulenga et al., 2021). Así como también se discuten las soluciones técnicas a los problemas tradicionales del procesamiento de compuestos de fibra natural, la mejora de las propiedades de tracción, la durabilidad, la estabilidad térmica y la mejora de la incompatibilidad interfacial (Todkar & Patil, 2019).

Metodología

Tabla 1: Estructura de búsqueda según palabras claves y bases de datos de revisión

Palabras Clave	Base de Datos	Encontrados	Seleccionados	Porcentaje
Natural fiber, Polymer, natural fibres, thickness, automotive	Science Direct	14	9	12%
Automotive, natural fiber, natural fibre, polymer, Thickness	Taylor and Francis Online	5	3	4%
Natural fiber, Polymer, natural fibres, thickness, automotive	Springer LINK	10	6	8%
Automotive, natural fiber, natural fibre, polymer	Taylor and Francis Online	9	7	9%
Natural fiber, natural fibre, thickness, Polypropylene, automotive	Science Direct	7	3	4%
Natural fiber, natural fibre, thickness, epoxy, automotive	Science Direct	11	6	8%
Automotive, natural fiber, natural fibre, epoxy	Taylor and Francis Online	4	4	6%
natural fibre, polymer	SCIELO	1	1	1%
Polypropylene, automotive	SCIELO	2	1	1%
Natural fiber, automotive, polymer	DIALNET	2	1	1%
Natural fiber, automotive	DIALNET	4	2	3%

Natural fiber, Polypropylene, automotive	Applied Sciences	26	11	15%
Natural fiber, Polypropylene, automotive, thickness	Applied Sciences	5	2	3%
Natural fiber, Polypropylene, automotive	SAGE Journals	5	5	8%
natural fiber, automotive, polypropylene	Microsoft academic	10	10	14%
natural fiber, automotive	REDIB	2	2	3%
	Total	117	73	100%

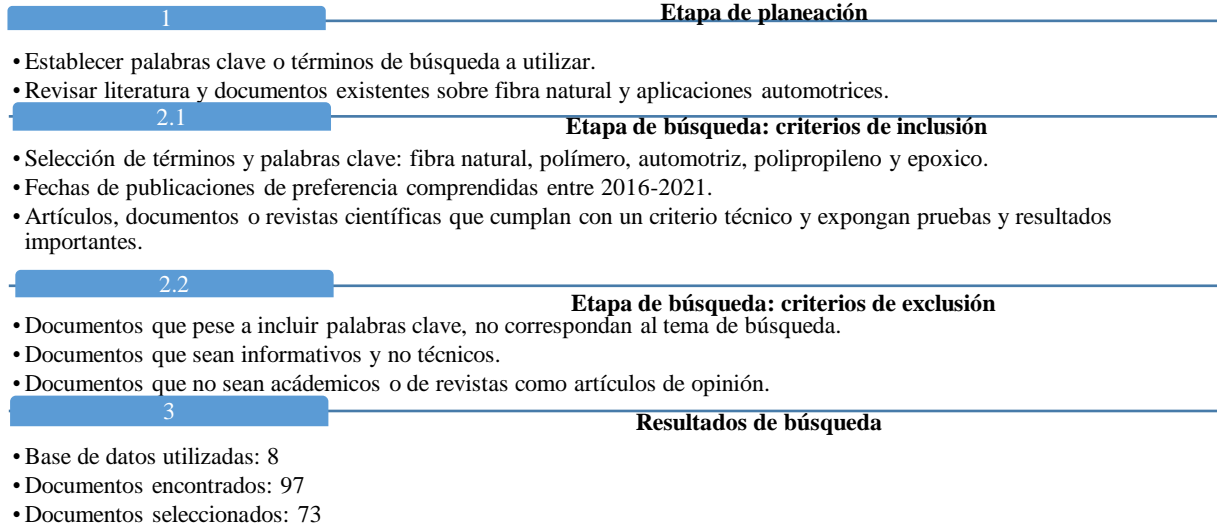
Fuente: Autor

La declaración PRISMA es válida para cualquier revisión sistemática con independencia del tema, en este documento aporta en la búsqueda, identificación, selección y evaluación objetiva de los documentos seleccionados a partir de los resultados obtenidos de los estudios concluidos (Maldonado-Páez et al., 2020). De esta manera se elaboró un mapeo sistemático de la literatura definiendo temáticas que influyen entre sí relacionando la caracterización de materiales, tipos de fibras naturales, y las aplicaciones en la industria automotriz. Todo esto con el fin de analizar los efectos de las fibras naturales en los elementos del vehículo y su eficiencia en la aplicaciones de cada tipo (Cueva Sánchez et al., 2018). Para orientar el mapeo sistemático se definieron las siguientes preguntas de investigación: 1) ¿Cuál es el tipo de fibras aplicadas debido a sus características (forma, tipo, control) presenta mejor rendimiento?; 2) ¿Cómo la fibra natural influye en la composición del material? 3) ¿Qué propiedades se modifican con el fin de optimizar su aplicación?

Los textos seleccionados han sido publicados entre 2016 y 2021. Para llevar a cabo la búsqueda se emplearon las bases de datos de Science Direct, Taylor and Francis Online, Applied Sciences, estas entre las más importantes y se muestra su detalle en Tabla 1. Esto implicó la búsqueda en 8 base de datos obteniendo un total de 136 documentos con los parámetros de búsqueda antes mencionados. Se seleccionaron los documentos que cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: artículos de revistas, artículos científicos, documentos de conferencias internacionales, salvo que el título y el documento aporten significativamente al presente trabajo (Karolys et al., 2019). A nivel de criterios de exclusión se separó los documentos que pese a incluir las palabras claves el título y el tema del documento no era un análisis técnico que involucra pruebas y

resultados técnicos. Finalmente se analizó 73 documentos para el desarrollo de la investigación, donde se resumen en la figura 1.

Figura 2: Resumen revisión literaria para artículo.



Fuente: Autor

Caracterización del compuesto de polímero reforzado con fibra natural (NFRP)

Los materiales compuestos tienen excelentes propiedades que ahora se utilizan en todas las aplicaciones de ingeniería, esto se debe a sus características de peso ligero y propiedades mecánicas superiores (Sharma et al., 2020). Godara et al. (2021) menciona que los compuestos de polímeros de fibra de vidrio y yute son ampliamente utilizados. Según Arun et al., (2020) establece que varias fibras naturales como el yute, el sisal, el lino y el cáñamo se han utilizado como material de refuerzo con el polímero para formar los compuestos NFRP, en la tabla 2 se aprecia varias aplicaciones. Donde se propone un compuesto polimérico reforzado con celulosa (CRPC) utilizando celulosa de fibras de yute y sisal como refuerzo y epoxi L-12 como matriz. De los resultados revela que el CRPC puede ser un reemplazo prometedor del compuesto NFRP para aplicaciones de menor carga.

Tabla 2: Aplicaciones de materiales en el área automotriz

Fabricante	Aplicaciones
BMW	Paneles de puertas, paneles de techo, forros de maletero, respaldos de asientos, paneles de aislamiento acústico, pies moldeados y revestimientos de pozos

Audi	Respaldo del asiento del cupé, panel de las puertas, forro del maletero, perchero y forro de la llanta de repuesto
Ford	paneles de puerta Focus, pilares B y revestimiento del maletero
Mercedes-Benz	Cubierta interna del motor, aislamiento del motor, visera solar, aislamiento interior, parachoques, caja de ruedas y cubierta del techo
TOYOTA	Paneles, respaldos de asientos y cubierta de llanta de refacción
Volkswagen	Paneles de puertas, respaldos de asientos, panel de acabado de la tapa del maletero y revestimiento del maletero

Fuente: (Abuthakeer et al., 2016).

Por otro lado, en el moldeo por transferencia de resina asistida por vacío (VARTM) para fabricar laminados compuestos reforzados con preformas de seda tejida. Se investigó que los compuestos de seda incluso exhibieron una mejora del 23% de la resistencia a la flexión específica a lo largo de la dirección principal del tejido sobre el laminado de vidrio / epoxi. Se descubrió que el aumento es perceptible en relación a la energía de rotura y la resistencia al cizallamiento interlaminar (Hamidi et al., 2018). Bajo el mismo el método de moldeo (VARTM) utilizando matriz epoxi reforzada con fibra natural. Los resultados muestran que la adición de diferentes pesos de fibra de vidrio por metro cuadrado a la fibra natural se ha encontrado para aumentar significativamente las propiedades de los compuestos en aspectos térmicos y mecánicos, como alternativa utilizados en el interior del vehículo (Karacor & Özcanli, 2020).

Se estudió la impregnación de hidróxido de magnesio (MH) a las fibras de kenaf y la fabricación de compuestos utilizando la tecnología de moldeo de transferencia de resina de bolsa de vacío (VBRM). El módulo de ruptura y resistencia a la tracción de los compuestos modificados se incrementó significativamente en un 73,9% y un 54,6% en comparación con el de los NFRCs regulares. Además, se encontró que la impregnación de MH mejoró significativamente la compatibilidad de las fibras de kenaf y la matriz de polímeros (Wu et al., 2018).

En general, se encontró que al combinar las propiedades únicas de las nano fibras de celulosa (CNF) con el alcohol polivinílico (PVA) para obtener nanocompuestos de alto rendimiento. Se constató que el CNF era capaz de mejorar la resistencia a la tracción de PVA en un 85% cuando se añadieron el 4,50 % del CNF, lo que indica que el CNF poseía propiedades mecánicas intrínsecas significativamente más altas que las fibras microdimensionadas (Tarrés et al., 2020).

El polietileno de alta densidad (HDPE) se propuso en el moldeo de los composites se realizó en una prensa hidráulica mediante un proceso de prensado en caliente, utilizando un molde metálico., los resultados, se puede enfatizar que el HDPE injertado con tejido de fibra de yute fue importante

para la interacción de los materiales y que el uso de 10% de HDPE injertado fue suficiente para producir una adhesión adecuada de fibras interfaciales / matriz, lo que resultó en una resistencia a la flexión adecuada (Maciel et al., 2018). Por otro lado, la caracterización del comportamiento del estireno de acrilonitrilo butadieno (ABS), poliestireno de alto impacto (HIPS) y polietileno de alta densidad (HDPE) reforzado con fibras cortas de plátanos de Canarias y con diferentes porcentajes para su aplicación en procesos de moldeo. Donde mejora en el estrés flexural máximo al aumentar el contenido de fibra en los compuestos (Kusić et al., 2020). Las láminas compuestas fueron fabricadas inicialmente utilizando telas de fibra de cáñamo (taffeta y serge 2×1) y láminas de polipropileno. Durante la carga se observó un comportamiento no lineal debido al patrón de tejido desequilibrado de la tela. De esto se extrae que, a alta temperatura, el polímero se suaviza y los refuerzos de fibra se desmontan lo que resulta en una disminución en las propiedades mecánicas (Antony et al., 2021).

El Tucum extraída de las hojas de la palmera amazónica *Astrocaryum vulgare*, se investiga como adherencia interfacial con matriz epoxi. La fibra presentó una longitud crítica de 6,30 mm, con resistencia al corte interfacial de 2,73 MPa. Los compuestos aumentaron la resistencia a la tracción en un 104% y el impacto Izod absorbido energía en un 157% en comparación con el epoxi simple, mientras que el rendimiento balístico del 20% vol. los compuestos de fibra de tucum aumentaron 150% (Oliveira et al., 2020).

En la investigación realizada por Pandey et al., (2016) se presenta seis combinaciones de lino, cáñamo y fibra de vidrio para un sistema de refuerzo híbrido en un compuesto de poliuretano (PU). Por otro lado, la fibra de basalto, debido a su alta resistencia a la tracción y módulo, se considera para un híbrido con la resina de poliéster. La importancia relativa se discute sometiendo el compuesto de polímero híbrido desarrollado a un comportamiento dinámico, los diversos parámetros como la forma del modo, el factor de amortiguación, la frecuencia, la aceleración y la fuerza (Santosh Gangappa & Sripad Kulkarni, 2021). Según Paredes Salinas et al., (2017), al preparar un compuesto a base de fibra de vidrio 375 (FV) con adiciones de fibra natural de cabuya (FC) en estratificaciones de fibra natural corta de cabuya (FCO1-30%) y fibra larga del mismo (FL-30%). Los resultados muestran un mejor comportamiento mecánico a tracción en un 7,7% respecto al material comúnmente utilizado. También el esfuerzo a la tracción y la deformación axial de la mejor combinación del material fue FL-30%.

En la simulación de moldeo por inyección comercial para polipropileno reforzado con fibra de sisal moldeadas por inyección. El uso de μ -CT y LMM permite medir la orientación de la fibra en diferentes capas a lo largo del espesor de la placa y detectar un efecto de caparazón-núcleo. La orientación encontrada con el μ -CT se correlaciona bien con la simulación de moldeo por inyección desarrollada para polipropileno reforzado con fibra de sisal (Albrecht et al., 2017). Por otro lado, se estudió un modelo de pruebas de tracción utilizando software de elementos finitos, con el fin de poder dimensionar componentes reales, un ejemplo de la fiabilidad de los resultados se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3: Comparación de resultados experimentales / de software, varios NFRP

	Material	Desplazamiento (mm)	Deformación (mm / mm)	Esfuerzo (MPa)
Ensayo experimental	Tejido de carbono	2,56	2,13	231,43
Simulación de software		2,56	2,52	233,61
Error (%)		0,03	18,08	0,94
Ensayo experimental	Lino	2,70	2,25	87,64
Simulación de software		2,70	2,54	85,27
Error (%)		0,12	12,78	2,70
Ensayo experimental	Yute	3,74	3,12	50,62
Simulación de software		3,75	3,42	50,65
Error (%)		0,26	9,58	0,06
Ensayo experimental	Basalto	7,88	6,55	392,11
Simulación de software		8,03	6,72	392,37
Error (%)		2,06	2,53	0,06

Fuente: (Oliver-Borrachero et al., 2019).

Estructuras de los vehículos

Los desarrollos de compuestos agrícolas para aplicaciones estructurales como la automotriz han ganado un enorme interés por parte de los investigadores debido a la singularidad de sus comportamientos. Entre las fibras agrícolas disponibles, la fibra de kenaf ampliamente adoptada como refuerzo en compuestos poliméricos a través de la técnica de hibridación se introdujo para mejorar el rendimiento mecánico de los materiales (Yusuff et al., 2021). Las propiedades hidrófilas e hidrófobas de las fibras y polímeros naturales, respectivamente, provocan una interacción de unión deficiente en la interfaz. El modelo tradicional de retardo de cizallamiento se utilizó popularmente para estudiar el mecanismo de transferencia de tensión entre la fibra y la matriz de compuestos avanzados. Sin embargo, dicho modelo no es aplicable a los compuestos NFRP debido

a la forma imperfecta de las fibras naturales a lo largo de su dirección longitudinal y la forma irregular de la sección transversal de las fibras (Lau et al., 2018).

La propagación de ondas de cordero se estudió con tres tipos diferentes de compuestos de fibra de lino y los modos de onda fundamentales se excitaron en la estructura. Ambos métodos considerados fueron capaces de capturar los modos de onda simétrica y antisimétrica para todas las configuraciones de material. Además de esto, se intentó excitar la tira híbrida a mayor frecuencia y el estudio reveló el potencial de capturar todos los modos de onda existentes (Barouni & Rekatsinas, 2021). Se había explorado la fibra kenaf para mejorar las propiedades mecánicas deseadas como componentes estructurales automotrices, como ejemplo se aprecia en la tabla 4. Además, el uso de un agente de acoplamiento y un plastificante también puede aumentar la unión adhesiva de matriz de fibra (Hassan et al., 2017).

Tabla 4: Composición De Fibra Kenaf

Composición	Hallazgos
Fibra de kenaf trenzada LFRT (TKLFRT) y LFRT	Aumento del rendimiento de las vigas
Kenaf con bioresina de poli (alcohol furfurílico) PFA	Buen comportamiento de amortiguación
Telas no tejidas de fibra de kenaf y ramio. Con aglutinante: PVA y Acrílico copolímero	Mejora el rendimiento compuesto térmico y mecánico. propiedades
Kenaf con PLA	Buena estética y resistencia

Fuente: (Hassan et al., 2017).

Absorción de energía

Albahash y Ansari (2017) aplica un procedimiento experimental para investigar el efecto del uso de fibra de yute y se consigue que la absorción de energía aumenta en un 17,75% y la absorción de energía específica aumenta en un 25,122% en el caso de tubo circular de 50 mm de diámetro. En el caso de tubo cuadrado con una longitud lateral de 50 mm, los resultados se mejoran en un 62,764% para la absorción de energía y un 58,942% para la absorción de energía específica. Yusof et al., (2020) realizaron una investigación para desarrollar un diseño conceptual de la caja de choque automotriz compuesta por polímero de palma aceite (ACB). El diseño con el ranking más alto (26,6 %) fue elegido el diseño conceptual final, que fue el que tenía una estructura de panel para el perfil más externo, reforzado con una estructura de tela de araña dentro de la pieza, apoyado por la estructura de espuma de fibra extraída del tejido esponja de pájaro carpintero en el centro

para maximizar la capacidad de absorción de energía. El nuevo diseño podría resolver el problema del colapso de flexión durante la colisión. (Yusof et al., 2020).

Estudios elaborados por López-Alba et al. (2018) sobre dos tejidos diferentes (sarga y lúpulo) hechos de fibras de lino, así como una alfombra no tejida hecha de una mezcla de fibras de cáñamo y kenaf. En el caso del análisis cuasi estático se observa un incremento del 20% en el valor SEA cuando se emplea el refuerzo tejido de la tela Hopsack. La influencia de la configuración de tejido (Hopsack) parece ser más estable contra los efectos de pandeo a bajas tasas de carga con valores SEA un 10% más altos. Se observó un aumento del nivel SEA de hasta el 72% para la matriz PLA en comparación con la matriz HD-PE. Según Haghdan y Smith (2015), la identificación de los mecanismos de fractura dominantes de los compuestos de madera / poliéster. Por tanto, el aumento del espesor del laminado de madera / poliéster mejoró su capacidad de absorción de energía, pero redujo notablemente el módulo de compresión del laminado.

Barra antivuelco

Según Mastura et al., (2017a) propone un nuevo diseño conceptual como principal modificación son los brazos cónicos reforzados con una costilla de esquina para endurecer la estructura del diseño. Esto podría resolver el problema de la concentración de tensión, que es una de las principales causas de fallo de la barra antivuelco automotriz. Por otro lado, Mastura et al., (2017b) mediante un material biocomponente híbrido, la fibra de palma azucarera es la fibra que mejor puede satisfacer los requisitos de diseño, con el 21,51 % de la puntuación total, seguida del kenaf, que obtuvo el 20,18 %. Por último, se compararon ambas fibras para la evaluación del ciclo de vida y los resultados muestran que la palma azucarera tiene un impacto un 10 % menor.

Sistemas internos y absorción acústica

En general, los textiles acústicos utilizados para controlar el ruido en los vehículos deben proporcionar reducción de transmisión en el aire, amortiguación y absorción de sonido. Sin embargo, el uso de textiles acústicos en vehículos no sólo depende de sus propiedades acústicas, sino también de características adicionales. La selección de un material en particular también está determinada por su relación entre rendimiento y coste. Los textiles acústicos empleados para reducir el ruido y las vibraciones se utilizan individualmente o como componentes de materiales compuestos complejos que son un área interesante de investigación (Arenas, 2016). La

investigación de Gu et al., (2017) se prepararon muestras no tejidas incrustadas de Kenaf mezcladas con polipropileno y fibras de PET de bajo punto de fusión mediante un proceso de punzonado con agujas. El coeficiente de absorción acústica de la muestra de tela no tejida dependía en gran medida del peso y el grosor de la tela no tejida y el coeficiente de correlación estaba por encima de 0,83, respectivamente. También se vio afectado por el diámetro de los poros, es decir, la tela no tejida de bajo tamaño de poro mostró un alto coeficiente de absorción acústica, que fue causado por la alta profundidad de la aguja y la alta relación de mezcla del PET de baja fusión.

Se investigó el efecto de las fibras naturales obtenidas para la preparación de compuestos de algodóncillo, pasto kusha, sisal, plátano y heno mezclado con polipropileno 10:90 (% en peso). El aumento de espesor no es eficaz a frecuencias de absorción acústica más altas. El microscopio electrónico de barrido analiza las microestructuras de la fibra de algodóncillo. (Hariprasad et al., 2020). Por otro lado, el modelo de toma de decisiones para evaluar y seleccionar los compuestos a base de fibra de refuerzo natural no tejida / polipropileno más adecuados para piezas interiores en la industria automotriz considerando varios criterios de evaluación simultáneamente. Se encontró que el compuesto de lino / polipropileno tratado con una alternativa de carga de fibra de 30 μ g en peso era el mejor con respecto a los criterios de evaluación generales. Se encontró que los compuestos de fibra de palmera datilera / polipropileno eran potenciales considerando todos los criterios de evaluación (AL-Oqla et al., 2015).

Según Park y Lee (2021) evaluaron la correlación entre el ruido y la variación de fricción. Las pruebas se llevaron a cabo utilizando muestras de cabezales y paneles cortados del vehículo real. Para investigar el efecto de la variación de fricción y la aceleración en el ruido causado por el resbalón, la carga se cambió de 800g a 4900g (7,85 N a 48,05 N) y la amplitud del desplazamiento. Luffa cylindrica, también llamado calabaza de luffa o esponja de luffa, es una fibra natural que tiene un sólido potencial como aislamiento de vibraciones, absorción de sonido, embalaje, etc. La hibridación de luffa NFC con otras fibras naturales o sintéticas, por ejemplo, vidrio, carbono, cerámica, lino, yute, etc., puede mejorar las propiedades. Sin embargo, las fibras de luffa han exhibido una compatibilidad profunda con la matriz epoxi para esta aplicación (Alhijazi et al., 2020).

Confort Térmico

El aislamiento térmico de la cabina de accionamiento ofrece una solución prometedora. Por lo tanto, las simulaciones computacionales de dinámica de fluidos se emplean para analizar el escenario de transferencia de calor conjugado complejo existente. Una investigación más detallada utilizando estos modelos numéricos proporcionó una visión de la comprensión de los modos de transferencia de calor existentes. Esto contribuyó a derivar eficientemente conceptos de aislamiento concreto, superar las restricciones impuestas por el tiempo y los procedimientos de prueba de costo intensivo (Wirth et al., 2016). Las fibras cortas de lana son excelente aislamiento térmico y otras propiedades. En este estudio, compuestos de lana-polipropileno (PP) de bajo costo que contienen hasta un 90% de fibras de lana con fibras PP, ya que la matriz estaba moldeada por compresión y en comparación con los plafones falsos disponibles comercialmente. Los compuestos tenían el mejor retardo de llama de V0, conductividad térmica en el rango de 0.058-0.083 W/mK y absorción de ruido en coeficiente de hasta 0.86. Los compuestos lana-PP tuvieron una excelente estabilidad térmica hasta 250°C con una pérdida de peso tan baja como el 1,2% (Guna et al., 2019).

Mecanizado de compuestos de plástico reforzado con fibras naturales

Chegdani et al., (2018) investiga el efecto térmico sobre la maquinabilidad de compuestos de polipropileno reforzado con fibras de lino unidireccionales (UDF/ PP) con respecto a la geometría de contacto de corte. Esta maquinabilidad también se mejora cortando con un ángulo de ataque positivo más pequeño que aumenta la rigidez de contacto de corte con fibras de lino (Chegdani et al., 2018). Por otro lado, al explorar el efecto de la orientación de la fibra natural en la maquinabilidad de los compuestos NFRP utilizando el modelo Merchant para separar la energía de cizallamiento de la energía de fricción. Por tanto, la orientación de la fibra afecta significativamente las energías de cizallamiento y fricción que controlan el comportamiento de corte y la formación de virutas del compuesto NFRP (Chegdani et al., 2020).

En su trabajo Chegdani y El Mansori (2019), menciona que las fuerzas de corte in situ se adquieren para evaluar los rendimientos tribológicos del mecanizado NFRP con herramienta DCH. Donde los bordes de corte están recubiertos con una capa delgada de PVD-TiAlN para asegurar un radio de borde de corte bajo. El diseño funcional del DCH genera un comportamiento de desgaste de la

herramienta específico donde los mecanismos de desgaste difieren en cada orientación de la hélice de corte.

Componentes tribológicos

Las fibras naturales (vegetales) son biodegradables y, tras los tratamientos superficiales, desarrollan propiedades mecánicas cercanas a las de las fibras sintéticas. En virtud de esto, forman una clase importante de refuerzos fibrosos para compuestos poliméricos reforzados con fibras. Estos compuestos, a su vez, permiten el desarrollo de componentes tribológicos con excelentes propiedades de desgaste, fricción y lubricación que encuentran numerosas aplicaciones en la industria, particularmente en el sector de la automoción (Chand & Fahim, 2020). Además, el tratamiento de fibra y la orientación de la fibra son dos factores importantes que pueden afectar a las propiedades tribológicas donde las fibras tratadas y las fibras orientadas normales exhiben una mejor fricción y comportamiento de desgaste (Upadhyay & Kumar, 2021).

Articulaciones adhesivas

Las articulaciones adhesivas experimentales hechas de compuestos poliméricos híbridos naturales, sintéticos e interlaminares reforzados con fibra. Se encontró que la carga de falla de las articulaciones de adherencia híbrido de yute/vidrio aumentó aumentando el número de capas sintéticas externas es decir, la carga de falla de la articulación híbrida de 3 capas aumentó en un 28,6% en comparación con la articulación híbrida de 2 capas y alcanzó la eficiencia de las articulaciones de adherencia sintética pura debido al compromiso óptimo entre la propiedad del material adherente y un estado de tensión de la unión de unión disminuido (de Queiroz et al., 2021).

Características de amortiguamiento

Azammi et al., (2020) investigaron del efecto del tratamiento alcalino de hidróxido de sodio (NaOH) sobre las propiedades viscoelásticas del análisis mecánico dinámico (DMA) de los compuestos de caucho natural (NR) relleno de fibra de kenaf / poliuretano termoplástico (TPU). En cuanto a las propiedades físicas, los composites con la mayor cantidad de NR muestran los mejores resultados, lo que indica una buena adherencia de la fibra. Los compuestos poliméricos

con la mayor cantidad de TPU muestran las propiedades de amortiguación más altas a alta temperatura.

Parachoques

La selección de materiales de alto rendimiento para el desarrollo de haz de parachoques compuesto automotriz de mejora a las propiedades de impacto. Las propiedades de menor impacto se dedujeron de la evaluación mecánica de las diversas investigaciones utilizando fibra natural híbrida como una limitación importante en comparación con los termoplásticos de alfombra de vidrio convencional y los termoplásticos reforzados con fibra larga utilizados como material típico de haz de parachoques. El uso de varios modificadores como endurecedores no ha sido capaz de lograr una fuerza comparable con GMT y LFRT (Adesina et al., 2019).

Accesorios

Se investiga la cabuya como material de refuerzo con matriz poliéster para retrovisores de un vehículo, para el cual se fabricó un molde base. Sobre el molde se realizará el aplicado y moldeado del retrovisor utilizando la fibra de cabuya y una resina poliéster. Las mezclas de octoato de cobalto y peróxido de metil-etilcetona (MEKP) con la fibra natural reducen considerablemente el peso; el costo de manufactura se ve reducido aproximadamente en un 40 % debido a la facilidad de manejo de la fibra y la adquisición de este material (Pruna et al., 2020).

Las alfombras automotrices moldeadas con diseño de terciopelo hechas de fibras de tereftalato de polietileno (PET) recicladas mediante un proceso de punzonado se evaluó que las fibras recicladas de los residuos de botellas utilizadas en el estudio tienen menor tenacidad y mayor alargamiento que las fibras de PET virgen. Los resultados mostraron que las alfombras fabricadas con 85% de rPET $\alpha + \sim 15\%$ de PET bicomponente tenían un rendimiento casi igual en términos de pérdida de fibra y apariencia de alfombra con alfombras que constaban de 80% de PET $\alpha + \sim 20\%$ de PET bicomponente. Las alfombras hechas de fibras de PET recicladas ofrecen al fabricante bajos costos de materia prima (Atakan et al., 2018).

Las telas de tapicería de automóviles pueden mejorarse mediante el uso de mezclas con diferentes contenidos de meta aramida, se probó diferentes proporciones de mezcla de hilos de lana y meta aramida resistentes a las llamas. Además, los valores de permeabilidad al aire de estos tejidos aumentaron con el aumento del contenido de meta-aramida en la mezcla. Las mezclas que

contienen 25% de fibra de meta-aramida exhibieron los mayores incrementos en los valores de permeabilidad al aire de los tejidos. Además, se encontró que la mezcla de 25% de meta aramida y 75% de fibra de lana era la proporción de mezcla óptima en términos del tiempo total de combustión después de la eliminación de la fuente de ignición (Şardağ & Türk, 2020). Las sedas brindan la oportunidad de fabricar compuestos de fibras naturales con alto contenido de fibra; la aplicación como textiles de fibra vegetal. Descubrimos que los refuerzos de seda no solo son significativamente más comprimibles que los refuerzos de fibra vegetal. Al analizar la estructura de los tejidos de seda mediante microscopía electrónica de barrido, mostramos que la geometría favorable de la fibra / hilo / tejido, el alto grado de alineación y dispersión de la fibra y las propiedades técnicas adecuadas de la fibra permiten un embalaje y una disposición óptimos (Shah et al., 2014).

El cardanol, un componente del líquido de cáscara de anacardo (CNSL), se utilizó como componente básico para el desarrollo de una matriz termo endurecible, que fue reforzada con fibras de calabaza esponja crudas y modificadas (*Luffa cylindrica*) (Balaji et al., 2019). Los resultados de DSC y TG mostraron que entre los biocomposites, el reforzado con fibras de calabaza esponja tratadas con NaOH 10% en peso (BF10) tuvo la mayor estabilidad térmica, además del mejor desempeño en la prueba de tracción, mostrando buena incorporación, dispersión y adherencia al polímero matriz. Después de 80 días de experimentos de suelo simulado, se descubrió que la presencia de fibra tratada permitía un mejor comportamiento de biodegradabilidad a los biocompuestos (Silva et al., 2016).

La investigación de las carillas de madera natural después de la exposición ultravioleta (UV) para materiales interiores automotrices se define que el tratamiento con 2% NaClO fue la mejor condición en este estudio para contra el cambio de color y la foto degradación causada por la luz UV. A través de la mejorara de la estabilidad del color destruyendo las estructuras de lignina. Sin embargo, se observó que el 3% de la condición de NaClO causaba daños superficiales, aunque esta condición de tratamiento tenía el mejor efecto en la foto protección (Park et al., 2018). También los paneles de puertas interiores deben cumplir los siguientes requisitos: simplicidad de construcción, facilidad de fabricación, colocación de materiales y bajo costo. Donde los datos experimentales indican que los materiales procesados con fibras naturales (fibras de yute-kenaf) tienen un mejor rendimiento mecánico global (Berrezueta & Méndez, 2017).

Impresión 3D

Los materiales compuestos y la fabricación por impresión 3D son en la actualidad una alternativa en la fabricación de autopartes. La caracterización del material compuesto con matriz de resina foto polimérica reforzada con fibras naturales de abacá y cabuya fabricados por impresión 3D, para esto se seleccionó la rejilla direccional del ducto de aire acondicionado de un automotor (Llanes-Cedeño et al., 2019). También el potencial del filamento compuesto PLA reforzado con fibra natural y fibra de kenaf (KF) para la tecnología de impresión 3D de modelado de deposición fusionada (FDM) se aplica cada vez más. Además, surgen algunas preocupaciones para lograr la sostenibilidad a largo plazo y la aceptabilidad del mercado de los filamentos compuestos KF/PLA (Lee et al., 2021).

Sistema de frenos

La sustitución de materiales de freno de primera generación (amianto) por compuestos poliméricos a base de fibra orgánica. Los usos de fibras orgánicas y rellenos como lino, basalto, coco, cáscara de grano de palma, cáscara de periwinkle y hoja de piña, etc., se estudian como una alternativa a los materiales a base de amianto para las pastillas de freno. También se estudian diferentes combinaciones de fibras orgánicas con diferentes aglutinantes como resina fenólica, poliéster y epoxi, etc. y se revisa su influencia en el comportamiento de las pastillas de freno (Kumar et al., 2019).

Sensores Electrónicos

Los sensores son fuertemente aplicados en la industria, el sensor de fibra óptica basado en textiles, se analizó el efecto de la cubierta de los asientos automotrices, incluido el material facial y el respaldo de espuma en el rendimiento de un sensor. Según los resultados de Qwiknet, los resultados de predicción para los conjuntos de datos de entrenamiento y pruebas fueron del 75 y 83,33%, respectivamente (Haroglu et al., 2017).

Conclusiones y recomendaciones

A partir del estudio de la literatura de las fibras naturales y sus aplicaciones en el área automotriz, se pueden mencionar los siguientes datos relevantes:

Las fibras naturales más importantes y su aplicación automotriz han contribuido considerablemente en la composición, las propiedades, y el costo, así como al avance tecnológico de la industria

En las aplicaciones automotrices se requiere algunos detalles en términos de sus propiedades físicas y mecánicas, y sus propiedades de resistencia a los choques como energéticos, aquí se presenta en base a muchos ejemplos interesantes sobre diferentes materiales y procesos de fabricación que se han propuesto en datos publicados.

Los materiales para utilizar como el bio-compuesto híbrido puede ser un reemplazo prometedor del compuesto NFRP para aplicaciones de menor y mayor carga en las industrias automotrices y, por lo tanto, modificar el proceso para reducir el tiempo de fabricación y definitivamente conducir al uso de compuestos más sostenibles y biodegradables.

Referencias

1. Abuthakeer, S. S., Vasudaa, R., & Nizamudeen, A. (2016). Application of Natural Fiber Composites in Engineering Industries: A Comparative Study. *Applied Mechanics and Materials*, 854, 59–64.
2. Adesina, O. T., Jamiru, T., Sadiku, E. R., Ogunbiyi, O. F., & Beneke, L. W. (2019). Mechanical evaluation of hybrid natural fibre–reinforced polymeric composites for automotive bumper beam: a review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 103(5), 1781–1797.
3. AL-Oqla, F. M., Sapuan, S. M., Ishak, M. R., & Nuraini, A. A. (2015). A decision-making model for selecting the most appropriate natural fiber – Polypropylene-based composites for automotive applications. *Journal of Composite Materials*, 50(4), 543–556. <https://doi.org/10.1177/0021998315577233>
4. Albahash, Z. F., & Ansari, M. N. M. (2017). Investigation on energy absorption of natural and hybrid fiber under axial static crushing. *Composites Science and Technology*, 151, 52–61. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2017.07.028](https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2017.07.028)
5. Albrecht, K., Baur, E., Endres, H.-J., Gente, R., Graupner, N., Koch, M., Neudecker, M., Osswald, T., Schmidtke, P., Wartzack, S., Webelhaus, K., & Müssig, J. (2017). Measuring fibre orientation in sisal fibre-reinforced, injection moulded polypropylene –

- Pros and cons of the experimental methods to validate injection moulding simulation. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 95, 54–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.12.022>
6. Alhijazi, M., Safaei, B., Zeeshan, Q., Asmael, M., Eyvazian, A., & Qin, Z. (2020). Recent Developments in Luffa Natural Fiber Composites: Review. *Sustainability*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/su12187683>
 7. Alkbir, M. F. M., Sapuan, S. M., Nuraini, A. A., & Ishak, M. R. (2016). Fibre properties and crashworthiness parameters of natural fibre-reinforced composite structure: A literature review. *Composite Structures*, 148, 59–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2016.01.098>
 8. Antony, S., Cherouat, A., & Montay, G. (2021). Experimental Investigation of the Temperature Effect on the Mechanical Properties of Hemp Woven Fabrics Reinforced Polymer. *Applied Mechanics*, 2(2), 239–256. <https://doi.org/10.3390/applmech2020015>
 9. Arenas, J. P. (2016). Applications of acoustic textiles in automotive/transportation. In *Acoustic Textiles* (pp. 143–163). Springer.
 10. Arun, M., Vincent, S., & Karthikeyan, R. (2020). Development and characterization of sisal and jute cellulose reinforced polymer composite. *Materials Today: Proceedings*, 28, 556–561. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.218>
 11. Atakan, R., Sezer, S., & Karakas, H. (2018). Development of nonwoven automotive carpets made of recycled PET fibers with improved abrasion resistance. *Journal of Industrial Textiles*, 49(7), 835–857. <https://doi.org/10.1177/1528083718798637>
 12. Awais, H., Nawab, Y., Amjad, A., Anjang, A., Md Akil, H., & Zainol Abidin, M. S. (2021). Environmental benign natural fibre reinforced thermoplastic composites: A review. *Composites Part C: Open Access*, 4, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100082>
 13. Bajwa, D. S., & Bhattacharjee, S. (2016). Current Progress, Trends and Challenges in the Application of Biofiber Composites by Automotive Industry. *Journal of Natural Fibers*, 13(6), 660–669. <https://doi.org/10.1080/15440478.2015.1102790>
 14. Barouni, A. K., & Rekatsinas, C. S. (2021). Study on the Propagation of Stress Waves in Natural Fiber Composite Strips. *Journal of Composites Science*, 5(1). <https://doi.org/10.3390/jcs5010034>

15. Bassyouni, M., Javaid, U., & ul Hasan, S. W. (2017). 2 - Bio-based hybrid polymer composites: A sustainable high performance material. In V. K. Thakur, M. K. Thakur, & R. K. Gupta (Eds.), *Hybrid Polymer Composite Materials* (pp. 23–70). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100789-1.00002-2>
16. Berrezueta, M. F. G., & Méndez, P. W. (2017). Polipropileno reforzado con fibra natural para fabricación de paneles internos de las puertas de un automóvil. *INNOVA Research Journal*, 2(10.1), 109–137.
17. Briceño-Martínez, B. J., Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J. C., Chamba, E., Cuasapud, D., & Cárdenaz-Yáñez, A. (2019). 3D printing technologies: FDM and Polyjet evaluations in the manufacture of automobile auto parts. *Enfoque UTE*, 10(3 SE-), 13–29. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n3.414>
18. Chamba, E., Llanes, E., Cardenas, A., Vega, W., & Rocha, J. C. (2020). Analysis of the safety compartment material of a light vehicle by multi-criteria method. *Enfoque UTE*, 11(1 SE-), 108–118. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n1.492>
19. Chand, N., & Fahim, M. (2020). *Tribology of natural fiber polymer composites*. Woodhead publishing.
20. Chegdani, F., & El Mansori, M. (2019). Tribo-functional effects of double-crossed helix on surface finish, cutting friction and tool wear mechanisms during the milling process of natural fiber composites. *Wear*, 426–427, 1507–1514. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wear.2018.11.026>
21. Chegdani, F., Takabi, B., El Mansori, M., Tai, B. L., & Bukkapatnam, S. T. S. (2020). Effect of flax fiber orientation on machining behavior and surface finish of natural fiber reinforced polymer composites. *Journal of Manufacturing Processes*, 54, 337–346. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.03.025>
22. Chegdani, F., Takabi, B., Tai, B. L., Mansori, M. El, & Bukkapatnam, S. T. S. (2018). Thermal Effects on Tribological Behavior in Machining Natural Fiber Composites. *Procedia Manufacturing*, 26, 305–316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.039>

23. Cueva Sánchez, E. J., Lucero, J., Guzman, A., Rocha, J., & Espinoza, L. (2018). Review of the state of the art of batteries in automotive applications. *Enfoque UTE*, 9(1 SE-), 166–176. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n1.202>
24. de Queiroz, H. F. M., Banea, M. D., & Cavalcanti, D. K. K. (2021). Adhesively bonded joints of jute, glass and hybrid jute/glass fibre-reinforced polymer composites for automotive industry. *Applied Adhesion Science*, 9(1), 1–14.
25. Dunne, R., Desai, D., Sadiku, R., & Jayaramudu, J. (2016). A review of natural fibres, their sustainability and automotive applications. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 35(13), 1041–1050. <https://doi.org/10.1177/0731684416633898>
26. Gu, H. R., Kim, S. J., & Kim, H. A. (2017). Physical Properties of Eco-friendly Kenaf Fiber Imbedded Nonwoven for Automotive Pillar Trim. *Procedia Engineering*, 200, 45–52. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.008>
27. Guna, V., Ilangovan, M., Vighnesh, H. R., Sreehari, B. R., Abhijith, S., Sachin, H. E., Mohan, C. B., & Reddy, N. (2019). Engineering Sustainable Waste Wool Biocomposites with High Flame Resistance and Noise Insulation for Green Building and Automotive Applications. *Journal of Natural Fibers*, 1–11. <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1701610>
28. Haghdan, S., & Smith, G. D. (2015). Fracture mechanisms of wood/polyester laminates under quasi-static compression and shear loading. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 74, 114–122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.04.006>
29. Hamidi, Y. K., Yalcinkaya, M. A., Guloglu, G. E., Pishvar, M., Amirhosravi, M., & Altan, M. C. (2018). Silk as a Natural Reinforcement: Processing and Properties of Silk/Epoxy Composite Laminates. *Materials*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/ma11112135>
30. Hariprasad, K., Ravichandran, K., Jayaseelan, V., & Muthuramalingam, T. (2020). Acoustic and mechanical characterisation of polypropylene composites reinforced by natural fibres for automotive applications. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(6), 14029–14035. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.09.112>

31. Haroglu, D., Powell, N., & Seyam, A.-F. M. (2017). A textile- based optical fiber sensor design for automotive seat occupancy sensing. *The Journal of The Textile Institute*, 108(1), 49–57. <https://doi.org/10.1080/00405000.2015.1133756>
32. Hassan, F., Zulkifli, R., Ghazali, M. J., & Azhari, C. H. (2017). Kenaf Fiber Composite in Automotive Industry: An Overview. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 7(1), 315–321.
33. Kandola, B. K., Mistik, S. I., Pornwannachai, W., & Anand, S. C. (2018). Natural fibre-reinforced thermoplastic composites from woven-nonwoven textile preforms: Mechanical and fire performance study. *Composites Part B: Engineering*, 153, 456–464. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.09.013>
34. Karacor, B., & Özcanli, M. (2020). Investigation of use of hybrid composite materials in automobile interior. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 9(4), 214–228.
35. Karolys, B., Llanes-Cedeño, E., Vega, W., Cevallos, S., & Rocha-Hoyos, J. (2019). Effect of injection parameters and emission characteristics in a common-rail direct injection diesel engine in height conditions: A review. *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 12(3). <https://doi.org/10.25103/jestr.123.22>
36. Kazmi, S. M. R., Das, R., & Jayaraman, K. (2014). Sheet forming of flax reinforced polypropylene composites using vacuum assisted oven consolidation (VAOC). *Journal of Materials Processing Technology*, 214(11), 2375–2386. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2014.04.030>
37. Kumar, S., Gangil, B., Mer, K. K. S., Biswas, D., & Patel, V. K. (2019). Asbestos Free Braking Pads by Using Organic Fiber Based Reinforced Composites for Automotive Industries. In *Automotive Tribology* (pp. 327–343). Springer.
38. Kusić, D., Božič, U., Monzón, M., Paz, R., & Bordón, P. (2020). Thermal and Mechanical Characterization of Banana Fiber Reinforced Composites for Its Application in Injection Molding. *Materials*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/ma13163581>
39. Lau, K., Hung, P., Zhu, M.-H., & Hui, D. (2018). Properties of natural fibre composites for structural engineering applications. *Composites Part B: Engineering*, 136, 222–233. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.10.038>

40. Lee, C. H., Padzil, F. N. B. M., Lee, S. H., Ainun, Z. M. A., & Abdullah, L. C. (2021). Potential for Natural Fiber Reinforcement in PLA Polymer Filaments for Fused Deposition Modeling (FDM) Additive Manufacturing: A Review. *Polymers*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/polym13091407>
41. Li, M., Pu, Y., Thomas, V. M., Yoo, C. G., Ozcan, S., Deng, Y., Nelson, K., & Ragauskas, A. J. (2020). Recent advancements of plant-based natural fiber-reinforced composites and their applications. *Composites Part b Engineering*, 200. <https://doi.org/10.1016/J.COMPOSITESB.2020.108254>
42. Llanes-Cedeño, E. A., Peralta-Zurita, D., Pucha-Tambo, M., & Rocha-Hoyos, J. C. (2019). Caracterización mecánica a flexión de materiales compuestos con matriz fotopolimérica reforzados con fibras de abacá y cabuya mediante impresión 3D. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 22, 100–112.
43. López-Alba, E., Schmeer, S., & Díaz, F. (2018). Energy Absorption Capacity in Natural Fiber Reinforcement Composites Structures. *Materials*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/ma11030418>
44. Maciel, C. C., Murakami, N., & de Paiva, J. M. F. (2018). Moldagem de compósitos de pead reciclado com tecido de fibras de juta e avaliação de propriedades de flexão. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 19(5), 199–206.
45. Maldonado-Páez, F. E., Llanes-Cedeño, E. A., Guerrón-López, G. E., & Rocha-Hoyos, J. C. (2020). Caracterización del diseño de la suspensión inclinable para vehículos de movilidad personal. *Información Tecnológica*, 31(3), 87–102.
46. Mansor, M. R., Fadzullah, S. H. S. M., & Nurfaizey, A. H. (2021). Chapter 5 - Life cycle assessment (LCA) analysis of composite products in automotive applications. In S. M. Sapuan & R. A. Ilyas (Eds.), *Biocomposite and Synthetic Composites for Automotive Applications* (pp. 147–172). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820559-4.00005-5>
47. Mastura, M. T., Sapuan, S. M., Mansor, M. R., & Nuraini, A. A. (2017a). Conceptual design of a natural fibre-reinforced composite automotive anti-roll bar using a hybrid approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(5), 2031–2048.

48. Mastura, M. T., Sapuan, S. M., Mansor, M. R., & Nuraini, A. A. (2017b). Environmentally conscious hybrid bio-composite material selection for automotive anti-roll bar. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 89(5–8), 2203–2219.
49. Mulenga, T. K., Ude, A. U., & Vivekanandhan, C. (2021). Techniques for Modelling and Optimizing the Mechanical Properties of Natural Fiber Composites: A Review. *Fibers*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/fib9010006>
50. Oliveira, M. S., Luz, F. S. da, Teixeira Souza, A., Demosthenes, L. C. da C., Pereira, A. C., Filho, F. da C. G., Braga, F. de O., Figueiredo, A. B.-H. da S., & Monteiro, S. N. (2020). Tucum Fiber from Amazon *Astrocaryum vulgare* Palm Tree: Novel Reinforcement for Polymer Composites. *Polymers*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/polym12102259>
51. Oliver-Borrachero, B., Sánchez-Caballero, S., Fenollar, O., & Sellés. (2019). Natural-Fiber-Reinforced Polymer Composites for Automotive Parts Manufacturing. *Key Engineering Materials*, 793, 9–16.
52. Paredes Salinas, J. G., Pérez Salinas, C. F., & Castro Miniguano, C. B. (2017). Análisis de las propiedades mecánicas del compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de vidrio 375 y cabuya aplicado a la industria automotriz. *Enfoque UTE*, 8(3), 1–15.
53. Park, S.-Y., Hong, C.-Y., Kim, S.-H., Choi, J.-H., Kwon, O., Lee, H.-J., & Choi, I.-G. (2018). Photodegradation of Natural Wood Veneer and Studies on Its Color Stabilization for Automotive Interior Materials. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 38(4), 301–312. <https://doi.org/10.1080/02773813.2018.1488872>
54. Partanen, A., & Carus, M. (2016). Wood and natural fiber composites current trend in consumer goods and automotive parts. *Reinforced Plastics*, 60(3), 170–173. <https://doi.org/10.1016/J.REPL.2016.01.004>
55. Pruna, L., Velasco, F., Chachapoya, F., & Paredes, C. (2020). Elaboración de la fibra de cabuya en tejido plano como matriz de refuerzo para la construcción de un retrovisor. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 24, 81–86.
56. Qin, Y., Summerscales, J., Graham-Jones, J., Meng, M., & Pemberton, R. (2020). Monomer Selection for In Situ Polymerization Infusion Manufacture of Natural-Fiber

- Reinforced Thermoplastic-Matrix Marine Composites. *Polymers*, 12(12).
<https://doi.org/10.3390/polym12122928>
57. Quitiaquez, W., Simbaña, I., Isaza-Roldán, C. A., Quitiaquez, P., Nieto-Londoño, C., & Toapanta-Ramos, F. (2020). Review of the state of art of DX-SAHP systems to obtain domestic hot water. *Enfoque UTE*, 11(2 SE-), 29–46.
<https://doi.org/10.29019/enfoque.v11n2.565>
 58. Santosh Gangappa, G., & Sripad Kulkarni, S. (2021). Experimentation and validation of basalt & jute fiber reinforced in polymer matrix hybrid composites. *Materials Today: Proceedings*, 38, 2372–2379. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.081>
 59. Şardağ, S., & Türk, M. (2020). Thermo-physiological properties and burning behaviours of automotive upholstery fabrics woven with aramid and wool yarns. *Journal of Industrial Textiles*, 1528083720974042. <https://doi.org/10.1177/1528083720974042>
 60. Shah, D. U., Porter, D., & Vollrath, F. (2014). Opportunities for silk textiles in reinforced biocomposites: Studying through-thickness compaction behaviour. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 62, 1–10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2014.03.008>
 61. Sharma, S., Sudhakara, P., Misra, S. K., & Singh, J. (2020). A comprehensive review of current developments on the waste-reinforced polymer-matrix composites for automotive, sports goods and construction applications: Materials, processes and properties. *Materials Today: Proceedings*, 33, 1671–1679.
 62. Silva, A. L. da, Silva, L. R. R. da, Camargo, I. de A., Agostini, D. L. da S., Rosa, D. dos S., Oliveira, D. L. V. de, Fachine, P. B. A., & Mazzetto, S. E. (2016). Cardanol-based thermoset plastic reinforced by sponge gourd fibers (*Luffa cylindrica*). *Polímeros*, 26(1), 21–29.
 63. Tarrés, Q., Oliver-Ortega, H., Alcalà, M., Espinach, F. X., Mutjé, P., & Delgado-Aguilar, M. (2020). Research on the Strengthening Advantages on Using Cellulose Nanofibers as Polyvinyl Alcohol Reinforcement. *Polymers*, 12(4).
<https://doi.org/10.3390/polym12040974>
 64. Todkar, S. S., & Patil, S. A. (2019). Review on mechanical properties evaluation of pineapple leaf fibre (PALF) reinforced polymer composites. *Composites Part B:*

- Engineering, 174, 106927.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.106927>
65. Upadhyay, R. K., & Kumar, A. (2021). Tribological Properties of Composite Materials for Automotive Applications. In *Tribological Applications of Composite Materials* (pp. 51–69). Springer.
 66. Vadiraj, A., Abraham, M., & Bharadwaj, A. S. (2019). Trends in automotive light weighting. In *Light Weighting for Defense, Aerospace, and Transportation* (pp. 89–102). Springer.
 67. Verma, D., & Senal, I. (2019). Natural fiber-reinforced polymer composites: Feasibility study for sustainable automotive industries. In *Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy* (pp. 103–122). Elsevier.
 68. Wirth, S., Niebling, F., Logasanjeevi, U., & Premchandran, V. (2016). Improved Thermal Insulation for Contemporary Automotive Roof Structures Based on a Computational Fluid Dynamics Heat Flux Approach. *Heat Transfer Engineering*, 37(16), 1418–1426. <https://doi.org/10.1080/01457632.2015.1136170>
 69. Wu, Y., Xia, C., Cai, L., Garcia, A. C., & Shi, S. Q. (2018). Development of natural fiber-reinforced composite with comparable mechanical properties and reduced energy consumption and environmental impacts for replacing automotive glass-fiber sheet molding compound. *Journal of Cleaner Production*, 184, 92–100.
 70. Yusof, N. S. B., Sapuan, S. M., Sultan, M. T. H., & Jawaid, M. (2020). Conceptual design of oil palm fibre reinforced polymer hybrid composite automotive crash box using integrated approach. *Journal of Central South University*, 27(1), 64–75.
 71. Yusuff, I., Sarifuddin, N., & Ali, A. M. (2021). A review on kenaf fiber hybrid composites: Mechanical properties, potentials, and challenges in engineering applications: *Progress in Rubber Plastics and Recycling Technology*, 37(1), 66–83.