



Estudio de biocompuestos con refuerzo de fibra de pseudotallo/platano para creación de partes automotrices: Revisión

Estudio de biocompuestos con refuerzo de fibra de pseudotallo/platano para creación de partes automotrices: Revisión

Estudo de Biocompósitos com Reforço de Pseudocaule / Fibra de Banana para Criação de Peças Automotivas: Revisão

Dario Borja-Soto ^I

dxborja@uce.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0044-8812>

Abel Remache-Coyago ^{II}

apremache@uce.edu.ec

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

Correspondencia: dxborja@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 búsqueda de nuevas alternativas en la elaboración de autopartes es de gran tendencia para la conservación de recursos naturales en el cambio de materia prima de un no renovable a un biodegradable. El pseudotallo de plátano es un material con gran potencial por sus propiedades y abundancia de materia prima en el Ecuador y el mundo, siendo esta una alternativa válida para el reemplazo del plástico ABS de alto impacto usado para la manufactura de elementos externos del automóvil. El bocel automotriz es el elemento base para ser reemplazado por su facilidad de fabricación y gran cantidad de faltantes en el stock de postventa considerado una autoparte de baja rotación comercial. El material idóneo fue seleccionado mediante un análisis comparativo en más de 30 polímeros tomado de varias investigaciones. Mediante simulación computacional se realizó una caracterización, donde fue relevante la combinación de la fibra de banana/poliéster de 30 mm longitud, se obtuvo el mejor resultado con 50% de compuesto, con características mecánicas similares al ABS y una variación del 4%, una resistencia a la tracción de 48 MPa, elongación de 7% y Módulo de Young de 1,53.

Palabras claves: Pseudotallo de plátano; bocel automotriz; propiedades mecánicas; ABS alto impacto; simulación computacional.

Abstract

The search for new alternatives in the production of automotive parts is a great contribution for the conservation of natural resources by interchanging raw material from a non-renewable to a biodegradable one. The banana pseudostem is a material with great potential due to its properties and abundance as a raw material in the whole world, particularly in Ecuador which make it becoming a valid alternative for the replacement for the high impact ABS plastic used for the manufacture of external elements of the car. The automotive bocel is the main element to be replaced since it is simple to manufacture and it is one of the most demanded parts in stock considered a low-turnover auto part. The suitable material was selected through a comparative analysis of more than 30 polymers taken from numerous research where a characterization was carried out through computational simulation. It demonstrated that the combination of the 30 mm length banana/polyester fiber was relevant concluding that the best result was obtained with 50

percent of the compound which had mechanical characteristics similar to ABS plastic with a 4 percent variation, a 48 MPa tensile strength, a 7 percent elongation and a 1.53 Young's modulus.

Keywords: Banana pseudostem; automotive bocel; mechanical properties; high impact ABS; computational simulation.

Resumo

A busca por novas alternativas na fabricação de autopeças é uma grande tendência para a conservação dos recursos naturais na mudança da matéria-prima de uma não renovável para uma biodegradável. O pseudocaule de banana é um material com grande potencial devido às suas propriedades e abundância de matéria-prima no Equador e no mundo, sendo esta uma alternativa válida para a substituição do plástico ABS de alto impacto utilizado na fabricação de elementos externos do carro. A peça automotiva é o elemento base a ser substituído devido à sua facilidade de fabricação e grande quantidade de peças em falta no estoque pós-venda, considerada uma peça de automóvel de baixo giro. O material ideal foi selecionado por meio de uma análise comparativa em mais de 30 polímeros retirados de várias investigações. Por meio de simulação computacional, foi realizada uma caracterização, onde a combinação da fibra de banana / poliéster de 30 mm de comprimento foi relevante, o melhor resultado foi obtido com 50% do composto, com características mecânicas semelhantes ao ABS e uma variação de 4% , uma resistência à tração de 48 MPa, alongamento de 7% e módulo de Young de 1,53.

Palavras-chave: Banana pseudostem; bocel automotivo; propriedades mecânicas; ABS de alto impacto; simulação computacional.

Introducción

En la actualidad del mundo automotriz la búsqueda de nuevas alternativas para la elaboración de autopartes es un punto primordial de estudio para las empresas automotrices, ya que la tendencia es la conservación de los recursos naturales del planeta, por lo que el cambio de la materia prima a una natural alternativa renovable y biodegradable es una necesidad (Freier et al., 2005), el cambio de la materia prima dependiente de recursos no renovables a una biodegradable y renovable ayuda al cuidado del ecosistema (Murali Mohan Rao et al., 2010). La fabricación de autopartes automotrices con su materia prima tradicional está obsoleta, y a su vez genera daños al medio ambiente, por lo cual se han realizado varios estudios buscando alternativas en el proceso de

manufactura, usando fibras de semilla como algodón, fibra de coco, paja de trigo, bagazo y hasta bambu(Murali Mohan Rao et al., 2010).

Se debe tener en cuenta que cualquier material natural o artificial puede ser capaz de ser definido como fibra, las fibras naturales son las que proceden de animales o plantas, los investigadores se enfocan en la búsqueda de los NFC (compuestos de fibras naturales) (Kenned et al., 2020), los beneficios que poseen mencionados NFC es buena a comparación de los compuestos comerciales, siendo una mejora en la resistencia eléctrica, aislamiento acústico, entre otra (Ilyas et al., 2019), las características mejoran en el procesamiento de los NFC en comparación con compuestos sintéticos (Kargarzadeh et al., 2018), siendo así que varias fibras nuevas ya son exploradas por investigadores, convirtiéndose en prioridad de estudio (Pothan et al., 1997) y son un refuerzo potencial las fibras de palma, coco, plátano, sisal y piña (Peças et al., 2018) , una fibra que tiene gran crecimiento es la de banano o plátano (Joseph et al., 2002)(Sapuan et al., 2006).

El optar por la fabricación autopartes a partir de fibras naturales no ha sido algo descabellado ya que múltiples empresas tales como Audi, Opel, Chrysler, Fiat, Ford, Mercedes Benz Peugeot, Renault, Volvo, Volkswagen y BMW ,(Bismarck et al., 2006) lo han venido realizando, en el campo automotriz, al realizarlas con materiales biodegradables, los cuales tienden a mejorar en su costo y densidad a comparación de los tradicionales (Witayakran et al., 2017), los mismos son usados en tapicerías de puertas, respaldo de asientos, techos, corredoras de techos corredizos (Ellison et al., 2000). Adicional que las empresas automotrices se preocupan en la actualidad por la reciclabilidad de los vehículos, para así proteger al medio ambiente (Stark & Rowlands, 2003), El psuedotallo del plátano es una fibra muy útil como materia prima, su producción es favorable en los países de China, Indonesia, Brasil y Ecuador (Syriac et al., 2017), según la Organización de Agricultura y Alimentación de Naciones Unidad más de 140 países en el mundo produjeron alrededor de 150 millones de toneladas de plátano, de esta forma se convierte en el cuarto cultivo más importante en los países en desarrollo (Gebregergs et al., 2016), pero un punto importante para la industria ecuatoriana en el año 2012 representó un 45.34% del valor FOB (Valor mercancía puesta a bordo transporte marítimo) exportado y el 87.14% de las toneladas de exportación, (Las et al., n.d.)

El presente estudio propone realizar el análisis acerca del NFC con su base en la fibra del pseudotallo de plátano para ser empleado en autopartes automotrices, con el objetivo de obtener

un reemplazo adecuado del plástico tradicional en molduras de puertas de modelos de vehículos comercializados en el Ecuador, de esta manera tener el mejor compuesto, y el cual aportará al cuidado del medio ambiente, así también fortalecer la matriz productiva, enfocado en la revolución del conocimiento para el cambio de la misma (SENPLADES, 2009), adicional cumpliendo tres objetivos planteado en el Plan Nacional del Buen Vivir en el estado de Ecuador, siendo Objetivos 7, 8 y 10, los cuales manifiestan garantizar los derechos de la naturaleza promoviendo la sostenibilidad ambiental territorial y global; garantizar el sistema económico social y solidario de forma sostenible.

Desarrollo

El desarrollo de la investigación se basó en el estudio bibliográfico de las investigaciones de biocompuestos ya explorados, que son enfocados como refuerzos en elementos de uso común usando una metodología deductiva para la descripción de su proceso y caracterización, mediante una metodología comparativa se selecciona el material que por sus características se adapte de mejor manera en la autoparte y de esta manera sea una alternativa distinta a la materia prima común, con el material seleccionado se usa una metodología experimental simulando computacionalmente los dos materiales a múltiples acciones y obtener el comportamiento de cada uno, para finalmente con la información adquirida se llega a la conclusión del material idóneo a ser considerado como materia prima para los boceles automotrices.

El uso de las fibras naturales tienen gran trascendencia en la historia, es así que el estudio y aplicabilidad de cada una de ellas ha sido un tema de suma importancia para grandes investigadores con el fin de aportar al cuidado del ecosistema usando materia que en ciertos casos se desperdicia o simplemente no se usa, la areca, bonote, yute, lino, cáñamo, coco, plátano sisal y piña (Binoj et al., 2017; Pothan et al., 1997), son alternativas válidas para la fabricación de compuestos, he aquí el punto de partida del análisis de la fibra de plátano o banano que se destaca ampliamente (Joseph et al., 2002; Sapuan et al., 2006) en esta fibra de gran abundancia se concentra la investigación, el estudio de sus distintas características, procedimientos de obtención y tratamiento, tomando en cuenta que las aplicaciones son múltiples y el material debe comportarse de manera distinta para cada caso, ya que es muy distinto un tablero aglomerado a una autoparte automotriz, por lo que se enfocó en las características mecánicas de los biocompuestos que se obtiene de cada investigación.

Por otra parte la industria automotriz se enfoca en el mejoramiento de la reciclabilidad de los vehículos, según la comisión Europea el 85% del peso de un vehículo tiene que ser reciclable, el mismo que está en acenso, en la década actual los vehículos deben ser construidos con el 95% de materiales reciclables, con un 85% de recuperación con reciclaje y 10% mediante recuperación con energía o térmico (Chen et al., 2005), el uso de fibras en paneles de puertas por parte de múltiples marcas como Mercedes Benz en sus vehículos clase E; Chrysler, Volkswagen, Audi entre otros se unen a la causa, en beneficio del uso de los materiales en base de fibra tiene la pérdida del 10 al 30% de peso, todo esto en componentes como tablero de instrumentos y adornos de interiores. También la fibra tiene una aplicación de producción en el campo textil, lo cuales son favorables y pueden ser aplicados en el campo automotriz (Han & goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, 2019).

La selección del material base es importante ya que existen varios tipos de plátanos en el mundo en los que se detallan: Gros Michel con su altura de 3.3 a 3.5 metros con sus extremos achatados, Cavendish Enana, Gros Michel, Lacatán, Poyo, Curraré, Hawaiian Style (MORALES LISSETTE, 2018) el famoso Maqueño, Baby Banana, Doménico, y otras híbridas como Zelig, Brier, Gruesa, Balangón.; se destaca de cada uno su morfología la que es igual con rasgos característico en cada tipo, por lo cual la figura 1 detalla la ubicación del pseudotallo que está en la parte del tallo o tronco de la planta, esta es la parte principal de la obtención de la materia prima (Delgado Loor, 2019).

En la cosecha que se obtiene del plátano solo se aprovecha del 20 al 30% de su biomasa (Aranzazu Hernández et al., 2005), y su 70 y 80 % no se utiliza, he aquí la materia prima abundante que se puede usar, con gran aporte a la elaboración artículos de múltiples usos en distintos campos, para la revisión se enfoca en el automotriz (Aguirre Cruz et al., 2007; Mazzeo Meneses, 2010)

La fibra tiene una composición química de celulosa hemicelulosa y lignina, su extracción con su procedimiento adecuado es el corte de vástagos, quitar las vainas del vástago, secar en el sol separadas entre sí, secado en horno en el caso que lo permita (Vasquez, 2019). En un área de 4046.85 metros cuadrados se pueden generar de 1000 a 1500 pseudotallo y para la producción de 1 a 2 kg de fibra se necesitan de 10 a 13 tallos (Basak et al., 2015).

La parte de la planta de mayor estudio es el pseudotallo la que tiene una estructura de cacetos apretadas y en espiral, su estructura es carnosa y gran parte de agua como se observa en la figura

1, es una fuente de biomasa lignocelulósica residuales (James, 2009), las fibras que se obtienen parte de la clasificación vegetal(celulosa) de tallos; las propiedades de mencionada fibra se caracteriza en la parte térmica con su curvatura con el tratado al vapor, de color habano, resistente a la tracción torsión y tensión sin afectaciones al agua, con decoloración por efectos del sol (Tinajero Andrés, 2018).

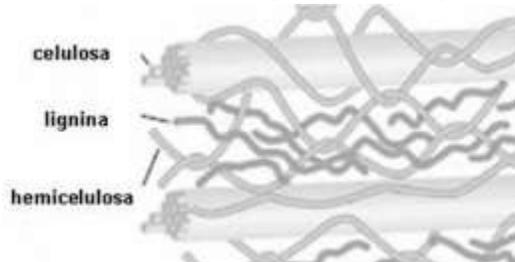
Figura 1: Morfología del tallo del plátano



Fuente: (Delgado Loor, 2019)

La composición de la fibra es celulosa de un 60 a un 65%, lignina de 5 a 19% y hemicelulosa de 6 al 19% como se muestra en la figura 2 (Lady Joana, 2013), teniendo los valores mecánicos de su fibra en tensión F/A 384 a 800N/mm², Modulo de Young 20-34 N/mm² y deformación convencional de 2 a 6% (Besednjak Dietrich, 2005).

Figura 2: Composición fibra pseudotallo del plátano



Fuente: (Kabir et al., 2011)

En primer paso es la extracción de la fibra la cual es común en todas las investigaciones, y se realiza de manera manual, las fibras obtenidas se enfoca en 4 tipos básicos, fibra tipo pelo muy

fina con mayor tiempo de extracción, fibra suave se extrae de la segunda capa de pseudotallo, fibra dura se extrae de la cuarta capa del pseudotallo la con mayor usabilidad (Arteaga Alcivar, 2015), La orientación de las fibras cumplen un factor importante en términos generales una mayor comprensión de 0° a comparación de 90° y bidireccional, usando fibra de bambú con sisal llegó hasta 149.1Mpa como su resistencia máxima las que fueron usadas en carrocerías de automóviles (Getu et al., 2020). El laminado de fibras tiene a perjuicio de disminuir su modulo elástico, el cual disminuye de 85 MPa con una capa a descender a 12 MPa con 4 capas pero su resistencia aumenta (Baharin et al., 2016).

Se debe tener cuenta características que tiene la resina con la que se debe trabajar su resistencia a la resina epóxica con su resistencia de tensión de 35 a 100 MPa, resistencia a la comprensión 100 a 200 MPa con una densidad de 1.1 a 1.4 gr/cm³ (Mohanty et al., 2005), a comparación de la resina epóxica tiene altas propiedades mecánicas y térmicas. Con los pasos iniciales de procesos adecuados, los cuales fueron seleccionados de la investigación recolectada, se continua con la descripción de los materiales con sus distintos valores mecánicos, uno de ellos es la fabricación de material tipo aglomerado con resina al 15 y 35% una presión de comprensión de 50 a 100 kg/cm² en su prensado, con un proceso de secado al horno trozar y deshidratar a 60°C, material molido, tamizada de 2 mm (Linda Maldonado et al., 2013). El producto final obtuvo del 16.28% de fibra, 9.53% de densidad aparente, y un PH de 5,24 y 30.1% de concentración de celulosa (Lina Maldonado et al., 2013), un resultado MOE 4800 N/mm² y MOR 36.3911 N/mm², acoplándose a la Norma Venezolana COVENIO No. 847-91 para aglomerado patentado en Instituto de la Propiedad Intelectual (Linda & Astudillo Richard, n.d.).

Un material atractivo es el cuero a partir de la fibra de pseudotallo, el cual se obtiene de fibras secas procesadas, la materia prima pasa por un proceso de decorticada donde se tiene el hilo fibra suave, malla y fibra dura, secado al horno y deshidratada pasa por un encerado y desgomado a 100°C, descrude químico con lissapo 2 gr/lit, sosa caustica 8 a 10 gr/lit ebullición de 92°C durante 3-4 horas, blanqueo con direnol 257 leucofor agua oxigenada sosa cautica por 40min, Suavizado en glicerina, manufacturadas a la máquina YP-S1600 de malla no tejida, malladas como pliegues de apariencia de tipo algodón, con una técnica de punzonado usando agujas, su resistencia en la maquina especializada GT-C11 cual cumple con su protocolo (Alejandra et al., 2020).

La adaptación y complemento de la fibra es una alternativa por lo cual tiene celulosa 73.5%, lignina 12.99% entre otras, descruce de la fibra con agua caliente con solución salina y hervir a 45 min, secado al aire libre, teniendo características flexible, adherente, maleable, fácil manejo, con resina y catalizador al 5%, adicional con fibra de vidrio el que sirve para el reemplazo de plástico, resultados de maleabilidad, adicional otra prueba con la adición de 20% de vidrio líquido, también con silicona líquida al 12%, el que concluye que el resultado para usar en automotriz la alternativa de fibra de plátano y vidrio es lo mejor (Torres, 2013).

En otra investigación la preparación va de cepillado y secado con una humedad no superior de 12+-2%, almacenada a 20°C, con reactivos de epiclohidrina (EP), anhídrido acético(AA) disueltos en acetona, 1:10 de AA y EP entre si 1:1, secado en horno a 105°C por 24h (Lady Joana, 2013). La fibra de plátano en 14.9 % tiene una resistencia a la tracción de 30.17 MPa su elongación de 3.82%, Modulo de Young de 1.23.

La fibra de banana/polipropileno con NaOH (10%) obtuvo una resistencia a la tracción de 40 MPa, elongación de 3.4% y 1.66 Módulo de Young (Paul et al., 2010), el compuesto posee una densidad de 1.350 gr/cm³(Raharjo et al., 2018). Un estudio adicional la fibra del pseudotallo de banano con la fibra de vidrio en composición de 23.2% de fibra posee generando una resistencia a la tracción de 95.41 Mpa, elongación 5.50%, 1.94 Módulo Young.

La producción de un compuesto con la configuración de tejido diagonal, un curado de 24 a 48 horas en temperatura ambiente, uso de resina poliéster insaturada SINTAPOL 437, estireno, octoato de cobalto, peróxido de metil-etil MEKP, el proceso se detalla en (Vasquez, 2019) pg. 26, el mejor resultado lo obtuvo la probeta con 10% de fibra tratada orientada longitudinal con resultados en tracción de 35.73 MPa con un módulo de elasticidad 1304.84 MPa, mientras que a la flexión su esfuerzo máximo 50.56 MPa módulo de elasticidad 3675.47 MPa.

En el estudio de la universidad de Kassel se puede aplicar las fibras tratadas en aplicaciones en la industria del automóvil y del embalaje, las características lo detalla (Mamun et al., 2015), mostrando características excelentes con una longitud de fibra de 20cm, diámetro de 250mm, resistencia a la tracción de 98 MPa, módulo de elasticidad de 20 GPa, tenacidad de 75 MPa, ángulo microfibrilar 29°; la desventaja de absorción de humedad del 11% a 23°C, sus aplicaciones son destinadas a aplicaciones de ensamble automotriz. La combinación de la fibra de banana/poliéster de 30mm longitud, obtiene el mejor resultado en la investigación con 50% de compuesto, con una

resistencia a la tracción de 48Mpa, elongación de 7% y 1.53 Módulo de Young (Sreekumar et al., 2008).

En investigaciones de similar estructura procedimental se logra obtener los datos característicos de biocompuestos obtenidos con el detalle de los valores de sus propiedades, cuyos resultados son los demostrados en la tabla 1.

Tabla 1: Biocompuestos de pseudotallo de plátano, características

Matriz	Refuerzo	Fracción en peso	Esfuerzo Máximo a la tracción Mpa	Esfuerzo máximo a flexión Mpa	Referencia
Poliester	Banano continua longitudinal	10%	35.73	50.56	(Cunalata Sánchez & Jiménez Abarca, 2019)
Poliester	Banano tejido orientado a 30	20%	17.87	49.8	(Cunalata Sánchez & Jiménez Abarca, 2019)
Poliester	Banano tratada corta al azar 3mm	10%	18.41	38.15	(Cunalata Sánchez & Jiménez Abarca, 2019)
Poliester	Banano corta al azar	10%	12.84	25	(Farinango Morales & Moya Segovia, 2019)
Poliester	Banano corta al azar	20%	15.4	31.67	(Farinango Morales & Moya Segovia, 2019)
Poliester	Banano corta al azar	25%	43.5	92	(Chand & Fahim, 2020)
Poliester	Banano corta al azar	40%	74	80	(Farinango Morales & Moya Segovia, 2019)
Resina epoxi	Banano corta al azar de 30mm	45%	24.7	45.36	(Sathish et al., 2015)
Resina epoxi	Banano corta al azar de 30mm	40%	45.57	73.58	(Maleque et al., 2007)
Polipropileno	Banano tejida sarga	30%	33.27	43.76	(Amir et al., 2017)
Polipropileno	Banano continua longitudinal	30%	66.26	33.72	(Amir et al., 2017)

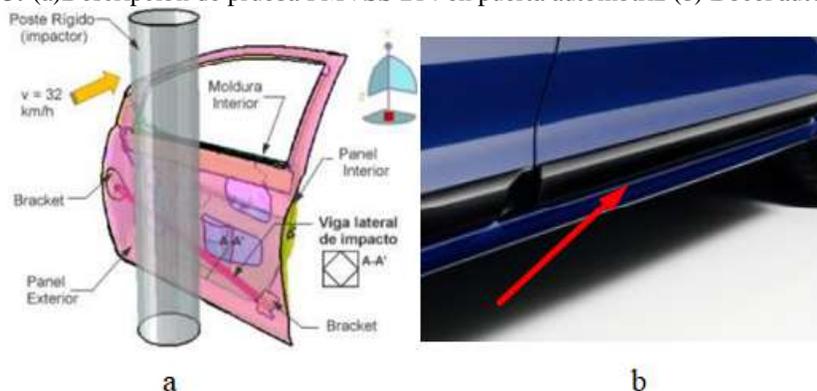
Fuente: Autor

El material a suplantar es el plástico en el ensamblaje de automóviles, un material elemental para su constitución de esa manera, los plásticos han sido y son una de las fuentes indispensables de materia prima para elementos automotrices como los bocales de protección de las puertas de automóviles, pero el plástico es responsable del 10% del total de residuos degenerados y comprende del 60 al 90% de la basura marina, cada año se vierten 8Mt de plásticos en los océanos (Schyns & Shaver, 2021).

El bocel automotriz que se aprecia en la figura 3 sección b, se toma como referencia, ya que en el mercado ecuatoriano se tiene muchos faltantes, esto se obtuvo a partir de entrevistas de jefes de áreas de colisiones de la ciudad de Quito-Ecuador, en general manifestaron que es un gran inconveniente la reposición del mismo por falta de stock en las distintas distribuidoras, en general toca esperar a importación mencionados elementos, adicional este elemento de reposición automotriz posee una estructura fácil para generar una matriz de fabricación, por lo que la generación con la alternativa de biocompuesto con fibra de pseudotallo de plátano es la alternativa adecuada por todo lo anterior mencionado.

Los valores a los cuales se somete el bocel es la prueba FMVSS 214, la cual mide la reacción de la puerta lateral de un vehículo con el golpe de un cilindro de 12 pulgadas de diámetro; las cargas resistivas, tienen un valor promedio de al menos 10kN, la carga máxima debe ser 31.14kN, estos valores son para las pruebas de simulación, tomando en cuenta la resistencia a la puerta total en fallas drásticas según (Brooks et al., 2017).

Figura 3: (a) Descripción de prueba FMVSS 214 en puerta automotriz (b) Bocel automotriz



Fuente: (Stark & Rowlands, 2003)

Todos estas pruebas deben ser comparadas con los valores de los elementos usados en el campo automotriz para que, a partir de este punto seleccionar la alternativa adecuada, siendo ABS de alto impacto utilizado en el ámbito de parachoques de manera general, que es el mismo compuesto que el bocel, el cual cuenta con una densidad de 1.02 a 1.04 (gr/cm^3), una tracción máxima de 24 a 45 MPa módulo elástico 1.38 a 2.42 GPa, resistencia al impacto 164 a 436 (J/m) (Borreguero et al., 2011).

Con los dos materiales a ser analizados se procede con la parte experimental de simular al bocel automotriz con el plástico ABS y el pseudotallo seleccionado, se parte con el polímero ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) de alto impacto con el bocel lateral de una parte se obtuvo los siguientes análisis como son la deformación total y el factor de seguridad de cada uno, tomando en cuenta las propiedades físicas de cada una y creando el material en el software de análisis de elementos finitos, con el fin de obtener un criterio específico a la hora de seleccionar o reemplazar un material con otro. Las cargas de 5, 51 y 10000 N, en el bocel con su respectivo material. Al simular esta autoparte se obtuvo el análisis del peso de cada uno mostrado en la tabla 2, donde el polímero tiene menos masa a comparación de la fibra natural.

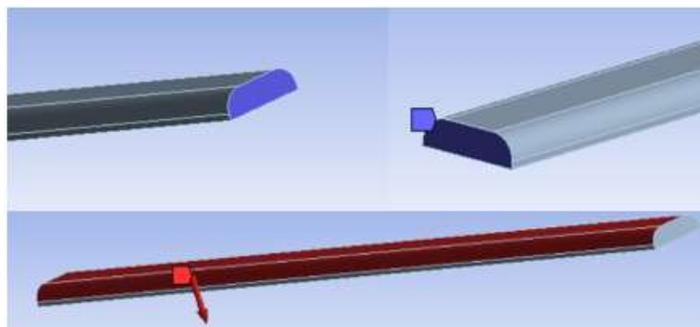
Tabla 2: Masa de simulación de bocel automotriz con material ABS y pseudotallo de plátano

Masa Bocel (kg)	
Masa Bocel (kg)	
ABS	0,44
FIBRA DE PLATANO	0,57

Fuente: Autor

El análisis para el diseño se tomó como referencia los puntos fijo laterales del bocel representados de color azul, aplicando la carga sobre el cuerpo de color rojo como se aprecia en la figura 4.

Figura 4: Punto de apoyo en Bocel, simulación computacional

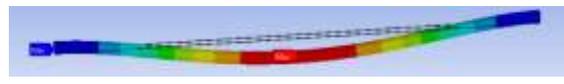


Fuente: (Stark & Rowlands, 2003)

El análisis para el polímero ABS y fibra de plátano, con una carga de 5 N que representa un pequeño impacto por descuido se describe en la tabla 3, donde la deformación es más evidente en la fibra de plátano con 0.64 mm, mientras que el polímero tiene 0.41 mm al sufrir un impacto o

aplicación de la carga antes mencionada, en el factor de seguridad los dos materiales tienen un factor de seguridad de 15 donde no existe mayor variación.

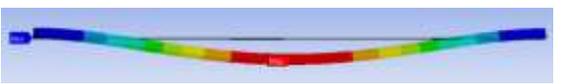
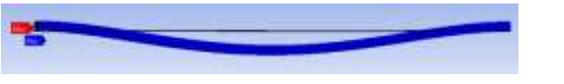
Tabla 3: Simulación ABS, Fibra de plátano con carga de 5N

ABS		FIBRA DE PLATANO	
DEFORMACION	MAX: 0,41 mm	DEFORMACION	MAX: 0,64 mm
	MIN: 0 mm		MIN: 0 mm
			
FACTOR DE SEGURIDAD	15	FACTOR DE SEGURIDAD	15
			

Fuente: Autor

El análisis para el polímero ABS y fibra de plátano, con una carga de 51 N que representa un impacto fuerte de un golpe dado por otra puerta al abrirla se aprecia en la tabla 4, donde la deformación es más evidente en la fibra de plátano con 6.53 mm, mientras que el polímero tiene 4,13 mm al sufrir un impacto o aplicación de la carga antes mencionada, en el factor de seguridad del polímero es de 11.04 y la de la fibra natural es de 11.78, lo que indica una mayor fiabilidad en el impacto aplicado al utilizar la fibra natural.

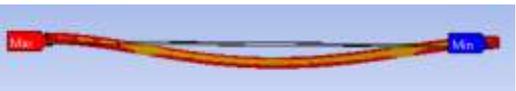
Tabla 4: Simulación ABS, Fibra de plátano con carga de 51 N

ABS		FIBRA DE PLATANO	
DEFORMACION	MAX: 4,13 mm	DEFORMACION	MAX: 6,53 mm
	MIN: 0 mm		MIN: 0 mm
			
FACTOR DE SEGURIDAD	11,04	FACTOR DE SEGURIDAD	11,78
			

Fuente: Autor

El análisis para el polímero ABS y fibra de plátano, con una carga de 10000 N que representa un impacto por un choque a unos 64 Km/h se coloca en la tabla 5, donde la deformación es más evidente en la fibra de plátano con 1281mm, mientras que el polímero tiene 809.9 mm al sufrir un impacto o aplicación de la carga antes mencionada, en el factor de seguridad mínimo del polímero es de 0.056 y la de la fibra natural es de 0.06, lo que indica una mayor fiabilidad en el impacto aplicado al utilizar la fibra natural.

Tabla 5: Simulación ABS, Fibra de plátano con carga de 10000 N

ABS		FIBRA DE PLATANO	
DEFORMACION	MAX: 809,9 mm	DEFORMACION	MAX: 1281 mm
	MIN: 0 mm		MIN: 0 mm
			
FACTOR DE SEGURIDAD	MAX: 13,16	FACTOR DE SEGURIDAD	MAX: 14,04
	MIN: 0,056		MIN: 0,06
			

Fuente: Autor

El polímero ABS de alto impacto tiene menor masa y deformación, pero al analizar el factor de seguridad para el mismo diseño de la autoparte la fibra natural tiene mayor fiabilidad al tener impactos fuertes.

Conclusiones

La fibra de banana/poliester de 30mm longitud, obtiene el mejor resultado en la investigación con 50% de compuesto, la cual posee similares características mecánicas con una variación del 4%, una resistencia a la tracción de 48 MPa, elongación de 7% y 1.53 Módulo de Young, tomando en cuenta que el material a ser suplantado es el ABS de alto impacto con una densidad de 1.02 a 1.04 (g/cm³), una tracción máxima de 24 a 45 MPa módulo elástico 1.38 a 2.42 GPa, resistencia al impacto 164 a 436 (J/m).

La simulación computacional con cargas de 5 N, 51 N y 10000 N, arrojan resultados positivos en la prueba de 5 N una reducción del 32.79% en la deformación y manteniendo un factor de seguridad de 15, la prueba de 51 N una reducción del 36.75% en la deformación y aumento del 6.7% del factor de seguridad, la prueba de 10000 N una reducción del 36.77% en la deformación y aumento del 7.14% en su factor de seguridad, deduciendo el reemplazo del ABS por el polímero de pseudotallo de plátano siendo más fiable al tener impactos fuertes.

Referencias

1. Aguirre Cruz, A., Bello Pérez, A., González Soto, L. A., & Álvarez Castillo, R. A. (2007). Modificación química del almidón presente en la harina de plátano macho (*Musa Paradisiaca* L.) y su efecto en el contenido de fibra dietética. Memorias IX Congreso Deficiencia de Los Alimentos Yv Foro Deficiencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad de Guanajuato, México, 63–70.
2. Alejandra, D., Izquierdo, H., Florcita, A., & León, P. (2020). Carrera de Ingeniería Industrial y Comercial CUERO A PARTIR DE LA FIBRA DE Trabajo de investigación para optar el Grado Académico de DIEGO ROLANDO BOHÓRQUEZ CARRASCO Lima – Perú. <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/10460>
3. Amir, N., Abidin, K. A. Z., & Shiri, F. B. M. (2017). Effects of fibre configuration on mechanical properties of banana fibre/PP/MAPP natural fibre reinforced polymer composite. *Procedia Engineering*, 184, 573–580. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.140>
4. Aranzazu Hernández, F., Valencia Montoya, J. A., PulgarinN, A., Isabel, M., & Castrillón Arias, C. (2005). El cultivo de plátano: manual técnico. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/6983/cultivo_platano.pdf?sequence=1.
5. Arteaga Alcivar, F. J. (2015). Origen y evolución del banano. 11. https://www.academia.edu/24138727/2015_I_UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_COLOMBIA_ORIGEN_Y_EVOLUCIÓN_DEL_BANANO
6. Baharin, A., Fattah, N. A., Bakar, A. A., & Ariff, Z. M. (2016). Production of Laminated Natural Fibre Board from Banana Tree Wastes. *Procedia Chemistry*, 19, 999–1006. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.03.149>

7. Basak, S., Samanta, K. K., Chattopadhyay, S. K., & Narkar, R. (2015). Thermally stable cellulosic paper made using banana pseudostem sap, a wasted by-product. *Cellulose*, 22(4), 2767–2776. <https://doi.org/10.1007/s10570-015-0662-7>
8. Besednjak Dietrich, A. (2005). *Materiales compuestos de fabricación de embarcaciones*.(1a.). España.
9. Binoj, J. S., Edwin Raj, R., & Daniel, B. S. S. (2017). Comprehensive characterization of industrially discarded fruit fiber, *Tamarindus indica* L. as a potential eco-friendly bio-reinforcement for polymer composite. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1321–1331. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.179>
10. Bismarck, A., Baltazar-Y-Jimenez, A., & Sarikakis, K. (2006). Green Composites as Panacea? Socio-Economic Aspects of Green Materials. *Environment, Development and Sustainability*, 8(3), 445–463. <https://doi.org/10.1007/s10668-005-8506-5>
11. Borreguero, A. M., Valverde, J. L., Rodríguez, J. F., Barber, A. H., Cubillo, J. J., & Carmona, M. (2011). Synthesis and characterization of microcapsules containing Rubitherm® RT27 obtained by spray drying. *Chemical Engineering Journal*, 166(1), 384–390. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2010.10.055>
12. Brooks, R., Shanmuga Ramanan, S. M., & Arun, S. (2017). Composites in Automotive Applications: Design. In *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering* (Issue February 2016). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.03961-8>
13. Chand, N., & Fahim, M. (2020). *Tribology of natural fiber polymer composites*. Woodhead publishing.
14. Chen, Y., Chiparus, O., Sun, L., Negulescu, I., Parikh, D. V, & Calamari, T. A. (2005). Natural fibers for automotive nonwoven composites. *Journal of Industrial Textiles*, 35(1), 47–62. <https://doi.org/10.1177/1528083705053392>
15. Cunalata Sánchez, E. F., & Jiménez Abarca, C. A. (2019). *Caracterización de un material compuesto de matriz poliéster reforzada con fibra de yute precargada mediante moldeo por compresión*. Quito, 2019. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20421>.

16. Delgado Loor, N. A. (2019). Comportamiento mecánico de una teja tipo elaborada con mortero hidráulico y prototipo con adición de fibra de tallo de banano. Guayaquil: ULVR, 2019. <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/2777>
17. Ellison, G. C., McNaught, R., & Eddleston, E. P. (2000). The use of natural fibres in nonwoven structures for applications as automotive component substrates. Research & Development Report NF0309. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK.
18. Farinango Morales, J. C., & Moya Segovia, E. D. (2019). Caracterización de un material compuesto matriz poliéster reforzado con fibra tejida de banano. Quito, 2019. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20594>
19. Freier, T., Koh, H. S., Kazazian, K., & Shoichet, M. S. (2005). Controlling cell adhesion and degradation of chitosan films by N-acetylation. *Biomaterials*, 26(29), 5872–5878. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2005.02.033>
20. Gebregergs, A., Gebresemati, M., & Sahu, O. (2016). Industrial ethanol from banana peels for developing countries: Response surface methodology. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, 18(1), 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.psra.2016.06.002>
21. Getu, D., Nallamotheu, R. B., Masresha, M., Nallamotheu, S. K., & Nallamotheu, A. K. (2020). Production and characterization of bamboo and sisal fiber reinforced hybrid composite for interior automotive body application. *Materials Today: Proceedings*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.780>
22. Han, E. S., & goleman, daniel; boyatzis, Richard; Mckee, A. (2019). Experimentacion Y Posibles Aplicaciones De La Fibra De Banano En El Campo Textil. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
23. Ilyas, R. A., Sapuan, S. M., Ishak, M. R., & Zainudin, E. S. (2019). Sugar palm nanofibrillated cellulose (*Arenga pinnata* (Wurmb.) Merr): Effect of cycles on their yield, physic-chemical, morphological and thermal behavior. *International Journal of Biological Macromolecules*, 123, 379–388. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.124>
24. James, C. (2009). Banano, origen y influencia en la economía ecuatoriana. Recuperado de [Http://Carlosjamescarlosjames-1. Blogspot. Com](Http://Carlosjamescarlosjames-1.Blogspot.Com).
25. Joseph, S., Sreekala, M. S., Oommen, Z., Koshy, P., & Thomas, S. (2002). A comparison of the mechanical properties of phenol formaldehyde composites reinforced with banana

- fibres and glass fibres. *Composites Science and Technology*, 62(14), 1857–1868. [https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(02\)00098-2](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(02)00098-2)
26. Kabir, M. M., Wang, H., Aravinthan, T., Cardona, F., & Lau, K.-T. (2011). Effects of natural fibre surface on composite properties: A review. *Proceedings of the 1st International Postgraduate Conference on Engineering, Designing and Developing the Built Environment for Sustainable Wellbeing (EddBE2011)*, 94–99. <https://eprints.usq.edu.au/18822>
 27. Kargarzadeh, H., Mariano, M., Gopakumar, D., Ahmad, I., Thomas, S., Dufresne, A., Huang, J., & Lin, N. (2018). Advances in cellulose nanomaterials. *Cellulose*, 25(4), 2151–2189. <https://doi.org/10.1007/s10570-018-1723-5>
 28. Kenned, J. J., Sankaranarayanan, K., Binoj, J. S., & Chelliah, S. K. (2020). Thermo-mechanical and morphological characterization of needle punched non-woven banana fiber reinforced polymer composites. *Composites Science and Technology*, 185, 107890. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.107890>
 29. Lady Joana, S. R. (2013). Elaboración de un material biocompuesto a partir de la fibra de plátano. 93. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/52647>
 30. Las, P. D. E., Naturales, F., & Pseudotallo, D. E. L. (n.d.). Obtaining and Characterization Agglomerated Panels of. 1–10.
 31. Linda, M., & Astudillo Richard. (n.d.). OBTAINING AND CHARACTERIZATION AGGLOMERATED PANELS OF. 1–10. <https://lirias.kuleuven.be/2379701?limo=0>
 32. Maldonado, Lina, Manzano, P., Cuesta, F., Cedeño, Y., & Zevallos, N. (2013). Caracterización físico-química de las fibras obtenidas de la planta de banano (*Musa paradisiaca*) procedente del cantón el Guabo de la Provincia del Oro. In *Yachana* (Vol. 2, Issue 1, pp. 17–20). <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/190>
 33. Maleque, M. A., Belal, F. Y., & Sapuan, S. M. (2007). Mechanical properties study of pseudo-stem banana fiber reinforced epoxy composite. *The Arabian Journal for Science and Engineering*, 32(2B), 359–364. https://www.researchgate.net/profile/S_Sapuan/publication/242783313_Mechanical_properties_study_of_pseudo-stem_banana_fiber_reinforced_epoxy_composite/links/00b49529e891e7ac23000000/M

echanical-properties-study-of-pseudo-stem-banana-fiber-reinforced-epoxy-composite.pdf

34. Mamun, A. A., Heim, H. P., Faruk, O., & Bledzki, A. K. (2015). The use of banana and abaca fibres as reinforcements in composites. In *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*. <https://doi.org/10.1533/9781782421276.2.236>
35. Mazzeo Meneses, M. (2010). Aprovechamiento Industrial De Residuos. *Educación En Ingeniería*, 128–139. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.26507/rei.v5n9.14>
36. Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (2005). *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. CRC press. <https://doi.org/10.1201/9780203508206>
37. MORALES LISSETTE. (2018). Universidad Laica Vicente Rocafuerte. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5307>.
38. Murali Mohan Rao, K., Mohana Rao, K., & Ratna Prasad, A. V. (2010). Fabrication and testing of natural fibre composites: Vakka, sisal, bamboo and banana. *Materials and Design*, 31(1), 508–513. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.06.023>
39. Paul, S. A., Joseph, K., Mathew, G. D. G., Pothan, L. A., & Thomas, S. (2010). Influence of polarity parameters on the mechanical properties of composites from polypropylene fiber and short banana fiber. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 41(10), 1380–1387. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.04.015>
40. Peças, P., Carvalho, H., Salman, H., & Leite, M. (2018). Natural Fibre Composites and Their Applications: A Review. *Journal of Composites Science*, 2(4), 66. <https://doi.org/10.3390/jcs2040066>
41. Pothan, L. A., Thomas, S., & Neelakantan, N. R. (1997). Short Banana Fiber Reinforced Polyester Composites: Mechanical, Failure and Aging Characteristics. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 16(8), 744–765. <https://doi.org/10.1177/073168449701600806>
42. Raharjo, W. P., Soenoko, R., Purnowidodo, A., & Choiron, M. A. (2018). Experimental and micromechanical modelling of randomly oriented zalacca fibre/low-density polyethylene composites fabricated by hot-pressing method. *Cogent Engineering*, 5(1), 1518966. <https://doi.org/10.1080/23311916.2018.1518966>

43. Sapuan, S. M., Leenie, A., Harimi, M., & Beng, Y. K. (2006). Mechanical properties of woven banana fibre reinforced epoxy composites. *Materials and Design*, 27(8), 689–693. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2004.12.016>
44. Sathish, S., Murugesan, C. K., & Ramkumar, R. (2015). Study of mechanical characteristics on hybrid composites using sisal fiber and banana fiber. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 3(5), 21–26. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153387708>
45. Schyns, Z. O. G., & Shaver, M. P. (2021). Mechanical recycling of packaging plastics: A review. *Macromolecular Rapid Communications*, 42(3), 2000415. <https://doi.org/10.1002/marc.202000415>
46. SENPLADES. (2009). Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013. Senplades, 10,15,25. [http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir_%28version_resumida_en_espanol%29.pdf%0Ahttp://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir_\(version_re](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir_%28version_resumida_en_espanol%29.pdf%0Ahttp://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir_(version_re)
47. Sreekumar, P. A., Albert, P., Unnikrishnan, G., Joseph, K., & Thomas, S. (2008). Mechanical and water sorption studies of ecofriendly banana fiber - reinforced polyester composites fabricated by rtm. *Journal of Applied Polymer Science*, 109(3), 1547 - 1555. <https://doi.org/10.1002/app.28155>
48. Stark, N. M., & Rowlands, R. E. (2003). Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites. *Wood and Fiber Science*, 35(2), 167–174. <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/8558>
49. Syriac, G. M., Babychan, M., & Mishra, S. (2017). Response of Different Sources of Sugar on Production and Quality Analysis of Banana (*Musa paradisiaca*) Fruit Wine cv. Grand Naine. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 5(4), 1883–1889. <https://doi.org/10.18782/2320-7051.5180>
50. Tinajero Andrés. (2018). Diseño experimental de mobiliario para el sector de ecoturismo empleando los desechos del pseudotallo del banano de las plantaciones de Mindo. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, 121. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15363>

51. Torres, G. K. P. (2013). Experimentación tecnológica de la fibra de banano aplicada en el diseño de objetos. <http://ezproxy.unal.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.D3DCF140&lang=es&site=eds-live>
52. Vasquez, M. F. (2019). Escuela politécnica nacional. 157. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/786%0Ahttps://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/786/1/CD-1222.pdf>
53. Witayakran, S., Smitthipong, W., Wangpradid, R., Chollakup, R., & Clouston, P. L. (2017). Natural Fiber Composites: Review of Recent Automotive Trends. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, 1–9. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.04180-1>

© 2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)