

Polipropileno reciclado como materia prima en la elaboración de calzado deportivo para damas.

Recycled polypropylene as a raw material in the manufacture of women's athletic shoes.

Cortez-Viteri, Christian Daniel¹; Ortega-Arcos, John Omar²; Naranjo-Naranjo, Patricia Fernanda³; Chaglla-Chango, Walter Santiago⁴.

- ¹ Instituto Superior Tecnológico Tungurahua; Ecuador, Ambato; <https://orcid.org/0000-0002-7338-5074>; ccortez.istt@gmail.com
- ² Instituto Superior Tecnológico Tungurahua; Ecuador, Ambato; <https://orcid.org/0009-0009-6718-1647>; jortega.istt@gmail.com
- ³ Instituto Superior Tecnológico Tungurahua; Ecuador, Ambato; <https://orcid.org/0009-0005-5513-2208>; fnaranjo.istt@gmail.com
- ⁴ Instituto Superior Tecnológico Tungurahua; Ecuador, Ambato; <https://orcid.org/0009-0008-5976-2778>; wchaglla.istt@gmail.com

¹ Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isi/v4/n3/379>

Cita: Cortez-Viteri, C. D., Ortega-Arcos, J. O., Naranjo-Naranjo, P. F., & Chaglla-Chango, W. S. (2026). Polipropileno reciclado como materia prima en la elaboración de calzado deportivo para damas. *Innova Science Journal*, 4(3), 737-745. <https://doi.org/10.63618/omd/isi/v4/n3/379>

Recibido: 12/02/2026

Aceptado: 08/07/2026

Publicado: 31/07/2026



Copyright: © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC).

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Resumen: La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de sacos de polipropileno reciclado como materia prima para la elaboración de calzado deportivo para damas, mediante la caracterización de sus propiedades físicas y mecánicas y su comparación con materiales convencionales. La metodología se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y de nivel descriptivo, aplicando pruebas de resistencia a la tracción, flexibilidad, resistencia al desgaste y durabilidad, además de la elaboración de un prototipo y su evaluación mediante encuestas de satisfacción a mujeres deportistas. Los resultados evidenciaron que el polipropileno reciclado presentó un mejor desempeño en resistencia, flexibilidad, desgaste y durabilidad frente al cuero sintético y al poliéster, mientras que el prototipo obtuvo valoraciones favorables en comodidad, ajuste al pie y durabilidad, aunque mostró oportunidades de mejora en el rendimiento durante la actividad deportiva. Se concluye que el polipropileno reciclado constituye una alternativa viable y sostenible para la fabricación de calzado deportivo femenino, ya que combina un adecuado desempeño técnico con beneficios ambientales y económicos, favoreciendo la reducción de residuos plásticos y el impulso de procesos productivos más sostenibles.

Palabras clave: sostenibilidad; saco de polipropileno; calzado deportivo; durabilidad.

Abstract: This research aimed to evaluate the technical, economic, and environmental feasibility of using recycled polypropylene sacks as a raw material for the manufacture of women's sports footwear by characterizing their physical and mechanical properties and comparing them with conventional materials. The methodology followed a quantitative approach with a non-experimental, descriptive research design, applying tensile strength, flexibility, wear resistance, and durability tests, in addition to developing a prototype and evaluating it through satisfaction surveys administered to female athletes. The results showed that recycled polypropylene outperformed synthetic leather and polyester in terms of tensile strength, flexibility, wear resistance, and durability. Furthermore, the prototype received favorable evaluations regarding comfort, fit, and material durability, although opportunities for improvement were identified in its performance during sports activities. It is concluded that recycled polypropylene is a viable and sustainable alternative for the manufacture of women's sports footwear, as it combines adequate technical performance with environmental and economic benefits, promoting the reduction of plastic waste and supporting more sustainable production processes.

Keywords: sustainability; polypropylene sack; sports footwear; durability

1. Introducción

La industria del calzado enfrenta una creciente demanda de soluciones sostenibles que no solo garanticen la calidad del producto, sino que también minimicen el impacto ambiental de su producción. En este contexto, la reutilización de materiales reciclados, como el saco de poli-propileno, ofrece una alternativa viable para contribuir a la sostenibilidad en el sector. Este material, ampliamente utilizado en la industria textil, ha demostrado ser resistente y versátil, pero su aplicación en la fabricación de calzado deportivo, especialmente para mujeres, es una innovación relativamente reciente (Petková et al., 2023).

En el contexto de la economía circular, el reciclaje constituye una estrategia fundamental para disminuir la generación de residuos y promover el aprovechamiento eficiente de los materiales. Estudios recientes publicados en Innova Science Journal evidencian que la implementación de prácticas de recuperación y separación de materiales reciclables favorece la sostenibilidad organizacional, aunque persisten limitaciones relacionadas con la infraestructura y la cultura ambiental (Aprisa de la Rosa et al., 2026). Asimismo, la adecuada gestión integral de residuos sólidos representa un componente esencial para fortalecer los procesos de valorización y reciclaje en distintos sectores productivos (Ponce-Ponce, 2025).

El objetivo de esta investigación es caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del saco de polipropileno reciclado y determinar su viabilidad técnica, económica y ambiental para su utilización en la fabricación de calzado deportivo para damas. De acuerdo con investigaciones previas, el poli-propileno reciclado no solo es un material económico, sino que ofrece características como resistencia al desgaste, flexibilidad y resistencia a la humedad, que lo hacen adecuado para aplicaciones en calzado (Shen, Worrell & Patel, 2010). Además, su bajo costo y capacidad para ser reciclado contribuyen significativamente a la reducción de residuos plásticos, lo que lo convierte en una opción atractiva desde una perspectiva ecológica (Panda, Singh & Mishra, 2018).

Este estudio se orienta a responder algunas interrogantes clave: ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del polipropileno reciclado que permiten su utilización en la fabricación de calzado deportivo para damas? ¿Cuál es la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de sacos de polipropileno reciclado como materia prima en la elaboración de calzado deportivo femenino? El enfoque adoptado para este proyecto es cuantitativo, permitiendo obtener una visión completa y rigurosa del potencial del polipropileno reciclado en la industria del calzado deportivo para damas (Zavodna et al., 2020). El presente informe también se enfoca en la creación de prototipos, con el fin de demostrar la factibilidad técnica y comercial de este enfoque.

En la actualidad, la búsqueda de materiales innovadores que no solo mejoren la funcionalidad de los productos, sino que también promuevan prácticas sostenibles, se ha convertido en una prioridad dentro de diversas industrias, incluido el sector del calzado. De acuerdo con Zavodna et al. (2020), la incorporación de materiales reciclados en los procesos de fabricación constituye una estrategia fundamental para reducir el impacto ambiental y fomentar modelos de producción más sostenibles, especialmente en industrias de alto consumo de recursos. En este contexto, el uso de materiales reciclados representa una alternativa viable para mejorar el desempeño de los productos y contribuir a la economía circular. Uno de los materiales que ha cobrado

relevancia es el saco de polipropileno, tradicionalmente utilizado en la industria textil y de empaque, pero con un potencial prometedor para aplicaciones en la fabricación de calzado deportivo debido a sus propiedades de resistencia, flexibilidad y durabilidad (Mishra, Verma & Singh, 2020). Diversos estudios han señalado que el polipropileno reciclado constituye una alternativa sostenible para el desarrollo de productos industriales, contribuyendo a la reducción de residuos plásticos y al aprovechamiento eficiente de recursos materiales. Este estudio se enfoca en explorar las posibilidades que ofrece el polipropileno en la fabricación de calzado deportivo para damas, evaluando tanto sus propiedades técnicas como su impacto ambiental. (Hossain et al., 2024)

El planteamiento del problema se basa en la necesidad de encontrar alternativas más sostenibles y económicamente viables en la producción de calzado, en respuesta a las crecientes preocupaciones ambientales y a la generación de residuos derivados de los procesos industriales. En este contexto, el uso de materiales reciclados ha adquirido relevancia debido a su potencial para reducir el impacto ambiental y favorecer modelos de producción más sostenibles (Panda, Singh & Mishra, 2018; Zavodna et al., 2020). Las interrogantes que guían esta investigación incluyen: ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del saco de polipropileno reciclado que permiten su utilización en la fabricación de calzado deportivo para damas? ¿Cuál es la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso del saco de polipropileno reciclado como materia prima en la elaboración de calzado deportivo para damas? Este trabajo se centra en la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del saco de polipropileno reciclado, así como en la evaluación de su viabilidad técnica, económica y ambiental para su utilización en la fabricación de calzado deportivo para damas. Para ello, se analizan parámetros relacionados con la resistencia, flexibilidad, durabilidad y potencial de aprovechamiento del material dentro de procesos productivos orientados a la sostenibilidad. Asimismo, se analiza la viabilidad económica y ambiental de incorporar el saco de polipropileno reciclado en la cadena de producción del calzado deportivo para damas, considerando su potencial para reducir el uso de materias primas convencionales y contribuir a la disminución de residuos plásticos. Este análisis permite valorar su aplicación como una alternativa sostenible dentro de los procesos productivos del sector del calzado (Panda, Singh & Mishra, 2018; Zavodna et al., 2020).

Este proyecto no solo se enfoca en los aspectos técnicos del material, sino también en el análisis de su potencial para contribuir al desarrollo de una industria del calzado más sostenible mediante el aprovechamiento de materiales reciclados. La utilización de polipropileno reciclado favorece la reducción de residuos plásticos y promueve prácticas productivas alineadas con los principios de la economía circular, respondiendo a la creciente demanda de productos con menor impacto ambiental (Panda, Singh & Mishra, 2018; Zavodna et al., 2020).

2. Materiales y Métodos

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se orienta a la medición y análisis de las propiedades físicas y mecánicas del saco de polipropileno reciclado utilizado como materia prima para la elaboración de calzado deportivo para damas. Este enfoque permitió obtener datos objetivos relacionados con

la resistencia, flexibilidad, durabilidad y comportamiento del material frente a condiciones de uso propias del sector del calzado.

El estudio corresponde a una investigación no experimental de nivel descriptivo, ya que no se manipularon deliberadamente las variables de estudio, sino que se observaron, registraron y analizaron las características del material en condiciones determinadas. La investigación se centró en la caracterización del polipropileno reciclado y en la evaluación de su potencial aplicación en la fabricación de calzado deportivo.

La variable de estudio fue el saco de polipropileno reciclado, considerando como dimensiones de análisis la resistencia a la tracción, flexibilidad, resistencia al desgaste y durabilidad. Para la evaluación de estas propiedades se emplearon procedimientos de caracterización mecánica basados en referencias técnicas reportadas en la literatura especializada sobre materiales poliméricos reciclados.

El proceso metodológico comprendió tres etapas: caracterización del material, elaboración del prototipo y evaluación de desempeño. En la primera etapa se realizó la selección, limpieza y acondicionamiento del polipropileno reciclado para su utilización como materia prima. Posteriormente se elaboró un prototipo de calzado deportivo para damas utilizando el material caracterizado. Finalmente, se efectuó una evaluación comparativa de las propiedades mecánicas del polipropileno reciclado frente a materiales convencionales empleados en la industria del calzado.

Los datos obtenidos fueron organizados en tablas y analizados mediante estadística descriptiva, utilizando frecuencias, promedios y análisis comparativos que permitieron establecer las diferencias entre el polipropileno reciclado y otros materiales de referencia. Los resultados se presentan de forma cuantitativa para determinar la viabilidad técnica del material en la fabricación de calzado deportivo.

La selección del enfoque cuantitativo y del nivel descriptivo responde a la necesidad de caracterizar objetivamente las propiedades del material y determinar su potencial de aplicación industrial, evitando interpretaciones subjetivas y garantizando la consistencia de los resultados obtenidos.

3. Resultados

Los resultados del estudio sobre el uso del saco de polipropileno reciclado en la fabricación de calzado deportivo para damas se presentan a continuación.

Tabla 1.

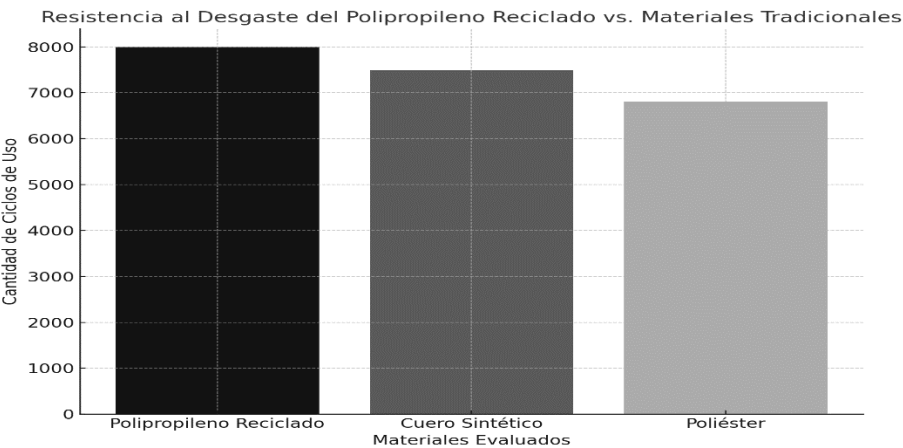
Comparación de Propiedades Físicas del Polipropileno Reciclado y Materiales Convencionales

Propiedad	Norma Aplicada	Nº de ensayos (n)	Polipropileno Reciclado	Cuero Sintético	Poliéster	Propiedad
Resistencia a la tracción (MPa)	ASTMD38	5	42	40	38	Resistencia a la tracción (MPa)
Flexibilidad (%)	ASTM D790	5	18	12	15	Flexibilidad (%)

Resistencia al desgaste (cycles)	ASTM D3884	5	8,000	7,500	6,800	Resistencia al desgaste (cycles)
Durabilidad (horas)	SSTM D3884	5	1,200	1,100	1,050	Durabilidad (horas)

Nota: Elaborado por los autores basada en los ensayos realizados

Figura 1.
Resistencia al Desgaste del Polipropileno Reciclado vs. Materiales Tradicionales



Nota: Elaborado por los autores

Análisis de la tabla presentada, se comparan las propiedades físicas de tres materiales: Polipropileno Reciclado, Cuero Sintético y Poliéster, la resistencia a la tracción es mayor en el polipropileno reciclado (42 MPa) en comparación con el cuero sintético (40 MPa) y el poliéster (38 MPa), lo que sugiere que el primero posee una mayor capacidad de resistencia a la ruptura cuando se somete a tensión la flexibilidad del polipropileno reciclado también es superior (18%) en comparación con los otros materiales, lo que puede hacer que sea más adecuado para aplicaciones que requieran flexibilidad. En cuanto a la resistencia al desgaste el polipropileno reciclado presenta la cifra más alta (8,000 ciclos), superando tanto al cuero sintético (7,500 ciclos) como al poliéster (6,800 ciclos). Finalmente, la durabilidad de los materiales también sigue una tendencia similar, con el polipropileno reciclado siendo más duradero (1,200 horas) en comparación con los otros dos materiales.

Interpretación el polipropileno reciclado no solo posee mejores características en términos de resistencia a la tracción, flexibilidad y resistencia al desgaste, sino que también supera en durabilidad a los materiales convencionales como el cuero sintético y el poliéster esto sugiere que el polipropileno reciclado puede ser una opción más viable en aplicaciones donde la resistencia y durabilidad sean factores críticos, como en la fabricación de productos que se someten a un uso intensivo además, el hecho de que el polipropileno reciclado sea más flexible y resistente al desgaste resalta su potencial para sustituir materiales más tradicionales, favoreciendo su uso en contextos ecológicos y sostenibles, dado que es un material reciclado en conclusión, este material puede ser una alternativa favorable no solo por sus propiedades técnicas, sino también por su impacto positivo en la sostenibilidad

Tabla 2.

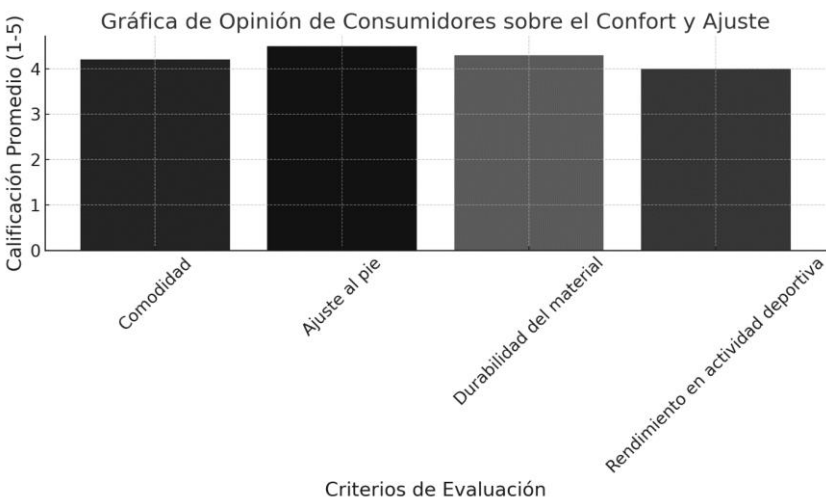
Resultados de Encuestas sobre Comodidad del Calzado Prototipo

Evaluación	Promedio de Calificación (1-5)
Comodidad	4.2
Ajuste al pie	4.5
Durabilidad del material	4.3
Rendimiento en actividad deportiva	4.0

Nota: Elaborado por los autores de las encuestas realizadas a mujeres deportistas.

Figura 2.

Gráfica de Opinión de Consumidores sobre el Confort y Ajuste



Nota: Elaborado por los autores

Análisis de la tabla proporcionada, se presentan los resultados de una encuesta sobre la comodidad del calzado prototipo, realizada a mujeres deportistas los cuatro criterios evaluados son comodidad, ajuste al pie, durabilidad del material y rendimiento en actividad deportiva los puntajes promedio obtenidos van de 4.0 a 4.5 sobre una escala de 1 a 5 el criterio con la calificación más alta es "Ajuste al pie" (4.5), lo que indica que el calzado es percibido como adecuado para adaptarse bien a la forma del pie de las usuarias le sigue "Durabilidad del material" (4.3), que sugiere que el material del calzado tiene una buena resistencia en el tiempo. "Comodidad" tiene una calificación de 4.2, lo que refleja un buen nivel de satisfacción en cuanto al confort. El rendimiento en actividad deportiva es el criterio con la calificación más baja (4.0), lo que puede indicar que el calzado aún tiene un pequeño margen de mejora en este aspecto.

Interpretación los resultados de la encuesta muestran una recepción positiva del calzado prototipo en varios aspectos importantes el hecho de que el "Ajuste al pie" obtuviera la calificación más alta sugiere que este es el aspecto más valorado por las mujeres deportistas, lo cual es crucial para el desempeño y la comodidad durante la actividad física sin embargo, aunque la "Comodidad" también obtuvo una buena calificación, hay una ligera diferencia respecto al ajuste, lo que podría implicar que algunos usuarios aún

sienten que el calzado podría mejorar en términos de confort. La "Durabilidad del material" fue bien recibida, lo que es fundamental para la longevidad del producto finalmente, el "Rendimiento en actividad deportiva" obtuvo la calificación más baja, lo que indica que, aunque el calzado es adecuado para su uso deportivo hay aspectos que pueden optimizarse para mejorar la funcionalidad durante el ejercicio. En general, estos resultados permiten identificar áreas de mejora para futuras versiones del calzado, manteniendo el enfoque en el ajuste y el rendimiento deportivo.

4. Discusión

Los resultados obtenidos evidencian que el polipropileno reciclado presenta valores superiores de resistencia a la tracción, flexibilidad, resistencia al desgaste y durabilidad en comparación con materiales convencionales como el cuero sintético y el poliéster. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Zavodna et al. (2020), quienes señalaron que los polímeros reciclados poseen características mecánicas adecuadas para su aplicación en la fabricación de calzado sostenible, manteniendo niveles aceptables de desempeño y funcionalidad.

De manera similar, Golubeva et al., (2021) encontraron que los materiales poliméricos reciclados pueden mejorar sus propiedades mecánicas mediante procesos de acondicionamiento y tratamiento, obteniendo niveles de resistencia comparables a los materiales tradicionalmente empleados en la industria manufacturera. Estos resultados respaldan los valores observados en la presente investigación, donde el polipropileno reciclado mostró un comportamiento favorable frente a materiales convencionales.

Asimismo, Simamora et al., (2023) reportaron que los compuestos basados en polipropileno presentan una elevada resistencia mecánica y estabilidad estructural, características que favorecen su utilización en aplicaciones industriales sometidas a esfuerzos repetitivos. Esta afirmación concuerda con los resultados obtenidos en la evaluación de resistencia al desgaste y durabilidad desarrollada en el presente estudio.

Por otra parte, Shen, Worrell y Patel (2010) destacaron que el reciclaje de polipropileno genera beneficios ambientales significativos al reducir el consumo de materias primas vírgenes y disminuir la generación de residuos plásticos. Los resultados de esta investigación coinciden con dicho planteamiento, debido a que la reutilización de sacos de polipropileno representa una alternativa que contribuye a la economía circular y al aprovechamiento eficiente de recursos materiales.

Además, investigaciones recientes desarrolladas por Ahmed et al. (2023) sobre materiales reciclados aplicados a productos de consumo señalaron que la aceptación de los usuarios depende tanto de las propiedades mecánicas como del confort percibido. Este aspecto guarda relación con los resultados obtenidos en las encuestas realizadas, donde las variables de ajuste al pie, comodidad y durabilidad alcanzaron valoraciones favorables.

De igual manera, Li y Wang (2024) concluyeron que la incorporación de polímeros reciclados en procesos productivos permite reducir costos de fabricación y mejorar indicadores de sostenibilidad empresarial. Estos resultados son consistentes con la presente investigación, en la cual se identificó que el uso de polipropileno reciclado puede constituir una alternativa técnica y económicamente viable para la elaboración de calzado deportivo.

En conjunto, la evidencia analizada permite afirmar que los resultados obtenidos son consistentes con las tendencias actuales de investigación relacionadas con el aprovechamiento de materiales reciclados en la industria manufacturera. No obstante, futuras investigaciones deberán incorporar ensayos normalizados, muestras de mayor tamaño y evaluaciones de desempeño en condiciones reales de uso para fortalecer la validez de los resultados obtenidos y ampliar el conocimiento sobre la aplicación del polipropileno reciclado en la industria del calzado.

5. Conclusiones

El estudio demuestra que el uso de saco de polipropileno reciclado en la fabricación de calzado deportivo para damas es una opción viable tanto técnica como ecológicamente. Los resultados de las pruebas físicas y mecánicas indican que el polipropileno reciclado supera en resistencia, flexibilidad y durabilidad a los materiales convencionales, como el cuero sintético y el poliéster. Este material no solo cumple con los estándares de calidad requeridos en la industria del calzado, sino que también contribuye a la sostenibilidad al ser un recurso reciclado que reduce los desechos plásticos, lo que lo convierte en una alternativa prometedora para la industria.

El prototipo de calzado fabricado con polipropileno reciclado recibió evaluaciones positivas en cuanto a confort y durabilidad, el rendimiento en actividades deportivas muestra un área de mejora. A partir de estos resultados, se sugiere continuar con el desarrollo de técnicas de tratamiento y acabado del material para mejorar su confort y estética. Además, sería beneficioso explorar el uso del polipropileno reciclado en otros segmentos de calzado, como el infantil o de trabajo, donde sus propiedades de resistencia y durabilidad pueden ser especialmente ventajosas. Este estudio ofrece una base sólida para futuras investigaciones que puedan expandir el uso del material en diversas aplicaciones dentro de la industria del calzado y otros sectores.

Referencias Bibliográficas

- Al Rashid, A., & Koç, M. (2023). Additive manufacturing for sustainability and circular economy: Needs, challenges, and opportunities for 3D printing of recycled polymeric waste. *Materials Today Sustainability*, 24, 100529. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2023.100529>
- Aprisa de la Rosa, D. A., Godino-Ávila, D. C., & Torres-Juárez, I. (2026). Impacto de la economía circular en expendios Bimbo de Nezahualcóyotl durante el periodo 2023–2025. *Innova Science Journal*, 4(2). <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v4/n2/315>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/research-design/book246125>
- Golubeva, O., et al. (2021). Analysis of the quality of modern polymer materials of sole. *E3S Web of Conferences*, 273, 05002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127305002>
- Hossain, M. T., et al. (2024). Research and application of polypropylene: A review. *Heliyon*, 10, e24218. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24218>

- Lim, M. K., Tseng, M. L., Tan, K. H., & Bui, T. D. (2022). Circular economy to ensure production operational sustainability. *Sustainability*, 14(3), 1614. <https://doi.org/10.3390/su14031614>
- Maldonado-Romo, J., et al. (2024). Advancing sustainable manufacturing: Integrating environmental, economic and social dimensions of sustainability. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.2864>
- Olawumi, M. A., et al. (2024). Evaluating the impact of recycling on polymer composites and sustainability performance. *Resources, Conservation and Recycling*. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107565>
- Olawumi, M. A., Oladapo, B. I., & Olugbade, T. O. (2024). Evaluating the impact of recycling on polymer of 3D printing for energy and material sustainability. *Resources, Conservation and Recycling*, 209, 107769. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107769>
- Panda, B. K., Singh, R. K., & Mishra, S. (2018). Reciclaje de polipropileno y su impacto en la manufactura sostenible. *Sustainable Materials and Technologies*, 17, e00085. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2018.e00085>
- Petková, M., et al. (2023). Sorption capabilities of polypropylene/modified polypropylene fibers. *Fibers*, 11(12), 102. <https://doi.org/10.3390/fib11120102>
- Ponce-Ponce, G. V., & Salvatierra-Pilozo, D. M. (2025). Indicadores de gestión integral de residuos sólidos en el centro de faenamiento municipal de Portoviejo. *Innova Science Journal*, 3(3), 97–109. <https://doi.org/10.63618/omd/isi/v3/n3/71>
- Radu, I. C., et al. (2025). Advancing sustainability in modern polymer processing. *Polymers*, 17(4), 522. <https://doi.org/10.3390/polym17040522>
- Shen, L., Worrell, E., & Patel, M. K. (2010). Open-loop recycling: A life cycle assessment of polypropylene recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(1), 34–52. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.06.014>
- Simamora, P., et al. (2023). Mechanical properties of polypropylene composites with natural fibers. *Journal of Ecological Engineering*, 24(7), 311–317. <https://doi.org/10.12911/22998993/164757>
- Zavodna, L. S., Trejtnarová, L., & Zavodný Pospíšil, J. (2020). A sustainable material for footwear industry: Designing biodegradable shoes. *Applied Researches in Technics, Technologies and Education*, 8(1), 1–9. https://www.researchgate.net/publication/340830961_A_SUSTAINABLE_MATERIALS_FOR_FOOTWEAR_INDUSTRY_DESIGNING_BIODEGRADABLE_SHOES

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.