

ARTÍCULO ORIGINAL

Matriz de polímeros reciclados industriales, propuesta de aplicación en la construcción: Portoviejo y Medellín
*Industrial recycled polymer matrix, proposed application in construction: Portoviejo and Medellín*Erika Romina Rivas-Cantos¹  , Paula Doménica Morejón¹  , Gina San Andrés-Zevallos¹  ¹Universidad San Gregorio de Portoviejo, Ecuador.**Citar como:** Rivas-Cantos, E.R., Morejón, P.D. & San Andrés-Zevallos, G. (2024). Matriz de polímeros reciclados industriales, propuesta de aplicación en la construcción: Portoviejo y Medellín. *Revista San Gregorio*, 1(60), 71-79. <http://dx.doi.org/10.36097/rsan.v1i60.2924>

Recibido: 19-03-2024

Aceptado: 29-10-2024

Publicado: 31-12-2024

RESUMEN

La presente investigación está orientada a la implementación de buenas prácticas ambientales aprovechando los desechos plásticos post-industriales como material alternativo de los sistemas constructivos no convencionales. Por ello se decide, desarrollar una matriz de polímeros reciclados para obtener placas que puedan ser aplicadas en la construcción de mamposterías, según los resultados de los esfuerzos a tracción y compresión, esta nueva propuesta de material compuesto se estudia en las ciudades de Portoviejo y Medellín. El proyecto está compuesto por tres fases, aplicando la investigación bibliográfica y experimental donde el polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad (PE) y el polipropileno (PP) son sometidos a temperaturas controladas para posteriormente lograr una matriz de compuestos que al enfriarse puede tener usos múltiples como: tabloncillos, bloques, tapas, señaléticas, sillas, entre otros. Como resultado comprobamos que la matriz de polímero termoplásticos industriales reciclados, funciona eficientemente con la dosificación 1:1:1 de polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad y polipropileno alcanzando deformaciones del 15%. Este material se propone como un panel de 50x10x7 cm. que, ensamblado una placa con otro tipo machihembrado, puede ser aplicado como mampostería para viviendas, recubrimiento de paredes o alivianar losas.

Palabras clave: Polímeros industriales reciclados; paneles; economía circular; resistencia mecánica de materiales.

ABSTRACT

This research is oriented towards the implementation of good environmental practices using post-industrial plastic waste as an alternative material for non-conventional construction systems. This is why it was decided to develop a matrix of recycled polymers to obtain plates that can be applied in the construction of masonry, according to the results of tensile and compressive stress, this new proposal of composite material is studied in the cities of Portoviejo and Medellín; The project consists of three phases, applying bibliographic and experimental research where low density polyethylene, high density polyethylene (PE) and polypropylene (PP) are subjected to controlled temperatures to subsequently achieve a matrix of composites that when cooled can have multiple uses such as: planks, blocks, caps, signage, chairs, among others. As a result, we found that the recycled industrial thermoplastic polymer matrix works efficiently with a 1:1:1 ratio of low density polyethylene, high density polyethylene and polypropylene, achieving deformations of 15%. This material is proposed as a 50x10x7 cm. panel which, assembled as a plate with another type of tongue and groove, can be applied as masonry for housing, wall cladding or slab relieving.

Keywords: Recycled industrial polymers; panels; circular economy; mechanical strength of materials.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción se destaca como uno de los principales contribuyentes en la contaminación ambiental. El consumo extensivo de energía y la emisión de niveles significativos de CO₂ son consecuencias bien documentadas de actividades de construcción (Acevedo *et al.*, 2012). Además, Wang *et al.* (2020) resaltan el impacto ambiental perjudicial asociado con ciertos materiales aplicados dentro de este sector.

Se subraya la marcada repercusión ambiental de los plásticos, desde su fase de extracción hasta su disposición final (Quiñones, 2021). Además, la investigación llevada a cabo por Zheng & Suh (2019) advierte que, de persistir estas tendencias, para el año 2050 se prevé la acumulación de hasta 12 millones de toneladas métricas de residuos plásticos exclusivamente en vertederos, con una consiguiente contribución estimada de 16 millones de toneladas métricas de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En su estudio, la Alianza Basura Cero-Ecuador (2022), señala a Ecuador, México y El Salvador como los países con mayor riesgo de contaminación por plástico, debido a su posición como principales importadores de este material en la región.

En el contexto de Ecuador, es alarmante observar que los ecuatorianos arrojan anualmente más de 531,461 toneladas de plástico (Morán, 2020). A pesar de que el país cuenta con una de las alianzas más antiguas destinadas a regular los plásticos de un solo uso, el Plan V (Morán, 2020) informa que en el 2018 los ecuatorianos generaron un promedio de 12,739.01 toneladas de residuos diarios. De este total, el plástico constituye un preocupante 11.43%, lo que equivale al peso anual de 531,461 toneladas, equiparable al peso de más de 350 mil vehículos medianos.

Según la Alianza Basura Cero-Ecuador (2022), entre el 2018 y 2022, el país importó aproximadamente 27.338 toneladas de estos materiales sólo desde Estados Unidos, constituyendo el 56% del total de importaciones. Asimismo, reportes de Ecuavisa (2022) mencionan que estos materiales de desechos están contribuyendo significativamente al cambio climático e incluso infiltrándose en nuestra cadena alimentaria.

En Colombia, las cifras son igualmente alarmantes. Datos de la Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública & Greenpeace Colombia (2019) revelan que en ese año se generaron un promedio de 10.3 millones de toneladas diarias de residuos sólidos. Durante ese mismo periodo, Colombia produjo más de 30,081 toneladas diarias de estos desechos. Además, se estima que dentro de un hogar colombiano promedio se generan alrededor de 4.3 kg de residuos sólidos al día.

Es por ello que, a nivel mundial, existen organizaciones que las consideran clave para el progreso generar nuevas estrategias duraderas frente a los desafíos socioeconómicos y ambientales, promoviendo un desarrollo compartido y sostenible (Naciones Unidas, 2023; Código Orgánico del Ambiente, 2017; Alianza Basura Cero-Ecuador, 2022).

Asimismo, se han establecido normativas en Ecuador en el Acuerdo Ministerial No. 61 sobre la Gestión Integral de los Residuos Sólidos (Ministerio del Ambiente, 2015), donde se reconoce la gestión integral de los residuos sólidos como una prioridad nacional en Quito, Ecuador. Por otro lado, en Colombia, se han implementado decretos y pactos con el objetivo de coordinar y ejecutar acciones a lo largo del ciclo de vida del plástico, enfocándose en la sustitución de materiales en la construcción (López & García, 2020).

Para lograr una economía circular de plásticos, lo más importante es manejar los residuos de forma que se puedan reciclar, no que se desintegren. Un producto reciclable implica que el material se mantiene en el ciclo de reutilización, permitiendo su transformación en nuevos productos con mayor valor y menor utilización de energía (Royte, 2019).

Estos residuos se pueden utilizar para construir viviendas en distintos países, en la elaboración de bloques o tejados, constituyendo una alternativa con propiedades sostenibles (Romero *et al.*, 2018), y logrando obtener certificados *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) (Dazne, 2013). El certificado LEED es un sistema de certificación para edificios sostenibles, desarrollado por el *U.S. Green Building Council* (2023), que evalúa la eficiencia energética, el uso de recursos y la calidad ambiental interior de los proyectos.

Los envases de tereftalato de polietileno (PET) también son aplicados bajo esta modalidad en países como Colombia y Ecuador (Acevedo *et al.*, 2012), y son ampliamente utilizados en la industria alimentaria y de bebidas debido a su resistencia, ligereza y reciclabilidad (International Bottled Water Association, 2023).

Pérez (2022) menciona que en la empresa ByFusion, fundada por el neozelandés Peter Lewis, se diseñó una máquina que recicla plástico del océano para convertirlo en ladrillos. Estos ladrillos se utilizan para construir viviendas para comunidades de bajos recursos en Hawái. El proceso de fabricación de estos bloques, llamados RePlast, es casi completamente neutral en carbono y no tóxico. Como resultado, se obtienen bloques compuestos en un 100% de plástico reciclado, generando un 95% menos de emisiones de gases en comparación con los materiales de construcción tradicionales.

Este trabajo de investigación se enfoca en desarrollar de una matriz de polímeros reciclados para la fabricación de placas aplicables en la construcción de mamposterías. La propuesta examina las propiedades de tracción y compresión del material compuesto, actualmente en estudio en las ciudades de Portoviejo y Medellín. A partir de la caracterización de polímeros termoplásticos industriales reciclados, se busca

establecer la dosificación óptima y evaluar sus propiedades físicas y mecánicas a través de ensayos de tracción, flexión y compresión. Así, se plantea su aplicación en un innovador proceso constructivo de mampostería. Esta investigación responde a una responsabilidad ambiental en el sector de la construcción, al reincorporar residuos de polímeros industriales en un nuevo ciclo de uso, disminuyendo la generación de desechos y contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Actualmente, las ciudades de Portoviejo y Medellín están liderando el desarrollo de estos materiales, con Medellín destacándose como un ejemplo de construcciones sostenibles y el uso de materiales ecológicos. Debido a su enfoque en prácticas constructivas conscientes, Medellín se considera una ciudad de referencia para comparar y relacionar las propiedades y aplicaciones de ambos materiales en un contexto de sostenibilidad.

METODOLOGÍA

Mediante esta investigación se buscó analizar un material compuesto de polímeros termoplásticos industriales reciclados, realizando ensayos y experimentaciones físicas y mecánicas con el objetivo de viabilizar su uso en la fabricación de paneles para la construcción.

Como primer paso, se recopiló información utilizando una metodología cualitativa en modalidad de gabinete. Esta consistió en la realización de entrevistas semiestructuradas a dos personas especializadas en el tema en ambas ciudades, con la finalidad de conocer los procesos y dosificaciones necesarios para la elaboración de objetos con estos materiales.

El método de fabricación utilizado en Portoviejo y Medellín, es conocido como extruso-presión o inyección, permite la elaboración de elementos a partir de residuos plásticos industriales reciclados. Este método ofrece ventajas ambientales al permitir regular la temperatura del material, evitando su incineración y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI).

Los gránulos de termoplásticos industriales reciclados se introducen en la tolva, que se muestra en la figura 1, y mediante distintas hélices ubicadas dentro de la camisa calefactora, se logra que el plástico se funda. Estas hélices están dispuestas de más anchas a más finas, con temperaturas controladas que van desde 180°C, 200°C hasta 250°C, permitiendo que el material se homogeneice y se plastifique correctamente para ser posteriormente inyectado en el molde.

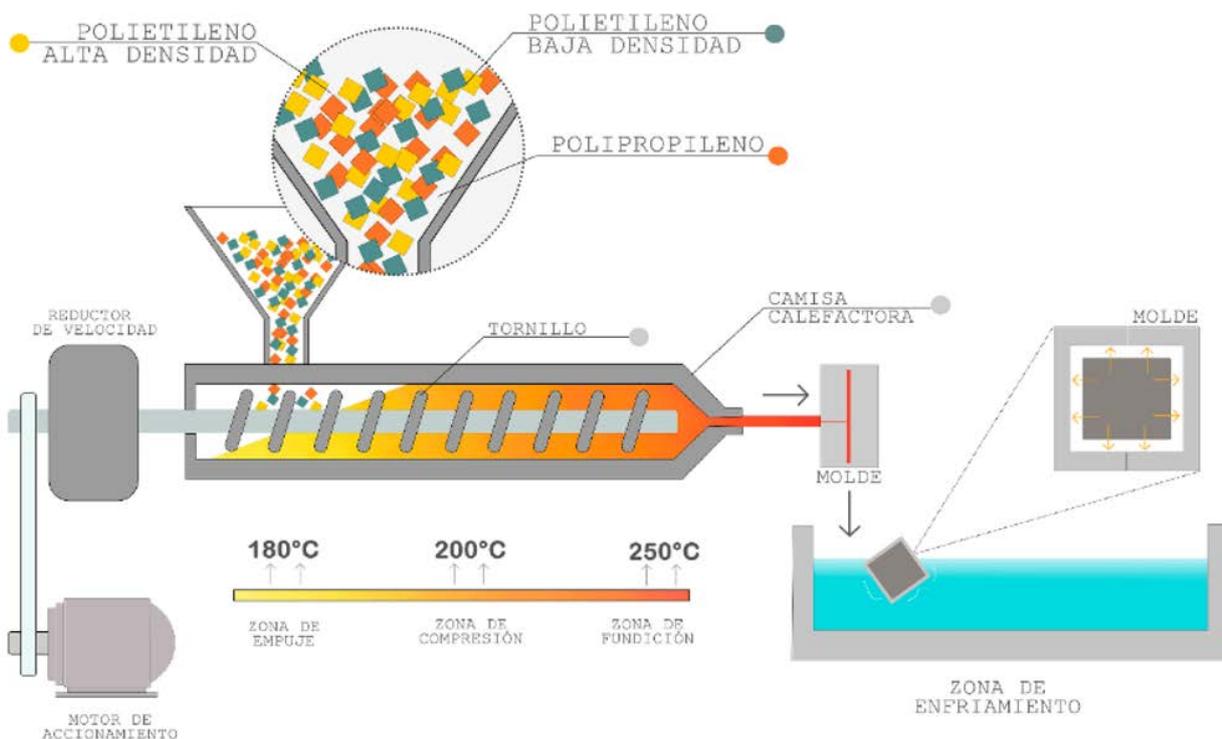


Figura 1. Proceso de extruso-presión (Inyección) de plástico.

Además, se aplicó un enfoque experimental en fábricas especializadas, donde se realizaron muestras con una dosificación 1:1:1 en kg de Poliétileno de Baja Densidad (PEBD), Poliétileno de Alta Densidad (PEAD) y Polipropileno (PP) en ambas ciudades. Para realizar ensayos de resistencia de flexión se elaboraron muestras

en forma de vigas con medidas de 50cm x 4,0 cm x 4,0 cm las cuales fueron sometidas a cargas KN, y se cortaron cubos con dimensiones iguales en todos sus lados, 5.00cm x 5.00cm x 5.00cm, para realizar los ensayos de compresión, el resultado se observa en la figura 2:



Figura 2. Muestras obtenidas.

Finalmente, se realizó la comprobación de las resistencias físicas y mecánicas en ambas ciudades aplicando las dosificaciones anteriormente mencionadas. Esto mediante ensayos de laboratorio con instrumentos especializados como una Máquina Hidráulica y Máquina Universal UH F500 Kn X. bajo las normativas ASTM D790 y ASTM D638, que se muestran en la figura 3:



Figura 3. Máquina Universal UH F500 Kn X.

Adicionalmente se realizó una investigación práctica-experimental para determinar el tipo de ensamblaje adecuado para el panel planteado.

RESULTADOS

Para un mejor entendimiento de los resultados se optó por llamar *Experimento 1* a los ensayos realizados en la ciudad de Portoviejo, mientras que los elaborados en la ciudad de Medellín se nombró *Experimento 2*.

Análisis comparativo de las muestras

Se realizó un análisis comparativo morfológico de las muestras obtenidas, en la figura 4 se observa el resultado del *Experimento 1* (A), donde se aprecia un color en escala de negros y una composición no uniforme en color, así mismo partículas mayormente visibles y alargadas, manteniendo colores del tipo de residuos ingresados a la mezcla. Se aprecian vacíos de alrededor de 4mm, lo cual se atribuye a la falta de secado de la materia prima antes de ser ingresado a la inyectora. Por su parte, en el *Experimento 2* (B) se visibilizan tonalidades verdes grisáceas debido al pigmento ingresado; además por su alta compactación, no presenta partículas de residuos visibles, por ende, mantiene una textura mucho más lisa donde la profundidad de los vacíos externos es mínima de 3mm.

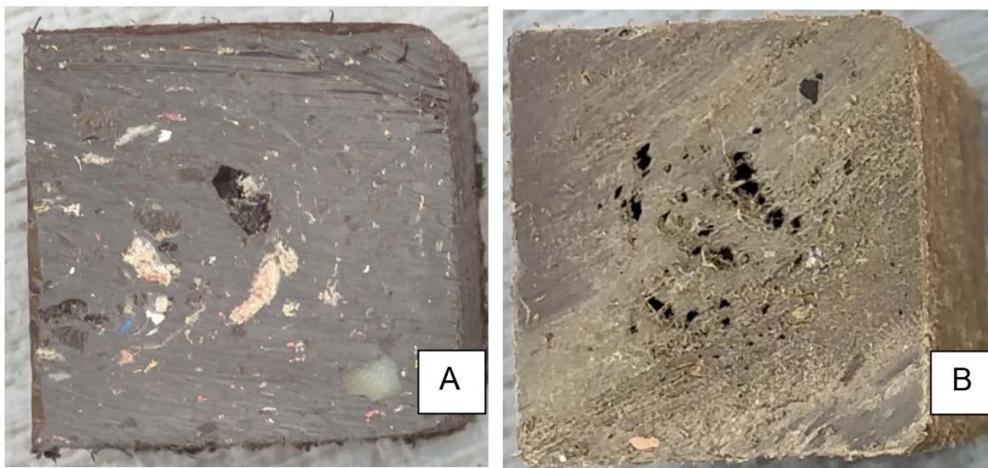


Figura 4. Comparativa morfológica de las muestras obtenidas.

Nota. A: Experimento 1; B: Experimento 2.

Ensayos Experimento 1

Para los ensayos de flexión, las muestras fueron sometidas a luces de 45cm obteniendo, para el Experimento 1 los siguientes resultados que aparecen en la tabla 1:

Tabla 1. Ensayos de flexión las muestras del Experimento 1.

Nombre	Max. _Fuerza	Max. _Flexión	Max. _Desplazamiento	Max. _Deformación
Parámetros	Calc. At Entire Areas			
Unidad	KN	N/mm ²	Mm	%
1_1	3.84792	20.3594	52.8696	15.8609
2_2	3.95471	20.9244	52.9587	15.8876
Media	3.90131	20.6419	52.9141	15.8742

La muestra presentó una rotura tras aproximadamente 1 hora y 30 minutos, como se observa en la figura 5. En el ensayo de resistencia a la flexión, se alcanzó un valor de 20 N/mm², destacando su notable capacidad de deformación, con un 15% de elongación. Esto confirma su ductilidad, en contraste con el hormigón, que no exhibe estas características bajo condiciones similares de prueba.



Figura 5. Resultados del ensayo de flexión del Experimento 1.

Para llevar a cabo el ensayo de compresión, las muestras fueron sometidas a fuerzas con una velocidad de 0.8mm/min. Los resultados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Ensayos de compresión de las muestras del Experimento 1.

Nombre	Max. _Fuerza	Max. _Com- presión	Max. _ Desplazamien- to	Max. _Deformación	M. Elástico Fuerza 5-40kN
Parámetros	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Calc. At Entire Areas	Fuerza 5-40 kN
Unidad	KN	N/mm2	Mm	%	N/mm2
1_1	64.7719	35.8648	20.9106	49.7872	73.5345
1_2	64.2481	35.5747	20.8904	49.5481	73.0246
Media	64.5100	35.7197	20.9005	49.6676	73.2795

Se logró obtener una Fuerza Máxima de 64.77 kN con un alcance de 49.78% en deformación, aunque cabe recalcar que estos datos no son tomados con la deformación total de la muestra. Los resultados de este ensayo de muestran en la figura 6.



Figura 6. Resultados por ensayo de compresión del Experimento 1.

Ensayos Experimento 2

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos en pruebas de resistencia de materiales, específicamente en términos de fuerza máxima, flexión máxima, desplazamiento máximo y deformación máxima.

Tabla 3. Ensayos de flexión las muestras del Experimento 2.

Nombre	Max. _Fuerza	Max. _Flexión	Max. _Desplazamiento	Max. _Deformación
Parámetros	Calc. At Entire Areas			
Unidad	KN	N/mm2	Mm	%
1_1	4.53886	24.0152	54.5676	16.9719
2_2	4.58483	24.2584	54.9889	17.0154
Media	4.56184	24.1368	54.7782	16.9936

Fuente: Ensayos elaborados en laboratorios de la Empresa ECOPLAST 2K, en Medellín.

El esfuerzo de elasticidad representa el rango en el que el material plástico opera sin dificultades, manteniendo su forma y estructura bajo carga. Posteriormente, el material entra en el rango de esfuerzo de fluencia, donde se lo somete a una tensión de hasta 10 MPa, poniendo a prueba su capacidad de deformación antes de alcanzar el límite. Finalmente, se observa que el punto de rotura del material se establece en 24 N/mm², como se ilustra en la figura 7.

**Figura 7.** Resultados del ensayo de flexión del Experimento 2.

DISCUSIÓN

En el análisis de antecedentes del estudio, Sangucho et al. (2023) realizaron un análisis en la Universidad Central del Ecuador sobre las propiedades físicas y mecánicas de los plásticos reciclados producidos en el país como material de construcción. Examinaron muestras de madera plástica de *Ecuaplástico*, empresa que reutiliza polipropileno de fundas de snacks mediante el método de inyección. Encontraron que la resistencia a la flexión del material es de 17,02 MPa bajo la normativa ASTM D6109 y la resistencia a la compresión (ASTM D6108) es de 22,43 MPa.

Asimismo, la investigación de Ruiz et al. (2019) realizaron un estudio comparativo de la madera plástica con otras alternativas de este mismo, donde los resultados fueron favorecedores para los residuos de plástico obteniendo una Flexión de 17,53 MPa a diferencia de un tablero contrachapado que obtuvo los requisitos mínimos en flexión de 19,51 MPa y a compresión 6,51 Mpa.

Analizando los resultados anteriores, el material es apto para su aplicación dentro de la construcción ya que tiene resultados favorecedores como lo es su alta capacidad de plasticidad, lo que significa que puede recuperar su forma original casi por completo después de haber sido sometido a grandes esfuerzos. Esto le confiere una mayor resistencia y durabilidad al material, así como una mayor facilidad para modelarlo según las necesidades constructivas.

Sin embargo, autores como Chen et al. (2013) han determinado que tanto los resultados físicos como mecánicos de estas muestras pueden variar según las propiedades intrínsecas del material reciclado. Factores tales como la contaminación, el grado de degradación y procesamiento previo podría influir notablemente en las propiedades finales del material.

Los paneles en este caso presentan características destacadas que favorecen el ahorro y la eficiencia en el uso de materiales, así como la optimización en los tiempos y movimientos de la mano de obra. Debido a que no

requieren el uso de mortero de pega ni clavos, su instalación es más ágil y económica, aprovechando un sistema de ensamblaje tipo machihembrado. Este tipo de unión permite un montaje rápido y sencillo, facilitando además la alineación y estabilidad de los paneles.

La estructura de los paneles machihembrados, reforzada con perfiles del mismo material, ofrece un espacio adecuado para la instalación de diversas redes de servicios interiores. Esto incluye sistemas de electricidad, agua potable, desagüe, telefonía, redes de cómputo, cable de televisión, entre otros. Además, los paneles están diseñados para albergar aislantes termoacústicos, contribuyendo a mejorar las condiciones de confort térmico y sonoro en los espacios construidos. Este sistema no solo garantiza una construcción más limpia y organizada, sino que también permite una mayor eficiencia energética y acústica en el edificio.

Los plásticos post-industriales se destacan como los materiales más utilizados por los entrevistados debido a su manejo sencillo, limpieza y economía, ya que permiten un ciclo interminable de reciclaje, ya que los residuos generados durante su uso pueden ser reutilizados en nuevos procesos productivos. Además, los residuos post-industriales dentro de una matriz de polímeros son una opción innovadora para la construcción, gracias a su alta flexibilidad y adaptabilidad. Estas características no solo permiten una construcción más eficiente y consciente, sino que también contribuyen a un enfoque más ecológico al reducir el consumo de materiales que normalmente se convertirían en residuos.

Aunque la fabricación de estos elementos presenta ciertos inconvenientes, como la necesidad de maquinaria de gran tamaño y la producción constante que genera gases de efecto invernadero (GEI) durante horas, el material investigado ofrece notables ventajas. Su fácil utilización contribuye a una reducción significativa en costo de mano de obra y costo de materiales.

Además, las características físicas y mecánicas de estos plásticos, como su flexibilidad, superior a la de alternativas tradicionales como el hormigón, otorgan ventajas estructurales y constructivas. Su versatilidad en aplicaciones, gracias a su sistema de machihembrado, reduce los residuos en el proceso constructivo en comparación con materiales tradicionales. Al seguir la lógica de la economía circular, se aprovechan los desechos de otros procesos materiales como fuente primaria, garantizando un suministro constante y sostenible.

CONCLUSIONES

A pesar de que los resultados no mostraron variaciones significativas en cuanto a las propiedades fundamentales de los materiales compuesto de polímeros termoplásticos industriales reciclados de Portoviejo y en Medellín, sí se observaron pequeñas diferencias que podrían atribuirse a diversos factores, como las diferencias climáticas y al tiempo dedicado al proceso de secado en cada ciudad, lo que afecta la microestructura relacionada con la cantidad de vacíos internos como de su colorimetría, así mismo el comportamiento final del material y sus resultados en cuanto a la resistencia de flexión donde en la ciudad de Portoviejo se obtuvieron 20,642 N/mm² mientras que en Medellín 24,137 N/mm², lo que equivaldría alrededor del 17% de diferencia.

A pesar de este aspecto, es importante destacar que ninguno de estos factores afecta significativamente las propiedades críticas del material reciclado, como su resistencia, plasticidad y elasticidad. Estos resultados resaltan el potencial del material plástico reciclado como una alternativa viable y sostenible a nivel mundial, independientemente de las condiciones climáticas o variaciones en los procesos de fabricación locales.

El uso de estos plásticos en forma de paneles para procesos constructivos ha demostrado una alta resistencia a la flexión, especialmente bajo las dosificaciones 1:1:1. Su rápida producción permite obtener grandes cantidades de material en poco tiempo, lo que es ventajoso para la industria de la construcción.

REFERENCIAS

- Acevedo Agudelo, H., Vásquez Hernández, A., Ramírez Cardona, D. A. (2012) Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15(1), 105-117. <https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/8b5271f9-30b3-4979-9dc2-2bdaf46f2042/content>
- Alianza Basura Cero-Ecuador. (2022). *Boletín de Prensa. Ecuador sigue importando miles de toneladas de desechos plásticos, sobre todo desde EEUU*. <https://www.uasb.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/Informe-Desechos-plasticos-Alianza-Basura-Cero-Ecuador-2022.pdf>
- Chen, J., Wang, Y., Gu, C., Liu, J., Liu, Y., Li, M., & Lu, Y. (2013). Enhancement of the mechanical properties of basalt fiber-wood-plastic composites via maleic anhydride grafted high-density polyethylene (MAPE) addition. *Materials*, 6(6), 2483-2496. <https://doi.org/10.3390/ma6062483>
- Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública & Greenpeace Colombia (2019). *Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente*. https://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf

- Código Orgánico del Ambiente. (2017, 12 de abril). Registro Oficial Suplemento 983. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Ecuavisa. (2022, abril 22). *En Ecuador se arroja más de medio millón de toneladas de plástico cada año*. <https://www.ecuavisa.com/noticias/medio-ambiente/en-ecuador-se-arroja-mas-de-medio-millon-de-toneladas-de-plastico-cada-ano-BA1640892>
- International Bottled Water Association. (2023). *Benefits of PET bottles*. <https://www.bottledwater.org/benefits-of-PET>
- López Salazar, S., & García Marín, C. C. (2020). *Utilización de materiales plásticos reciclados para conformación de aglomerados de polietileno en procesos constructivos* [Tesis de grado, Universidad Libre Seccional de Pereira]. Repositorio Unilibre. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/23151>
- Ministerio del Ambiente. (2015, 4 de mayo). Acuerdo Ministerial No. 61 sobre la Gestión Integral de los Residuos Sólidos. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_acuerdo-ministerial-061.pdf
- Morán, S. (2020, noviembre 10). *Nada frena los plásticos de un solo uso: más de 260.000 toneladas al año en Ecuador*. Plan V. <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/nada-frena-plasticos-un-solo-uso-mas-260000-toneladas-al-ano-ecuador>
- Naciones Unidas. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Edición Especial*. https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf
- Quiñones, L. (2021, octubre 21). *El plástico, que ya ha atragantado nuestros océanos, terminará por asfixiarnos a todos si no actuamos rápidamente*. Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2021/10/1498752>
- Royte, E. (2019, marzo 13). *¿Es buena idea incinerar los residuos plásticos?* National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/03/es-buena-idea-incinerar-los-residuos-plasticos>
- Ruiz Acero, J. C., Lozano, D. A., & González, J. S. (2019). Propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica para uso en estructura de atención y prevención de desastres de la “ESMIC”. *Ingeniare*, (27), 31-39. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7527271>
- Sangucho Barros, D. S., Velasco Cevallos, D. A., & Viera Arroba, L. P. (2023). Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 16(2), 58-69. <https://doi.org/10.29166/rev%EF%AC%81g.v16i2.4495>
- U.S. Green Building Council. (2023). *LEED certification*. <https://www.usgbc.org/leed>
- Wang, Q., Li, J., Zhu, X., Yao, G., Wu, P., Wang, Z., Lyu, X., Hu, S., Qiu, J., Chen, P., & Wang, J. (2020). Approach to the management of gold ore tailings via its application in cement production. *Journal of Cleaner Production*, 269(122303), 122303. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122303>
- Zheng, J., & Suh, S. (2019). Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics. *Nature Climate Change*, 9(5), 374-378. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z>

Conflictos de interés:

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Contribución de los autores:

Erika Romina Rivas-Cantos, Paula Doménica-Morejón, Gina San Andrés-Zevallos: Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, visualización, redacción del borrador original y redacción, revisión y edición.

Descargo de responsabilidad/Nota del editor:

Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son únicamente de los autores y contribuyentes individuales y no de Revista San Gregorio ni de los editores. Revista San Gregorio y/o los editores renuncian a toda responsabilidad por cualquier daño a personas o propiedades resultantes de cualquier idea, método, instrucción o producto mencionado en el contenido.