

Análisis de materiales reforzados para prototipado 3d

Analysis of reinforced materials for 3D prototyping

Pedro Rodríguez Sandoval¹,
María Isabel Arévalo Ramírez²,
Brallan Esteban Martínez Quiroga³.

SENA- Centro de Materiales y Ensayos
DOI: 10.29151/reit.n4a5

¹ prodirguezs@misena.edu.co, Grupo de investigación Gimes, SENA- Centro de Materiales y Ensayos; Grupo Investigación NIEIT, Fundación Universitaria Monserrate-Unimonserrate

² miarevalo0@misena.edu.co, Grupo de investigación Gimes, SENA- Centro de Materiales y Ensayos

³ braemartinez1111@misena.edu.co, Grupo de investigación Gimes,

Resumen

Los materiales utilizados para la manufactura aditiva empleando la técnica FDM presentan costos elevados, los cuales aumentan dependiendo de los colores y tamaños, por tal motivo se han empezado a investigar materiales que puedan ser empleados para este proceso cuyo costo sea más bajo. Con las crecientes iniciativas por impulsar la industria de materiales hacia los degradables, actualmente no solo se busca que los materiales empleados en la manufactura aditiva presenten buenas propiedades sino también que estos sean degradables al final de su uso. Por tal motivo, se pretende generar un polímero compuesto de PEBDR/PLA (15%30% y 50%) por extrusión, al cual se le evaluarán sus propiedades físicas y químicas empleando diferentes ensayos, en donde se estimará su resistencia al estar sometida a una fuerza, así como su dureza, flexión y microestructura. Finalmente, el material se empleará en impresión 3D para corroborar su uso en este proceso.

Palabras claves: Impresión, PLA, PEBD, Manufactura, prototipado.

Abstract

The materials used for additive manufacturing using the FDM technique have high costs, which increase depending on the colors and sizes, for this reason they have begun to investigate materials that can be used for this process, but whose cost is lower. With the growing initiatives to promote the materials industry towards degradable materials, it is not only sought that the materials used in additive manufacturing have good properties, but also that they are degradable at the end of their use. For this reason, it is intended to generate a polymer composed of RLDPE/PLA (15%, 30% and 50%) by extrusion, which will be evaluated for its physical and chemical properties using different tests, where its resistance will be estimated when it is subjected to a strength, as well as its hardness, bending and microstructure. Finally, the material will be used in 3D printing to corroborate its use in this process.

Key word: Printing, PLA, LDPE, Manufacturing, prototyping.

Introducción

El principal problema de acumulación de material termoplástico es causado por los bajos niveles de degradabilidad de estos, generando sólidos altamente contaminantes que en su mayor parte terminan en los ecosistemas, alterando así, los procesos intrínsecos de las plantas y animales. “Aproximadamente un 40% de los plásticos producidos son destinados a utilizarse para envases” (Rodríguez et al., 2015). Recientemente, el Senado de Colombia aprobó el proyecto de ley 274 del 2020, en donde se pretende prohibir la fabricación, importación, exportación, comercialización y distribución de plásticos de un solo uso. Por tal motivo se hace necesario buscar maneras de emplear los materiales de tipo polimérico fabricados y desechados, pero enfocándolos en las nuevas tecnologías emergentes como lo son la manufactura aditiva.

La manufactura aditiva a lo largo del tiempo ha evolucionado, haciéndose mucho más grande e implementando diferentes tipos de técnicas como por ejemplo el SLA (estereolitografía), que consiste en “utilizar una pasta altamente viscosa como base material, así como láser UV, para polimerizar selectivamente los contornos y sombrear las áreas dentro de la plataforma de construcción” (Smirnov et al., 2022); FDM (Modelado por deposición fundida), “se basa en la deposición de material fundido. Capa por capa, el dispositivo aplica un polímero termoplástico calentado, que se enfría y se endurece” (Grygier et al., 2022); SLS (sinterizado selectivo por láser), “se clasifica en la categoría de fusión de lecho de polvo según la ASTM, implica la construcción de objetos mediante el estrechamiento de partículas de polvo utilizando la energía proporcionada por un láser” (Gueche et al, 2021), siendo estas las más reconocidas y empleadas a nivel mundial.

Este artículo está dirigido hacia la técnica de FDM en donde se utilizan materiales como el Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS), Ácido Poliláctico (PLA), Poliéster de Glicol (PETG) en su mayoría de veces. Estos materiales presentan altos costos y en algunos casos contaminan tanto al momento de crear piezas, como al desechar las mismas.

Teniendo en cuenta lo anterior, se han realizado diferentes investigaciones y se ha comprobado la unión de compuestos poliméricos, como de polibutirato-adipato-tereftalato (PBAT) en forma de gránulos, para impresión por extrusión junto con partículas de harina de madera, pero debido a que se vuelve tan pesado para extruir y genera coagulaciones en la boquilla, se decidió agregar un compuesto de PLA y fibras celulósicas para que el PBAT suavice la matriz del PLA mientras que las fibras celulósicas ayudan a desarrollar la naturaleza tixotrópica del extruido, demostrando así que es posible la unión de materiales poliméricos con fibras naturales e incluso hacerlo degradable (Singamneni et al., 2021).

El objetivo de este proyecto es generar un compuesto entre polietileno de baja densidad reciclado (PEBDR) junto con PLA en diferentes proporciones, para utilizar material que ya ha llegado al final de su vida útil y acelerando su proceso de degradación, lo que le permite ser utilizado en la manufactura aditiva en una impresora 3D a base de pellets, minimizando costos en cuanto a filamentos que ya no se implementarán, puesto que se manejarán solo pellets y no se generarán desperdicios con vida tan longeva.

Metodología

Materiales

En esta investigación se empleó como materias primas para la fabricación del polímero compuesto polietileno de baja densidad reciclado que fue obtenido de productos termoplásticos como lo son las tapas de refrescos o bebidas y ácido poliláctico (PLA) marca Nature Works, en diferentes porcentajes 85/15, 70/30 y 50/50 respectivamente. Adicionalmente, se empleó polietileno de baja densidad marca Ecopetrol para extrusión con el fin de realizar una comparativa en las propiedades.

Equipos

Se emplearon para la obtención del polietileno de baja densidad un molino granulador SHINI serie 2GL14070021 modelo SG1621N con potencia de 1500W y frecuencia de 60 Hz. Para la fabricación del polímero compuesto se empleó una mezcladora industrial SHINI referencia SSM-U, una unidad de extrusión de doble tornillo serie 14198 y referencia PTL-30-30 con peletizadora y una prototipadora 3D de FDM alimentada por pellets Tumaker NX Pro-Pellets.

En cuanto a los ensayos mecánicos se realizaron empleando una máquina universal de ensayos para polímeros BESMAK que tiene una celda de cinco toneladas y un durómetro con indentador de escala Shore D, así como un microscopio de barrido electrónico marca PHENOM XL.

Alistamiento de materias primas

Debido a que el objetivo de esta investigación es la reutilización de materiales reciclados, el primer paso fue la recolección de PEBDR, los cuales fueron separados por colores, para posteriormente ser lavados y secados.

Con el material termoplástico limpio se procede a triturarlo con el fin de obtener una granza de aproximadamente 5 mm como el que se ilustra en la figura 1.



Figura 1. Granza de polietileno de baja densidad reciclado. Archivo personal

Posteriormente se realiza el pesaje de las materias primas en donde se debe tener en cuenta las proporciones de PEBDR y PLA mencionadas en el numeral 1.1, para generar así 500 g de cada una de las mezclas. Finalmente, ambos materiales se llevaron a la siguiente etapa, la cual se llevó a cabo en una mezcladora industrial para obtener una mezcla más homogénea entre ambos polímeros.

Proceso de extrusión

En este proceso se utiliza la mezcla obtenida con anterioridad y se introduce en la tolva de alimentación de la extrusora de doble tornillo, la cual tiene cinco zonas de calentamiento por resistencias a diferentes temperaturas, para llevar el material hasta su temperatura de transformación, que a su vez va siendo arrastrada por los tornillos hasta la boquilla para ser expulsado en forma de filamento viscoelástico como se observa en la figura 2.

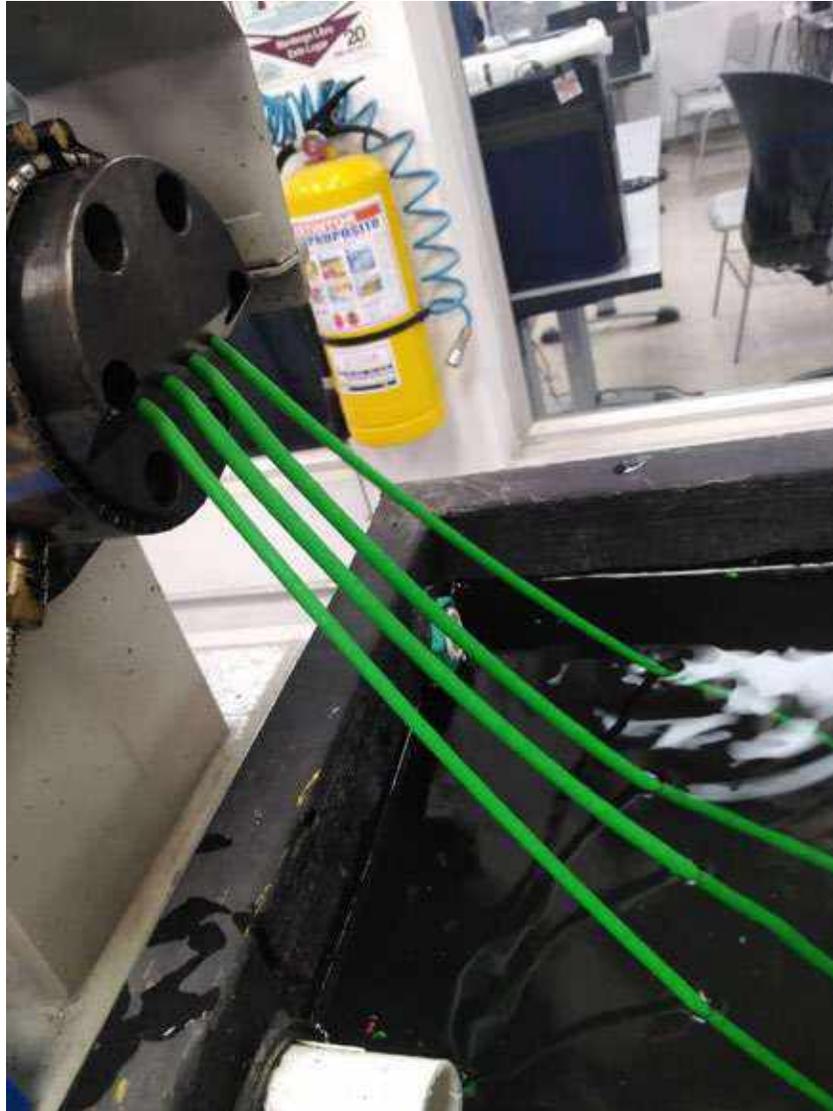


Figura 2. Filamento extruido de PEBDR y PLA. Archivo personal

Seguido a esto se pasa por agua que está a una temperatura de 11°C para realizar el enfriamiento del material y posteriormente generar el peletizado, donde el filamento entra por un par de rodillos que lo arrastran, luego ingresa a las cuchillas giratorias que cortan el material dejándolo en forma de pequeños cilindros de 5cm x 5cm x 5cm aproximadamente.

Temperatura (°C)	Zona 1: 50 Zona 2: 80 Zona 3: 130 Zona 4: 150 Zona 5: 160
Frecuencia de Tornillo (Hz)	39
Frecuencia del halador (Hz)	55

Tabla 1. Parámetros de transformación por extrusión de las mezclas de PLA/PEBDR. Elaboración personal

Modelado 3D

Para poder realizar las pruebas necesarias de ensayos los cuales son de dureza, flexión, tensión y SEM (Microscopía Electrónica de Barrido); se debe de crear un modelo 3D en software de computadora para luego ser impreso por una prototipadora 3D, en esta investigación se utilizó el programa Rhino 7 de Rhinoceros, para crear las probetas siguiendo las medidas de las normas internacionales ASTM D638 y D709, dichas probetas se pueden observar en la figura 3.

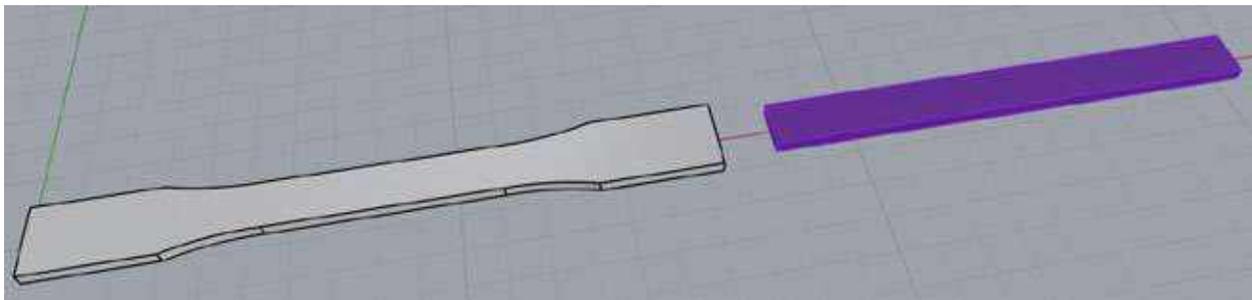


Figura 3. Modelo 3D en Rhino 7 de Probetas. Archivo personal.

Impresión 3D

Ya teniendo el modelo en 3D de las probetas, estas son enviadas al software de impresión de la máquina (SIMPLIFY 3D), con la cual se imprimirá, allí se utiliza el modelo ya creado en 3D y se prepara para imprimir, con todos los parámetros configurados, se envía la información en forma de coordenadas a la impresora y se procede a imprimir automáticamente.

Pruebas mecánicas

Para pruebas de tensión y flexión se utiliza una máquina de ensayos universal BESMAK. Cuando se trata de prueba de tensión, esta se utiliza con dos mordazas que sujetan la probeta de sus extremos y la estiran hasta llegar a su punto de rotura, esta tiene que estar en la zona central de la misma y los resultados son mostrados por una curva de tensión en la cual arroja cuál fue la fuerza máxima en MPa que soporta el material.

Al momento de hacer las pruebas de flexión, las mordazas son cambiadas por dos soportes cilíndricos y un tercero es el que flexiona la probeta y genera una presión hasta su ruptura. En el caso de la prueba de dureza se utiliza un durómetro con indentador de escala Shore D, el cual baja hasta penetrar la probeta, generando una huella y arroja un valor que entre más alta presenta una mayor dureza haciendo que el material sea más frágil y quebradizo, por el contrario, si es un valor pequeño, este más flexible es.

Para pruebas SEM, se utiliza un microscopio electrónico de barrido, en donde los electrones acelerados viajan por un cañón, que excitan la muestra haciendo que desprenda electrones que serán captados por unos sensores que lo transforman en imagen para ser vista por pantalla siendo este en escala micrométrica y se puede observar de 100 a 80 micrómetros.

Resultados y discusión

Dado que esta investigación se encuentra en curso por el momento solo se cuentan con resultados preliminares de algunas de las etapas investigativas, los cuales se exponen a continuación:

Proceso de extrusión

Como resultados del proceso de extrusión se logró obtener pellets de 5cm x 5cm de diámetro aproximadamente, se observó que a mayor porcentaje de PLA se evidencia poco acoplamiento con la matriz de PEBD, debido a que el material presenta delaminación, sin embargo, no se presentaron problemas de taponamiento en las boquillas al realizar su transformación (ver figura 4), pos-

teriormente se pretende emplear este material para elaborar el prototipo de las probetas que fueron diseñadas por computadora.



Figura 4. Peletizado de PEBD y PLA. Archivo personal.

Es posible que la delaminación también sea provocada por los aditivos para la coloración que presentan los materiales reciclados como es el caso de esta investigación lo cual genera que no sean compatibles con el PLA, sin embargo, se requiere de más estudios para la comprobación de este comportamiento.

Prototipado de probetas

En el proceso de prototipado se generaron modelos 3D de las probetas y se realizó una primera impresión con ABS con el fin de corroborar la calidad y parámetros de impresión, esto se realizó en una impresora 3D DaVince 1.0 pro, para posteriormente emplear el material fabricado por extrusión.



Figura 5. Probetas en ABS impresas en 3D. Archivo personal.

Después de tener las probetas impresas como se observa en la figura 5 se pudo evidenciar que las tolerancias empleadas permitieron que las probetas tuvieran las medidas indicadas por las normas ASTM D638 y D709, además, de no presentar problemas en su impresión lo que hace que se tenga un buen punto de partida para cuando se emplee el material por esta técnica para la fabricación de este tipo de piezas.

Pruebas mecánicas

Finalmente, cuando se obtengan las probetas se evaluarán sus propiedades obteniendo así la caracterización del material.

- Ensayo de tensión

En este apartado se evidenciará el esfuerzo máximo al que puede llegar este material compuesto.

- Ensayo de flexión

Con esta prueba se evidenciará el punto máximo de rotura al momento de flexionar o en dado caso, que no se rompa, dándose a saber que dicho material es flexible.

- Prueba de dureza

Con respecto a esta prueba se obtendrá que dureza tiene este material con exactitud, en dado caso que sea más blando, resultará siendo un material más flexible, de lo contrario a esto, será un material frágil y quebradizo.

- Prueba de SEM

Aquí se corroborará si los materiales a nivel de su infraestructura se homogeneizaron, se mantienen separados o persisten fallos.

Conclusión

El material obtenido con PLA/PEBDR puede ser fabricado y empleado por proceso de extrusión siendo este una alternativa de materia prima que podrá ser implementada bajo la técnica de manufactura aditiva por FDM, sin embargo, se recomienda buscar un compatibilizante para el PLA y el PEBDR, con el fin de evitar la delaminación. Adicionalmente, según los estudios realizados se ha demostrado que al agregar refuerzos naturales como por ejemplo almidones y fibras al PEBDR (Sandoval et al, 2021) este presenta mejora en sus propiedades mecánicas, lo que nos permite tener la certeza de que al adicionar el PLA al PEBDR es posible que presenten buenas propiedades.

Referencias

Grygier, D., Kujawa, M. y Kowalewski, P. (2022). Deposición de polímeros bio-compatibles por impresión 3D (FDM) sobre aleación de titanio. *Polímeros*, 14(2), 235. <https://doi.org/10.3390/polym14020235>

Rodriguez, P., Arévalo, M., Calderón, J. y Lozano, P. (2021). Evaluación de Propiedades Mecánicas y Degradación de un Polímero Sintético y Biodegradable 15% almidón papa. *Revista REITUM*, 2, pp. 17-23.

Rodríguez, P, Muñoz, E y Gómez, Y. (2015). *Obtención y caracterización de un biodegradable a partir de almidón de papa y polietileno de baja por inyección*. I Simposio de materiales poliméricos. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Cali.

Smirnov, A., Chugunov, S., Kholodkova, A., Isachenkov, M., Tikhonov, A., Dubinin, O., y

Shishkovsky, I. (2022). The fabrication and characterization of BaTiO₃ piezoceramics using SLA 3D printing at 465 nm wavelength. *Materials*, 15(3), 960. <https://doi.org/10.3390/ma15030960>

Singamneni, S., Behera, M. P., Truong, D., Le Guen, M.J., Macrae, E., y Pickering, K. (2021). Direct extrusion 3D printing for a softer PLA-based bio-polymer composite in pellet form. *J. Mater. Res. Technol.*, 15, pp. 936-949. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785421008693>