

## Ficha de Viabilidad del Proyecto de Investigación

### Información General

Información del estudiante 1	Nombre: Jhonatan Alexander Vargas
	Correo institucional: <a href="mailto:jvargas14831@universidadean.edu.co">jvargas14831@universidadean.edu.co</a>
	Programa al que pertenece: Gerencia de proyectos
Información del estudiante 2	Nombre: Sergio Simbaqueba
	Correo institucional: <a href="mailto:ssimbaq76632@universidadean.edu.co">ssimbaq76632@universidadean.edu.co</a>
	Programa al que pertenece: Gerencia de proyectos
Información del estudiante 3	Nombre: Gineth Vanessa Pardo Hurtado
	Correo institucional: <a href="mailto:gpardoh83616@universidadean.edu.co">gpardoh83616@universidadean.edu.co</a>
	Programa al que pertenece: Gerencia de proyectos
Información del estudiante 4	Nombre: Verónica Moyano Fonseca
	Correo institucional: <a href="mailto:vmoyano00277@universidadean.edu.co">vmoyano00277@universidadean.edu.co</a>
	Programa al que pertenece: Gerencia de Proyectos
Campo de investigación:	Ciencia, tecnología e innovación.
Grupo de investigación:	Gestión Ambiental
Línea de investigación:	Desarrollo Sostenible
Título tentativo del proyecto:	Evaluación del uso de plástico reciclado como material de construcción en Colombia: Retos y Oportunidades

## Tabla de contenido

Resumen .....	6
Problema de investigación .....	8
Objetivos.....	11
<i>Objetivo general</i> .....	11
<i>Objetivos específicos</i> .....	11
Justificación .....	12
Marco teórico .....	14
Economía circular y el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción	14
<i>Conceptos y principios de la Economía Circular (EC)</i> .....	14
<i>Enfoques innovadores de gestión de materiales</i> .....	18
<i>Indicadores de Economía Circular – DANE</i> .....	19
La sostenibilidad en el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción	20
<i>Análisis de Ciclo de Vida (LCA por sus singlas en inglés Life Cycle Assessment) ..</i>	20
<i>Análisis de Costos de Ciclo de Vida (LCC por sus singlas en inglés Life Cycle Costing)</i> .....	21
<i>Análisis de Ciclo de Vida Social (SLCA)</i> .....	21
Desempeño técnico de materiales de construcción con plástico reciclado.....	22
<i>Propiedades mecánicas</i> .....	23
<i>Propiedades físicas y térmicas</i> .....	24
<i>Durabilidad y comportamiento frente a ambientes agresivos</i> .....	24
<i>Balance del desempeño técnico y sostenibilidad</i> .....	25
<i>Evidencia de investigaciones recientes (2021 – 2025)</i> .....	25
Marco normativo y político en Colombia.....	27
<i>Ley 2232 de 2022</i> .....	28
<i>Resolución 0803 de 2024 (MinAmbiente)</i> .....	28
<i>Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de un Solo Uso (2021) ...</i>	28
<i>Hoja de Ruta del Pacto por los Plásticos (2024–2030)</i> .....	29
<i>Políticas públicas para una transición justa (Política de Crecimiento Verde, Estrategia Nacional de Economía Circular)</i> .....	29

<b>Análisis bibliométrico .....</b>	<b>30</b>
<b>Metodología de investigación .....</b>	<b>35</b>
<b>Enfoque de la investigación: cualitativo.....</b>	<b>35</b>
<b>Diseño y alcance.....</b>	<b>36</b>
<b>Población documental .....</b>	<b>37</b>
<b>VARIABLES DE ANÁLISIS .....</b>	<b>38</b>
<b>Instrumentos y técnicas de recolección de información.....</b>	<b>40</b>
<b>Técnicas de análisis de datos .....</b>	<b>42</b>
<b>Metodología para cumplimiento de los objetivos.....</b>	<b>43</b>
<b>Diagnóstico nacional e internacional sobre el uso de plástico reciclado en materiales de construcción .....</b>	<b>45</b>
<b>Diagnóstico de la Economía circular y el uso de plástico en materiales para la construcción .....</b>	<b>46</b>
<b><i>Análisis y Discusión de Resultados</i>.....</b>	<b>50</b>
<b>Diagnóstico de la sostenibilidad en el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción .....</b>	<b>52</b>
<b><i>Análisis y Discusión de Resultados</i>.....</b>	<b>60</b>
<b>Diagnóstico del desempeño técnico de materiales de construcción con plástico reciclado .....</b>	<b>61</b>
<b><i>Análisis y Discusión de Resultados</i>.....</b>	<b>64</b>
<b>Diagnóstico nacional e internacional del marco normativo y político en el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción .....</b>	<b>68</b>
<b><i>Análisis y Discusión de Resultados</i>.....</b>	<b>70</b>
<b>Retos y oportunidades del uso de plástico reciclado como material alternativo en la construcción en Colombia .....</b>	<b>73</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>89</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>94</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> .....	31
<b>Figura 2</b> .....	32
<b>Figura 3</b> .....	33
<b>Figura 4</b> .....	33
<b>Figura 5</b> .....	53
<b>Figura 6</b> .....	76
<b>Figura 7</b> .....	77
<b>Figura 8</b> .....	78
<b>Figura 9</b> .....	80
<b>Figura 10</b> .....	81
<b>Figura 11</b> .....	83
<b>Figura 12</b> .....	84
<b>Figura 13</b> .....	85
<b>Figura 14</b> .....	87
<b>Figura 15</b> .....	88

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> .....	39
<b>Tabla 2</b> .....	43
<b>Tabla 3</b> .....	47
<b>Tabla 4</b> .....	56
<b>Tabla 5</b> .....	62
<b>Tabla 6</b> .....	65
<b>Tabla 7</b> .....	69

## Resumen

El presente documento de investigación, titulado *"Evaluación del uso de plástico reciclado como material de construcción en Colombia: Retos y Oportunidades"*, expone el consumo masivo de plásticos y la crisis ambiental que esto produce en Colombia y a nivel mundial, y a su vez, muestra un análisis de las oportunidades y brechas o desafíos en la integración efectiva del plástico reciclado en materiales alternativos para la construcción en la industria colombiana, dando cumplimiento al objetivo general del documento.

El estudio se desarrolló bajo una metodología cualitativa con un enfoque documental, no experimental y de alcance transversal, utilizando una Revisión Documental Sistemática (RDS) para analizar la información publicada entre 2020 y 2025. El análisis se centró en cuatro dimensiones: Economía Circular, Sostenibilidad (LCA, LCC, SLCA), Desempeño Técnico y Marco Normativo y Político.

Los resultados del diagnóstico evidencian que, a pesar de un marco legal robusto y los beneficios en la disminución de la huella de carbono y costos operativos, existe una brecha significativa entre los avances internacionales (producción industrial con certificación) y la fase actual en Colombia (etapas experimentales y académicas). El principal desafío radica en la falta de estandarización técnica e institucionalidad que permitan la homologación y el escalamiento industrial de estos materiales reciclados en el sector de la construcción, evidenciando una brecha de desconexión entre las políticas o normas, y la práctica constructiva, debido a la ausencia de Normas Técnicas Colombianas (NTC) que validen el desempeño y la seguridad de estos materiales.

**Palabras clave**

Economía circular, materiales alternativos, reciclaje de plásticos, construcción sostenible, gestión de residuos, huella ambiental.

## **Problema de investigación**

En las últimas décadas, el rápido crecimiento de la urbanización y el aumento en el consumo de productos plásticos han intensificado la crisis ambiental a nivel mundial. Colombia enfrenta esta misma problemática: se estima que el país genera más de 1,2 millones de toneladas de residuos plásticos cada año, de los cuales solo una parte es efectivamente aprovechada mediante procesos de reciclaje (Secretaría Distrital de Planeación [SDP], 2023). Esta situación ha motivado la formulación de políticas públicas orientadas a fortalecer la economía circular, entre ellas la Estrategia Nacional de Economía Circular, la cual busca promover la reincorporación de residuos en nuevas cadenas productivas y reducir la presión sobre los recursos naturales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

En el ámbito de la construcción, se ha venido investigando el uso de materiales reciclados como sustitutos parciales o totales de insumos tradicionales, con el fin de disminuir el impacto ambiental, la cual es responsable de un alto consumo de recursos naturales y de la generación significativa de residuos (Sanchez Echeverri et al., 2022). El plástico reciclado ha mostrado potencial como materia prima en la fabricación de bloques, paneles, adoquines y elementos modulares, debido a propiedades como su durabilidad, ligereza y resistencia a la humedad. (Muños Sepulveda, 2025).

A pesar del potencial y los avances normativos, los resultados en la reducción de la contaminación plástica en Colombia siguen siendo limitados. Las regulaciones se han fortalecido con la Ley 2232 de 2022 y su reglamento mediante la Resolución 0803 de 2024, que buscan eliminar gradualmente los plásticos de un solo uso para 2030 (Minambiente, 2024). Sin embargo, la brecha entre la generación y el aprovechamiento de residuos plásticos persiste. Por ejemplo, un análisis del Pacto por los Plásticos estima que del total de envases plásticos puestos en el mercado colombiano, solo una pequeña fracción se recicla efectivamente

(CEMPRE, 2024). Al mismo tiempo, estudios recientes muestran que en comunidades vulnerables del país, la recolección de plástico reciclable depende en gran medida del trabajo informal de recicladores, lo que dificulta cerrar el ciclo de reciclaje bajo un modelo formalizado (Ortega-Ramírez et al., 2023). Esto pone en evidencia las barreras estructurales para alcanzar una economía circular efectiva, más allá de la voluntad regulatoria.

En respuesta a esta problemática, el ámbito académico colombiano ha comenzado a explorar el potencial del plástico reciclado. Trabajos recientes, como los de Solarte Benavides et al. (2024)

En síntesis, y pese a los avances regulatorios y los estudios técnicos iniciales, la información sobre los usos prácticos y los métodos de aplicación del plástico reciclado en la construcción colombiana se encuentra dispersa. Existe un vacío en la documentación sistemática de las tecnologías y casos de uso actuales en el país.

Colombia enfrenta de manera simultánea altos volúmenes de residuos plásticos posconsumo y el objetivo de descarbonizar y desmaterializar el sector construcción, acciones necesarias para mitigar el impacto ambiental, mejorar la calidad de vida y garantizar un desarrollo sostenible (Rodríguez, 2025).

Aunque de los avances normativos y del creciente interés en la economía circular, el aprovechamiento del plástico reciclado en la construcción en Colombia sigue siendo limitado. La mayor parte de los residuos plásticos termina en rellenos sanitarios, ríos y mares, generando impactos negativos en ecosistemas y comunidades. Al mismo tiempo, la industria de la construcción continúa dependiendo de materiales convencionales como el cemento, arena, grava y el ladrillo, cuya producción está asociada a un alto costo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> (Universidad Nacional de Colombia, 2024). Esta dinámica intensifica la extracción de

recursos naturales y la generación de residuos, lo cual tiene impactos relevantes sobre el medioambiente (Sánchez Echeverri et al., 2022).

Colombia genera aproximadamente 12 millones de toneladas de basura al año, de las cuales apenas el 17 % se recicla, y más de la mitad corresponde a material plástico y cartón (Semana, 2024). Según Acoplásticos y la Superintendencia de Servicios Públicos, en 2023 se reciclaron alrededor de 935 106 toneladas de plástico, en contraste con un consumo de 1,4 millones de toneladas (El Tiempo, 2025).

Frente a este panorama, el uso del plástico reciclado en la construcción surge como una solución viable desde la perspectiva de la economía circular. Investigaciones académicas en Colombia han explorado aplicaciones como materiales no estructurales contruidos con plástico residual, con el fin de reducir la dependencia del cemento y disminuir la huella ambiental (Sánchez Echeverri et al., 2022).

Aunque existen pruebas piloto con desempeños técnicos satisfactorios en el uso de plástico reciclado en elementos no portantes como bloques y adoquines, su adopción industrial sigue siendo marginal, su adopción en la industria de la construcción permanece limitada, un bajo aprovechamiento de plásticos de un solo uso, falta de estandarización de mezclas y pruebas para tipologías específicas como paneles, bloques o adoquines, información sobre desempeño y costo total, y barreras de mercado que desincentivan a constructoras, fabricantes y entidades públicas (Muñoz Sepúlveda, 2024; Vega Gutiérrez, 2025) .

La urgencia ambiental, los problemas de gestión de residuos y el potencial técnico del plástico reciclado conforman un problema crítico que motiva la necesidad de analizar su uso como material constructivo alternativo en Colombia.

¿Cuáles son los principales retos y oportunidades para el uso del plástico reciclado como material de construcción en Colombia?

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Evaluar los retos y oportunidades del uso de plástico reciclado como material de construcción en Colombia.

### ***Objetivos específicos***

- Desarrollar el marco teórico que sustente el uso plástico como material de construcción en Colombia.
- Diagnóstico nacional e internacional sobre el uso de plástico reciclado en proyectos de construcción.
- Identificar los principales retos y oportunidades que incentiven el uso de plástico reciclado como material alternativo en la construcción en Colombia.

## Justificación

El incremento en el consumo masivo de plásticos y la expansión urbana en Colombia han desencadenado una crisis ambiental de gran magnitud: el país genera anualmente más de 1,2 millones de toneladas de residuos plásticos, con una tasa de reciclaje efectivamente baja (Minambiente, 2024). Esta realidad evidencia la urgencia de avanzar en la economía circular y desarrollar prácticas de valorización de residuos que reduzcan la contaminación y promuevan la sostenibilidad.

La construcción, caracterizada por un alto consumo de recursos y generación de residuos, representa un sector clave para integrar plásticos reciclados en materiales como bloques, paneles y adoquines, lo que permitiría disminuir la huella ambiental sin sacrificar calidad ni funcionalidad. Investigaciones previas en Colombia y en el ámbito internacional confirman que esta estrategia puede ser viable y rentable (Castillo Moncayo, 2018; Calderón Ruíz & Sotelo Domínguez, 2023; Cantor Saavedra, et al., 2025).

Esta investigación es oportuna, pues responde tanto a la necesidad nacional de gestionar los residuos plásticos como a la exigencia de descarbonizar la construcción, alineándose con la *Estrategia Nacional de Economía Circular* y las metas de la Ley 2232 de 2022 para eliminar gradualmente plásticos de un solo uso (Minambiente, 2025; Congreso de la República de Colombia, 2022).

En cuanto a sus implicaciones sociales y prácticas, al promover el uso de residuos plásticos en construcción se reduce la presión sobre vertederos y ecosistemas, se mejora la calidad de vida en comunidades afectadas y se generan oportunidades para recolectores informales y actores sociales vinculados a la cadena del reciclaje. Además, el estudio

sistematizará tecnologías aplicables, criterios técnicos y modelos comerciales para incorporar plásticos reciclados en obras reales. Esto beneficiará a empresas constructoras, entidades públicas y comunidades, promoviendo infraestructuras más sostenibles. Un ejemplo práctico se observa en la propuesta de reutilizar residuos PET en viviendas rurales, incluyendo comparaciones de costos y diseño técnico, lo que legitima la viabilidad aplicada del modelo (Ortiz Marín et al , 2023)

El valor teórico y metodológico de esta investigación radica en el fortalecimiento de un marco conceptual sólido sobre innovación en materiales constructivos circulares, ampliando el conocimiento académico en sostenibilidad, arquitectura ecológica y gestión ambiental. Como destacan (Calderón Ruíz & Sotelo Dominguez, 2023), el análisis de diagnósticos, tratamientos y valoración de proyectos con plástico reciclado permite construir normas y modelos replicables a nivel nacional. Asimismo, desde un enfoque metodológico, el proyecto generará guías técnicas, protocolos de evaluación y metodologías adaptables que servirán como referencia para futuras investigaciones, proyectos empresariales y políticas públicas.

Este enfoque se enmarca en el campo de Ciencia, Tecnología e Innovación, particularmente en la línea de Gestión Ambiental y la línea de investigación de Desarrollo Sostenible. Se alinea con los lineamientos institucionales de investigación aplicada y orientada a soluciones relevantes para el entorno (EAN, 2025). Finalmente, esta investigación es conveniente, relevante, práctica, teórica y metodológicamente valiosa y se articula con los valores académicos e institucionales de la Universidad EAN hacia la innovación sostenible.

## **Marco teórico**

En Colombia, el aprovechamiento de plásticos reciclados como material de construcción se ha posicionado como una estrategia importante para promover la economía circular y minimizar impactos ambientales provenientes de la creciente generación de residuos plásticos. En ese sentido, según la Ley 2232 de 2022 (Congreso de Colombia, 2022), el país ha establecido medidas para la reducción progresiva de plásticos de un solo uso y fomenta la incorporación de material reciclado en diferentes sectores productivos, incluyendo la construcción; mientras que la Resolución 0803 de 2024 (Minambiente, 2024) complementa este marco normativo al definir lineamientos específicos para la gestión de plásticos en el país.

### **Economía circular y el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción**

#### ***Conceptos y principios de la Economía Circular (EC)***

La economía circular (EC) se ha consolidado como un modelo alternativo frente al esquema lineal tradicional de “tomar, hacer y desechar”, característico de las economías industriales de los siglos XIX y XX. A diferencia de este enfoque, la EC busca mantener los materiales, productos y recursos en su máximo valor durante el mayor tiempo posible, apoyándose en estrategias como reducir, reutilizar, reciclar, rediseñar y recuperar (Gupta et al., 2023).

Según Gupta et al. (2023), las conceptualizaciones recientes de la economía circular convergen en tres pilares fundamentales:

- **Preservación del valor** de los materiales y productos durante todo su ciclo de vida.
- **Cerramiento de ciclos productivos y de consumo**, priorizando la reutilización de recursos frente al uso de materias primas vírgenes.

- **Reducción de externalidades ambientales y sociales** derivadas de la producción y consumo.

Estos principios cobran especial relevancia en el sector de la construcción, considerado uno de los mayores generadores de emisiones de CO<sub>2</sub> y residuos sólidos a nivel global. La transición hacia modelos constructivos circulares implica, por lo tanto, la integración de materiales reciclados —como los plásticos posconsumo— en procesos productivos que atiendan tantos criterios de desempeño técnico como de sostenibilidad ambiental (Ellen MacArthur Foundation, 2024).

En el contexto colombiano, este planteamiento se relaciona directamente con los objetivos de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) y con las metas del ODS 12 (Producción y consumo responsables), que buscan transformar la gestión de materiales y residuos en sectores estratégicos como la construcción (MinAmbiente, 2019).

**Jerarquía 6R/9R y priorización del plástico reciclado.** La jerarquía 6R/9R — repensar, reducir, reutilizar, reparar, remanufacturar, reciclar, recuperar, re-propósito y rechazar— se ha consolidado como un marco conceptual clave para orientar políticas y prácticas de gestión sostenible de materiales en el marco de la economía circular (Gupta et al., 2023).

En el sector de la construcción, esta jerarquía adquiere una gran importancia, ya que orienta a la utilización de plásticos reciclados en aplicaciones de mayor valor agregado y vida útil, como paneles, bloques, tejas o adoquines, en lugar de destinarlos a usos de menor durabilidad o impacto. La formulación de lineamientos técnicos y normativos busca optimizar la valorización de estos materiales recuperados, disminuyendo la demanda sobre recursos y mitigando los efectos ambientales derivados de una gestión inadecuada de los recursos plásticos (Sánchez Echeverri, 2022).

Este enfoque es coherente con la Ley 2232 de 2022 en Colombia, que establece la reducción gradual de plásticos de un solo uso, incentivando la creación de cadenas de valor que reincorporen estos residuos en procesos productivos sostenibles (Congreso de Colombia, 2022).

**El plástico reciclado como recurso en la construcción sostenible.** El plástico reciclado se posiciona como un material estratégico en la transición hacia modelos constructivos más sostenibles, al posibilitar la sustitución de materias primas vírgenes, el cierre de ciclos productivos y la generación de productos de alto valor agregado.

**Sustitución de materias primas vírgenes.** El uso de plásticos reciclados como materias primas secundarias permite reemplazar insumos vírgenes y reducir la presión sobre recursos naturales. Asimismo, contribuye a la disminución de impactos ambientales derivados de la extracción y producción de materiales convencionales como el cemento o el acero, altamente demandantes de energía y generadores de CO<sub>2</sub> (Colorado et al., 2022).

Entre los beneficios más destacados se encuentran:

- Reducción en la demanda de cemento, disminuyendo las emisiones asociadas a su producción.
- Cierre de ciclos de residuos plásticos posconsumo, evitando su disposición en vertederos o ecosistemas.
- Generación de productos de valor agregado, prolongando la vida útil de los plásticos recuperados (Sánchez Echeverri et al., 2022).

Este aspecto resulta particularmente oportuno en Colombia, donde la construcción es uno de los principales motores económicos y, a la vez, un sector con alta huella ambiental.

**Aplicaciones Actuales en la construcción.** Las aplicaciones del plástico reciclado en la construcción se han diversificado en la última década, abarcando un abanico creciente de elementos prefabricados como:

- Bloques estructurales y no estructurales.
- Adoquines y baldosas para espacio público.
- Paneles y tejas plásticas para cubiertas y cerramientos.

Estos desarrollos disminuyen la presión sobre recursos naturales, también impulsan cadenas circulares que integran recicladores, transformadores y empresas constructoras, fomentando sinergias sostenibles y la generación de empleo verde. En Colombia, iniciativas empresariales como Conceptos Plásticos han logrado transformar toneladas de residuos plásticos en materiales utilizados para viviendas sociales y equipamientos comunitarios, lo que evidencia el potencial del sector para escalar soluciones innovadoras (ONU Medio Ambiente, 2020).

En relación con el desempeño técnico, la incorporación de plásticos reciclados constituye una alternativa ambientalmente favorable, pero su viabilidad depende del cumplimiento de criterios de calidad y comportamiento estructural. Propiedades como la resistencia mecánica, la durabilidad, la conductividad térmica y las dosificaciones adecuadas deben ser evaluadas rigurosamente para garantizar la seguridad y la funcionalidad de las aplicaciones constructivas (Colorado et al., 2022).

Este análisis técnico resulta indispensable en un contexto como el colombiano, donde las normas de construcción (NSR-10) exigen criterios estrictos de calidad y seguridad. Por ello, estudios como los que se abordan en el Capítulo 6 de esta investigación son clave para validar la viabilidad del plástico reciclado como insumo en obras de infraestructura y vivienda.

**Beneficios ambientales y reducción de impactos.** El uso de plásticos reciclados en la construcción ofrece beneficios significativos en términos de reducción de impactos ambientales. Su incorporación en bloques, adoquines o paneles permite disminuir la demanda de cemento, reduciendo las emisiones derivadas de la producción de este material altamente contaminante. Además, contribuye al cierre de ciclos de residuos plásticos posconsumo, evitando su acumulación en rellenos sanitarios y ecosistemas, y a la generación de productos de valor agregado que extienden la vida útil de los materiales (Sánchez Echeverri et al., 2022).

En Colombia, donde según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE - (2025) se generan más de 12 millones de toneladas de residuos sólidos al año —de los cuales el plástico representa cerca del 12%, la valorización de estos residuos a través de la construcción se presenta como una oportunidad estratégica para mitigar los impactos ambientales y avanzar hacia un modelo de desarrollo sostenible.

### ***Enfoques innovadores de gestión de materiales***

En un primer enfoque se puede hablar de “Material as-a-service” propone concebir los residuos plásticos posconsumo —especialmente PET, polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (PEAD)— como recursos de servicio y no como desechos.

Bajo esquemas de simbiosis industrial, los flujos de plástico recuperado en cadenas urbanas o municipales se convierten en insumos para la fabricación de elementos no estructurales como paneles, bloques, adoquines y tejas. Este modelo implica:

- Establecer acuerdos estables entre gestores de residuos, asociaciones de recicladores y empresas constructoras
- Garantizar la calidad y continuidad en el suministro de plásticos reciclados.

- Fortalecer la planeación de cadenas circulares, respaldada en información estadística oficial (Colorado et al., 2022; DANE, 2025)

Este enfoque promueve sinergias intersectoriales y habilita un ecosistema circular en el cual los residuos se convierten en un recurso estratégico para la construcción sostenible. En Colombia, su implementación representa tanto un reto como una oportunidad: por un lado, exige la formalización de recicladores de oficio y la inversión en tecnologías de transformación; por otro, abre la puerta a la creación de modelos de negocio innovadores que integren sostenibilidad y competitividad.

### ***Indicadores de Economía Circular – DANE***

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) ha venido publicando diversos informes relacionados con la economía circular en Colombia, en los cuales se incluyen indicadores que permiten monitorear el avance en reciclaje, reutilización y gestión de flujos de materiales. Como parte de estos esfuerzos, la entidad desarrolló el Sistema de Consulta de Información de Economía Circular (SIEC), una plataforma que consolida datos estadísticos para apoyar la formulación de políticas públicas, la toma de decisiones y el seguimiento de la transición hacia modelos circulares (DANE, 2025). Estos reportes y herramientas complementarias fortalecen la disponibilidad de información oficial necesaria para evaluar el progreso del país en materia de economía circular (DANE, 2024).

La información y los indicadores difundidos por el Sistema de Información Economía Circular (CIEC), se organizan en los siguientes componentes:

Demanda de activos ambientales y servicios ecosistémicos que incluyen los flujos de materiales y servicios provenientes del ambiente que son utilizados para el desarrollo de actividades económicas o para el uso doméstico.

Conservación o pérdida de valor de los materiales en el sistema productivo que reúne las prácticas de producción y consumo orientadas a retornar materiales al ciclo productivo o disminuir su uso. En este componente se considera acciones como el ahorro y el uso eficiente de agua, energía y materias primas.

Presión sobre los ecosistemas por la disposición de residuos que registra las externalidades derivadas de la generación y liberalización de residuos sólidos, líquidos o gaseosos que son desechados, vertidos o emitidos al ambiente.

Factores que facilitan la economía circular que comprende los instrumentos de gestión, estrategias y formas de organización laboral empleados por los distintos sectores y por la sociedad para impulsar la transición hacia un modelo circular.

### **La sostenibilidad en el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción**

Tras presentar los fundamentos de la economía circular y el rol del plástico reciclado en construcción, este capítulo analiza la sostenibilidad ambiental, económica y social de su incorporación como material alternativo, enfatizando tanto las metodologías de análisis como la importancia de promover un proceso una transición energética y social más equitativo en el país.

### ***Análisis de Ciclo de Vida (LCA por sus singlas en inglés Life Cycle Assessment)***

Las evaluaciones de sostenibilidad permiten analizar de manera integral los beneficios y limitaciones de incorporar plásticos reciclados en la construcción. El Análisis de Ciclo de Vida

(LCA) es un paso fundamental para medir los impactos ambientales en todo el ciclo. En construcción, LCA permite comparar concretos y prefabricados con adición de plásticos reciclados frente a alternativas convencionales en categorías como huella de carbono, energía incorporada y fin de vida (Benítez-Parra et al., 2024; Cortés-Sandoval et al., 2021; Jorge-Ortiz et al., 2025).

### ***Análisis de Costos de Ciclo de Vida (LCC por sus singlas en inglés Life Cycle Costing)***

El costo de ciclo de vida (LCC) complementa al LCA al considerar los aspectos económicos, incluyendo costos de producción, transporte, instalación, operación, mantenimiento y disposición final. En materiales con plásticos reciclados, el LLC resulta clave para evaluar su viabilidad económica frente a alternativas tradicionales, ya que permite balancear posibles incrementos en costos iniciales con ahorros en términos de durabilidad, menor necesidad de mantenimiento y beneficios asociados a la gestión de residuos (Jorge-Ortiz et al., 2025).

De esta manera, la aplicación conjunta de LCA y LCC proporciona una visión integral que valida los impactos positivos con un enfoque ambiental del uso plástico reciclado en proyectos constructivos y a su vez, asegura su competitividad en términos económicos y de mercado.

### ***Análisis de Ciclo de Vida Social (SLCA)***

Adicional a los impactos ambientales y económicos, la adopción de plásticos reciclados implica un análisis profundo de sus efectos sociales, laborales y territoriales.

El análisis de ciclo de vida social (SLCA por sus singlas en inglés Social Life Cycle Assessment) se encarga de evaluar los impactos sociales positivos y negativos relacionados con un proceso, un producto o un servicio durante todas sus fases de uso. Esto abarca desde la extracción de las materias primas, su transformación, fabricación, distribución, uso y, por último, su disposición final, en donde se tiene en cuenta los diversos grupos de interés como los trabajadores, las comunidades locales, los consumidores y el gobierno. En la industria del plástico reciclado, permite identificar y evaluar los puntos que tienen impactos sociales en la cadena de valor del reciclaje de plásticos como: condiciones laborales, comunidades recolectoras, materiales y procesos de reciclaje, en donde se evalúan los beneficios ambientales como sus efectos sociales (United Nations Environment Programme [UNEP], 2020).

Basados en una dimensión social y transición justa, la economía circular debe considerar la dimensión social, garantizando que la transición no genere nuevas desigualdades ni traslade cargas a actores históricamente vulnerables, como los recicladores (Rincón-Maldonado & Hultman, 2024). El aprovechamiento del plástico reciclado dentro de la industria de la construcción en el contexto colombiano, consiste en darle un reconocimiento y apoyo a los recicladores informales, los cuales desempeñan una función importante en los procesos de recolección y clasificación de residuos, incorporándolos de manera formal y justa dentro de la cadena de suministro.

### **Desempeño técnico de materiales de construcción con plástico reciclado**

La incorporación de plásticos reciclados en materiales de construcción ha adquirido gran relevancia en el marco de la transición hacia modelos de producción más sostenibles y alineados con los principios de economía circular. Su uso, sin embargo, exige la verificación

rigurosa del desempeño técnico bajo estándares como ASTM, ISO y NTC, que permitan garantizar resistencia, durabilidad y funcionalidad. Investigaciones recientes evidencian que estos materiales pueden cumplir requisitos técnicos adecuados, siempre que se controlen las variables de diseño y los procesos de fabricación (Verbel Almarino et al., 2024; Zhang et al., 2025).

En esta sección se examinan las principales propiedades físicas, mecánicas, térmicas y de durabilidad asociadas al uso de plásticos reciclados en aplicaciones constructivas. Asimismo, se revisan hallazgos recientes (2021–2025) que respaldan su viabilidad técnica en la producción de bloques, adoquines, elementos prefabricados y mezclas asfálticas, destacando el equilibrio necesario entre sostenibilidad y desempeño estructural.

### ***Propiedades mecánicas***

Las propiedades mecánicas resultan determinantes para evaluar el comportamiento estructural de materiales que incorporan plásticos reciclados, especialmente en bloques, adoquines, paneles y otros elementos no estructurales. Entre los parámetros más relevantes se encuentran la resistencia a la compresión, utilizada en elementos sometidos a cargas verticales, y la resistencia a la flexión, fundamental en componentes que requieren ductilidad o capacidad de deformación controlada.

Estudios recientes muestran que la adición moderada de PP o PEAD reciclado puede mejorar la ductilidad y la resistencia a flexión de los elementos. No obstante, cuando la sustitución supera ciertos porcentajes, puede presentarse una disminución en la resistencia a compresión, especialmente si no se ajustan la granulometría y la compatibilidad entre matriz cementicia y polímero (Rahman et al., 2024; Zhang et al., 2025). Por ello, la definición de

dosificaciones óptimas es clave para asegurar que los beneficios mecánicos no comprometan la integridad global del material.

### ***Propiedades físicas y térmicas***

La presencia de polímeros reciclados también influye en las propiedades físicas del material final. La reducción de la densidad aparente, frecuente cuando se sustituyen agregados minerales por PET, PP o PEAD reciclado, puede resultar ventajosa en la fabricación de elementos livianos y prefabricados (Sakr & AbouZeid, 2025).

En términos térmicos, estos polímeros pueden disminuir la conductividad, favoreciendo el aislamiento y contribuyendo al ahorro energético en edificaciones. Además, su carácter hidrofóbico reduce la absorción de agua, lo cual mejora el desempeño en ambientes húmedos y prolonga la vida útil de los elementos expuestos. Estos beneficios han incentivado la fabricación de productos no estructurales con buen comportamiento térmico y estabilidad dimensional (Athithan & Natarajan, 2024).

### ***Durabilidad y comportamiento frente a ambientes agresivos***

La durabilidad constituye un criterio esencial para validar el uso de plásticos reciclados en elementos expuestos a agentes ambientales. Las investigaciones recientes han evaluado resistencia a abrasión, ciclos húmedo-seco, ataque químico y radiación UV, observando resultados favorables para aplicaciones exteriores si se incorporan aditivos y estabilizantes adecuados.

- Resistencia a abrasión: especialmente en adoquines plástico-arena, que presentan un desempeño comparable al concreto convencional bajo tráfico liviano (Sánchez-Echeverri et al., 2021).

- Resistencia a ciclos húmedo-seco y ataque químico: los materiales con polímeros reciclados tienden a resistir mejores procesos de degradación por agua y sales, extendiendo su vida útil (Rahman et al., 2025).
- Protección frente a radiación UV: se han propuesto tratamientos de superficie y estabilizantes para evitar fragilización prematura.

Estos hallazgos respaldan el potencial de estos materiales en aplicaciones exteriores, siempre que se incorporen aditivos protectores y se cumplan normas técnicas de durabilidad.

### ***Balance del desempeño técnico y sostenibilidad***

Uno de los desafíos centrales en la incorporación de plásticos reciclados es encontrar un equilibrio adecuado entre sostenibilidad ambiental y desempeño técnico. Aunque materiales como PET, PP y PEAD reciclados reducen significativamente la huella de carbono y el consumo de recursos vírgenes, una dosificación excesiva puede afectar la cohesión interna del material o comprometer la resistencia a compresión.

Autores como Verbel Almario et al. (2024) y Zhang et al. (2025) resaltan la necesidad de procesos de fabricación estandarizados, control de calidad continuo y validaciones técnicas que garanticen un desempeño estable. El logro de este equilibrio es determinante para la implementación masiva de materiales reciclados en proyectos de construcción sostenible.

### ***Evidencia de investigaciones recientes (2021 – 2025)***

Diversos estudios de los últimos cinco años respaldan la viabilidad técnica de los materiales con plásticos reciclados:

a) Adoquines plástico-arena (Sánchez-Echeverri et al., 2021)

- Buen desempeño bajo tráfico liviano
- Resistencia comparable al concreto tradicional
- Bajo costo de producción

b) Concretos con PP reciclado (Universidad de la Costa, 2024)

- Mejora la tenacidad y resistencia a flexión.
- Necesita ajustes granulométricos.
- Recomendado para aplicaciones no estructurales.

c) Prefabricados PET-PP-HDPE (Sakr & AbouZeid, 2025)

- Ahorro energético entre 15% y 20% en la producción.
- Reducción de huella de carbono entre 15% y 30%.
- Viabilidad industrial comprobada.

d) Ladrillos PCPET con M-Sand (Athithan & Natarajan, 2024)

- Mezcla óptima: 1 parte PCPET + 2 partes M-Sand.
- Resistencia a compresión de 40.29 N/mm<sup>2</sup>.
- Baja absorción y buena estabilidad.

e) Mezclas asfálticas con plásticos reciclados (Das & Ali, 2025)

- Comportamiento similar a ligantes convencionales
  - Reducción de impacto climático 17,7%.
  - Oportunidad para infraestructura vial sostenible
- f) Herramientas LCA y LCC (González-Sierra & Rojas, 2024; Jorge-Ortiz et al., 2025)
- Integración de análisis ambiental y económico
  - Evaluación del ciclo de vida desde etapas tempranas
  - Contribución a la Estrategia Nacional de Economía Circular

### **Marco normativo y político en Colombia**

En Colombia, el impulso hacia una gestión más responsable de los plásticos y la adopción de un modelo de economía circular se apoya en un marco normativo robusto y en varias políticas gubernamentales. Entre las principales directrices se encuentran la Ley 2232 de 2022 y la Resolución 0803 de 2024, que fijan medidas para disminuir de manera progresiva el uso de plásticos de un solo uso y estimular la incorporación de materiales reciclados y prácticas de ecodiseño. De igual forma, el Plan Nacional para la Gestión Sostenible de Plásticos de un Solo Uso y la Hoja de Ruta del Pacto por los Plásticos (2024–2030) plantean objetivos y acciones específicas orientadas a promover la circularidad, el reúso y el aprovechamiento de los residuos. Finalmente, los indicadores del DANE facilitan el seguimiento de los avances y la toma de decisiones informadas, articulando estos lineamientos con los objetivos de sostenibilidad. En los apartados siguientes, se detallan las principales normas, planes y estrategias que enmarcan este estudio:

### ***Ley 2232 de 2022***

Esta ley, expedida el 7 de julio de 2022, establece medidas para la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso, promoviendo su sustitución por alternativas sostenibles, el ecodiseño, la economía circular y la responsabilidad extendida del productor (REP) (Congreso de Colombia, 2022). Se prohíbe progresivamente la introducción al mercado, distribución y comercialización de los plásticos señalados, incluyendo metas claras y regulaciones para espacios sensibles como áreas protegidas.

### ***Resolución 0803 de 2024 (MinAmbiente)***

Emitida el 24 de junio de 2024, esta resolución reglamenta de manera detallada la Ley 2232, definiendo (Minambiente, 2024) :

- Responsabilidades administrativas, incluyendo la Responsabilidad Extendida del Productor (REP);
- Metas de contenido mínimo de materia prima reciclada;
- Planes de gestión ambiental para envases y empaques;
- Cronogramas y excepciones para su implementación

### ***Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de un Solo Uso (2021)***

MinAmbiente lanzó en 2021 este plan como parte de la Estrategia Nacional de Economía Circular, con la colaboración de diversos sectores. El documento fija metas concretas: al menos el 30% de contenido reciclado en productos plásticos de un solo uso, el

aprovechamiento de al menos 50% de ciertos plásticos, y que para 2030, todos estos plásticos sean reutilizables, reciclables o compostables (Minambiente, 2021).

### ***Hoja de Ruta del Pacto por los Plásticos (2024–2030)***

Esta plataforma público-privada liderada por Cempre articula acciones estratégicas hasta 2030 para acelerar la circularidad del plástico. Define 14 iniciativas clave, entre ellas la creación de centros de acopio regionales (HUBs), guías de ecodiseño, regulación sanitaria para el reúso y proyectos de sensibilización ciudadana. La hoja de ruta fija metas para 2030, como eliminar el 100 % de plásticos de difícil circularidad, alcanzar una tasa de reciclaje del 50 % en envases, reincorporar un 30 % de material reciclado en nuevos productos y garantizar que el 100 % de los envases sean reutilizables, reciclables, compostables o biodegradables, consolidando así una política integral para la sostenibilidad y la gestión responsable de residuos plásticos en Colombia (Cempre, 2024).

### ***Políticas públicas para una transición justa (Política de Crecimiento Verde, Estrategia Nacional de Economía Circular)***

En Colombia, dos políticas clave guían la transición, es la Estrategia Nacional de Economía Circular (2018), y la Política de Crecimiento Verde (2018–2030). Dos políticas nacionales que son relevantes para impulsar la transición hacia materiales reciclables. Ambas promueven la vinculación entre innovación tecnológica e inclusión social, con metas orientadas a la creación de empleo verde, la reducción de desigualdades territoriales y la incorporación de criterios de equidad de género. Estas directrices constituyen un marco de acción que favorece

la adopción de plásticos reciclados en la construcción como un motor de desarrollo sostenible e inclusivo (Minambiente, 2019)

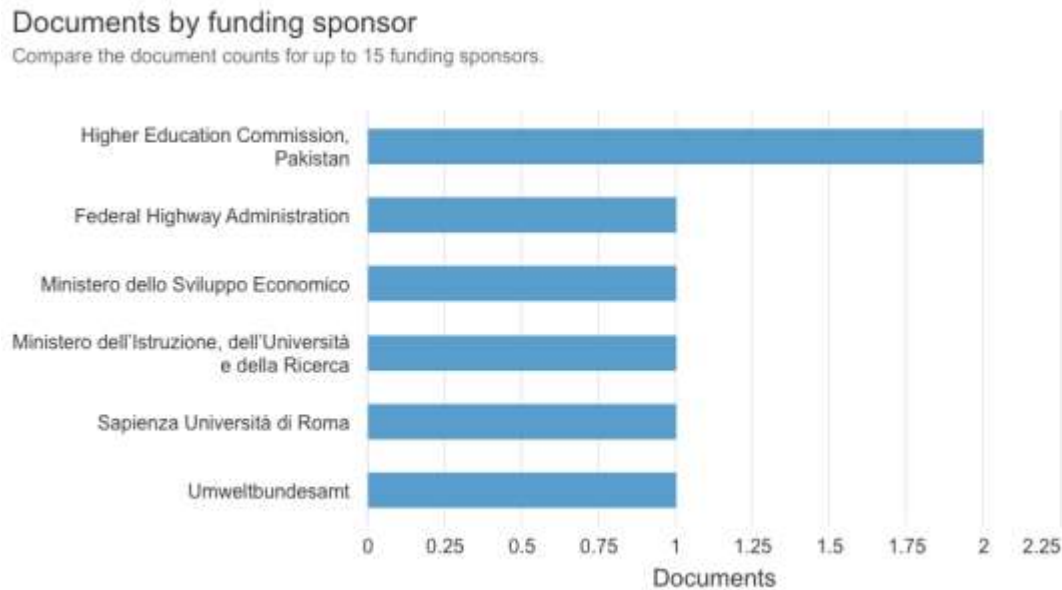
### **Análisis bibliométrico**

El análisis bibliométrico que se realizó para esta investigación, se centró en la base de datos de Scopus en los periodos 2020–2025, este permitió identificar varios patrones que fueron relevantes en el desarrollo de la producción científica con el uso de plásticos reciclados en la construcción. Las figuras en esta sección permiten consolidar los resultados obtenidos de la revisión documental complementando mediante graficas que permiten una mejor interpretación de las tendencias, áreas temáticas, financiamiento y autoría.

La Figura 1 presenta la distribución de varios documentos según las entidades financiadoras. Esta información permite reconocer las instituciones, organizaciones o programas han impulsado investigaciones sobre el uso de plásticos reciclados aplicados a materiales de construcción durante los últimos cinco años. Dichos datos se evidencian en la presencia de agencias gubernamentales, universidades y entidades privadas interesadas en promover soluciones basadas en economía circular.

## Figura 1

*Documentos clasificados según el patrocinador de financiamiento*

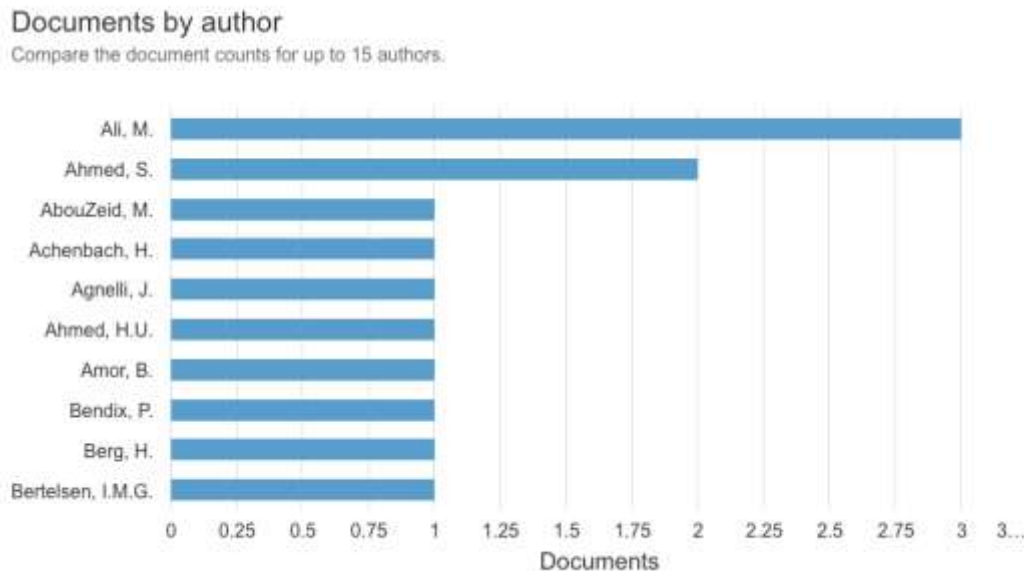


Nota. Elaboración propia a partir de la base de datos Scopus (2020–2025).

la Figura 2 evidencia a los autores con mayor productividad dentro del conjunto de publicaciones revisadas, visualizando grupos de investigación que se encuentran activos, así como las líneas de trabajo consolidadas que vienen aportado de manera continua al desarrollo del tema.

## Figura 2

*Documentos por autor (autores más productivos, 2020–2025).*



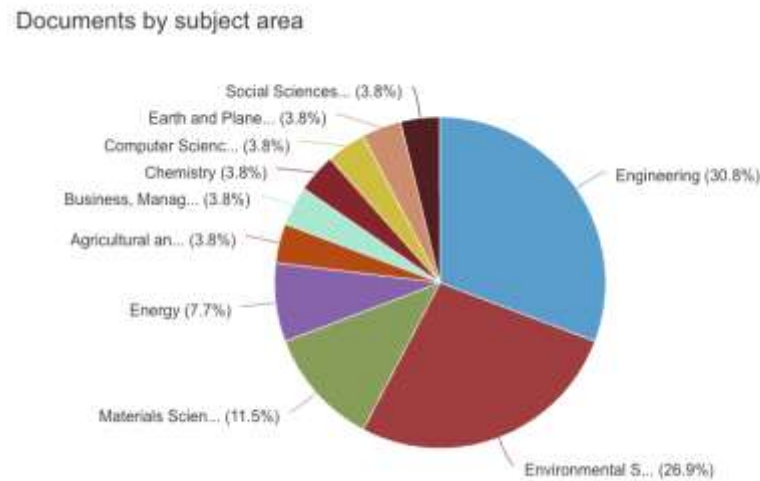
Nota. Elaboración propia a partir de la base de datos Scopus (2020–2025).

En esta figura se evidencia que los investigadores y sus equipos, que concentran gran número de publicaciones, donde se evidencia su rol y avance del conocimiento sobre plástico reciclado en aplicaciones para la construcción.

En la Figura 3 se evidencia la distribución de los documentos por diferentes áreas, su clasificación permite la visualización de las diferentes disciplinas que han aportado en gran medida con la profundidad del estudio de materiales reciclados, identificando contribuciones desde la ingeniería civil, la ciencia de materiales, la sostenibilidad y la gestión ambiental.

### Figura 3

Distribución de los documentos según el área temática

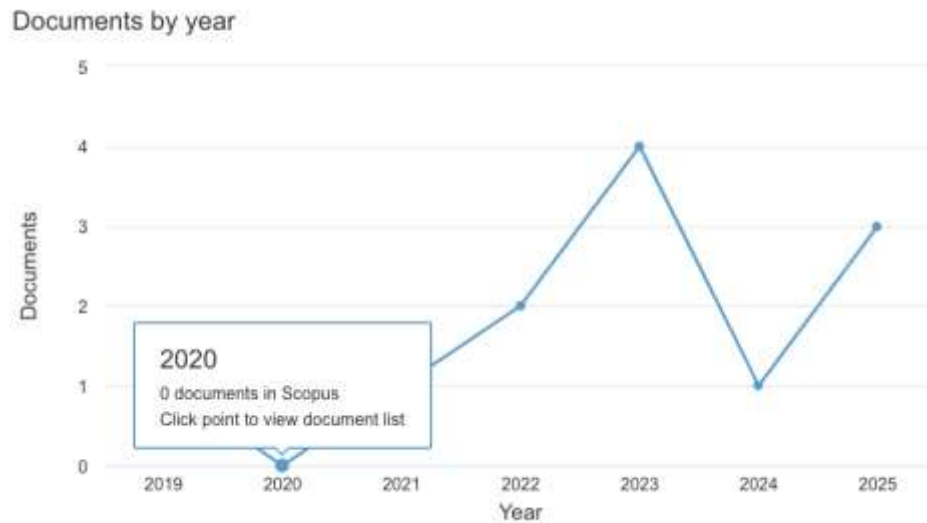


Nota. Elaboración propia a partir de la base de datos Scopus (2020–2025).

La Figura 4 evidencia la tendencia anual de las publicaciones entre los años 2020 y 2025 evidenciando un crecimiento constante en la producción científica, especialmente a partir de 2022, lo que da como resultado el gran interés por desarrollar diferentes alternativas para materiales de construcción sostenibles, alineados con los principios de economía circular

### Figura 4

*Tendencia de publicaciones por año (2020–2025).*



Nota. Elaboración propia a partir de la base de datos Scopus (2020–2025).

Las investigaciones consultadas coinciden en que la adopción de plásticos reciclados en la construcción es una solución eficaz para la gestión de residuos. Los datos respaldan esta premisa: casos como el de Panamá evidencian que ladrillos con un 55% de PET son más económicos y resistentes, mientras que otros análisis sobre concretos y bloques alternativos muestran una clara reducción de costos y emisiones de CO<sub>2</sub>. Sumado a esto, el llamado internacional a instrumentar tratados sobre contaminación y aprovechar polímeros como PE, PP, PVC y PS, refuerza la conclusión de que es indispensable seguir promoviendo políticas e investigaciones que faciliten esta transición tecnológica

## **Metodología de investigación**

### **Enfoque de la investigación: cualitativo**

Este estudio se desarrolla en un enfoque cualitativo, dado que describe y analiza el uso del plástico reciclado en productos de construcción en Colombia a partir del análisis interpretativo de documentos, experiencias y marcos regulatorios. Según Hernández et al., (2014), la investigación cualitativa se orienta al examen de fenómenos dentro de su contexto natural mediante el uso de información textual, sin recurrir a mediciones estadísticas.

Este enfoque resulta pertinente debido a que el estudio se basa principalmente en información secundaria —artículos científicos, documentos técnicos, normas, informes institucionales y publicaciones especializadas— que contienen información descriptiva y explicativa sobre las prácticas y regulaciones del sector. Para Flick (2015), este tipo de investigación permite identificar significados, patrones y categorías presentes en los textos, lo cual facilita la comprensión de procesos complejos como la gestión de residuos plásticos y su integración en materiales constructivos.

Asimismo, Ñaupas Paitán et al., (2018) señalan que la investigación cualitativa documental posibilita recopilar, organizar y examinar información de carácter académico, técnico y legal, permitiendo construir una comprensión integral del fenómeno analizado. Esta metodología ofrece un soporte sólido, ya que permite interpretar la información disponible y reconocer los aportes, desafíos y oportunidades documentadas en la literatura reciente que describe el uso de plástico reciclado en la construcción.

## **Diseño y alcance**

El estudio emplea un diseño no experimental y transversal, de enfoque documental, dado que se fundamenta en el análisis de información previamente publicada entre los años 2020 y 2025. Según Hernández et al., (2014), los enfoques no experimentales se basan en el análisis de los hechos en su escenario natural, sin introducir cambios en sus variables, lo que es apropiado para investigaciones centradas en el análisis de documentos.

El carácter transversal implica que el análisis se realiza en un periodo definido para capturar el estado actual de las normativas, las prácticas técnicas y las experiencias relacionadas con el uso de plástico reciclado en materiales de construcción durante el marco temporal señalado.

Asimismo, el diseño documental permite reunir, organizar y examinar de manera sistemática fuentes secundarias como normas técnicas y legales, informes gubernamentales, estudios científicos y casos piloto, seleccionadas por su pertinencia temática, confiabilidad y vigencia (2020-2025). Según Ñaupas et al., (2018), la revisión documental es esencial para generar conocimiento estructurado y respaldado en evidencia ya publicada.

El alcance del estudio es cualitativo, pues busca caracterizar y sintetizar la información disponible sobre experiencias nacionales e internacionales, marcos regulatorios, impacto ambiental y aspectos técnicos, sin pretender establecer relaciones causales ni inferencias estadísticas (Hernández et al., 2014).

Este enfoque de diseño no experimental brinda rigurosidad metodológica, ya que permite identificar patrones, vacíos de información y buenas prácticas, contribuyendo a comprender cómo se está incorporando el plástico reciclado en la construcción. Además,

ofrece una base sólida para generar conclusiones aplicables y alineadas con el contexto actual del sector, lo que fortalece la utilidad práctica de los resultados.

## **Población documental**

La población documental de esta investigación está establecida por el conjunto de fuentes secundarias publicadas entre un período del 2020 al 2025 que consideran el uso de plásticos reciclables en materiales de construcción, así como aquellas que incluyen marcos normativos, lineamientos técnicos, informes de sostenibilidad y casos piloto relacionados con el tema.

Este periodo de estudio (2020-2025) establece un marco de referencia vigente para el análisis de la información, obteniendo hallazgos relevantes y alineados con tendencias actuales en cuanto a sostenibilidad y gestión de residuos plásticos en la industria de la construcción. Según Ñaupás Paitán et al., (2018), la delimitación de la población en los estudios documentales es esencial para garantizar que los datos sean suficientes y pertinentes en el análisis.

En este caso, la población incluye documentos de carácter público y de libre acceso o disponibles mediante bases de datos académicas y técnicas, tales como:

- Normas técnicas y legales vigentes en Colombia tales como la Ley 2232 de 2022, las normas técnicas colombianas (NTC) y resoluciones complementarias relacionadas con la gestión de residuos plásticos.
- Artículos científicos indexados publicados en plataformas académicas como Scopus, SciELO, ScienceDirect, entre otras, que reportan avances técnicos y resultados sobre la incorporación de plásticos reciclados en materiales de construcción

- Informes gubernamentales y documentos técnicos de entidades públicas relacionados con políticas de gestión de residuos, sostenibilidad y construcción.
- Informes y guías de organismos internacionales como ONU-Hábitat, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), PNUMA, que ofrecen marcos de referencia globales y comparativos.
- Casos piloto documentados en Colombia e internacionalmente, publicados en informes técnicos, memorias de congresos o repositorios académicos

La correcta delimitación de esta población documental favorece la confiabilidad y validez de los hallazgos cualitativos y en algunos casos cuantitativos, ya que permite centrarse en fuentes que reflejen de manera precisa el estado actual del uso de plástico reciclado en la construcción. Como sostiene Flick (2015), la calidad de los estudios documentales se basa en buena medida en la selección y organización sistemática de las fuentes de información.

El análisis de la población documental se orienta a organizar, sintetizar y describir los contenidos relevantes, con énfasis en la viabilidad técnica, impacto ambiental, marcos regulatorios, barreras y oportunidades. Este proceso fortalece el fin de aportar una visión amplia y actualizada que sustente las conclusiones y recomendaciones del estudio.

### **Variables de análisis**

La investigación se orientó a describir y analizar las variables que se presentan en la siguiente Tabla, donde se organiza cada categoría con su enfoque de análisis e indicador.

**Tabla 1***Variables de análisis*

Variable	Enfoque de Análisis	Indicador
Economía circular	Análisis cualitativo de estrategias de cierre de ciclo y modelos de negocio	Identificación de modelos de negocio (Reciclaje, Ecodiseño, Simbiosis Industrial) y mapeo de aplicaciones prácticas (ej. carreteras, bloques modulares).
Sostenibilidad:		
➤ Impacto ambiental (LCA)	Análisis ambiental en cuanto a efectos positivos o negativos en el empleo de plásticos reciclados dentro de la industria constructiva como: cambio climático, consumo de energía, uso del agua, usos de recursos, toxicidad humana y residuos generados reducción de residuos y huella ecológica.	Potencial de calentamiento global (GWP). Energía primaria total. Huella hídrica. Depleción de recursos. Potencial de toxicidad humana. Tasa de residuos no reciclados.
➤ Impacto económico (LCC)	Evaluación económica que integra los costos iniciales asociados a la inversión, gastos operativos y de mantenimiento, los gastos de disposición final, el costo total a lo largo de su vida útil, rentabilidad de la inversión, incentivos fiscales o ayudas gubernamentales para uso de materiales reciclados, estabilidad de precios del material reciclado.	Costos de adquisición y manufactura, costo de implementación, costo de operación, costo de disposición o reciclaje, suma de costos, ROI.
➤ Impacto social (S-LCA)	Análisis social con un enfoque en condiciones laborales, salud y seguridad, equidad de género, salarios dignos, participación comunitaria, formalización de recicladores informales, impactos en la salud pública, aceptación social del producto.	Tasa de empleo local generado, afectaciones en salud por químicos o manipulación, porcentaje de mujeres empleadas, relación salario promedio/salario mínimo, proyectos de impacto social, vinculación de comunidades de recicladores.
Viabilidad técnica	Capacidad que tiene un material con plástico reciclado para alcanzar estándares estructurales, durabilidad y funcionalidad exigidos.	Datos extraídos de documentos: resistencia a compresión y flexión (MPa), absorción de agua (%), densidad, comparaciones con materiales convencionales.
Normativa y marco regulatorio	Análisis cualitativo y comparativo (benchmarking) de los marcos normativos, políticos e incentivos que regulan la gestión y el uso del plástico reciclado.	I Mapeo de "arquetipos" de políticas internacionales (UE, India, Chile, Japón)  Identificación del marco legal colombiano (Ley 2232/2022, Res.

Variable	Enfoque de Análisis	Indicador
		0803/2024) y las metas de reincorporación (Pacto por los Plásticos).
		Identificación de la brecha de normas técnicas (NTC) específicas para construcción.
Retos y oportunidades	Factores que impiden o favorecen la adopción técnica, normativa, social, del plástico reciclado en materiales de construcción.	Codificación de barreras: percepción, falta de estandarización, resistencia de mercado. Codificación de facilitadores: políticas públicas, normas técnicas, experiencias piloto.

La Tabla 1 presenta las principales variables analizadas en el estudio, organizadas para mostrar su significado conceptual y la forma como se operacionalizaron a partir de los documentos revisados en el periodo 2020-2025.

### **Instrumentos y técnicas de recolección de información**

En coherencia con el enfoque cualitativo-documental y descriptivo, la recopilación de datos se basará en la revisión sistemática y el análisis organizado de diversas fuentes documentales comprendidas en el período 2020 y 2025, que respondan a los objetivos del estudio. Según Thomas (2020), las revisiones sistemáticas permiten identificar, seleccionar y sintetizar evidencia científica de manera rigurosa a partir de criterios de inclusión y exclusión claramente definidos, favoreciendo la transparencia y reproducibilidad del proceso investigativo.

Para llevar a cabo esta labor, se diseñaron e implementaron los siguientes instrumentos principales:

➤ **Ficha de registro documental:**

Esta herramienta se elaboró con el propósito de capturar de manera estandarizada los datos esenciales de cada fuente consultada. Incluye campos como: referencia bibliográfica en formato APA, tipo de documento (artículo científico, norma técnica, informe técnico, caso piloto), autor o institución responsable, año de publicación, país o región, objetivo del documento, variables o indicadores reportados (viabilidad técnica, impacto ambiental, normativa), resultados relevantes, recomendaciones y barreras o facilitadores identificados.

De acuerdo con Ñaupas Paitán et al., (2018), la ficha de registro documental permite organizar y sistematizar los datos de las fuentes primarias o secundarias, reduciendo el riesgo de omitir información relevante durante el análisis.

- **Matriz de codificación temática:** Se elaboró una matriz cualitativa para agrupar la información por categorías temáticas previamente definidas, tales como viabilidad técnica, impacto ambiental, normativa, barreras y facilitadores. Flick (2015) destaca que el uso de matrices temáticas facilita el proceso de codificación y categorización en investigaciones cualitativas, permitiendo reconocer patrones, similitudes y diferencias entre documentos.
- **Checklist normativo:** Se creó una lista de verificación dirigida a revisar el cumplimiento y la presencia de normativas técnicas y legales vigentes —por ejemplo, NTC, Ley 2232 de 2022, resoluciones ambientales— en cada documento relevante. Este instrumento permitió evaluar de manera sistemática la pertinencia normativa de los casos y estudios revisados

## Técnicas de análisis de datos

- **Revisión bibliográfica sistemática:** Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de documentos en bases de datos académicas (Scopus, SciELO, ScienceDirect, Google Scholar), portales de organismos internacionales y repositorios institucionales. Esta técnica, según Hernández et al., (2014), es fundamental en investigaciones documentales al permitir compilar y organizar el conocimiento existente.
- **Análisis de Contenido Cualitativo:** Una vez recolectada la información, se aplicó un análisis de contenido basado en categorías temáticas, lo que permitió, organizar, interpretar y comparar los hallazgos de las diversas fuentes. Este método, propuesto en la guía de ATLAS.ti, (2025), resulta útil para detectar patrones recurrentes, vacíos y enfoques diferenciados entre documentos analizados.
- **Análisis de Contenido Cuantitativo:** El uso combinado de estos instrumentos y técnicas garantizó que la recolección de datos fuera rigurosa, organizada y alineada con los objetivos descriptivos de la investigación. Asimismo, contribuyó a fortalecer la validez del estudio al permitir un análisis sistemático de documentos relevantes, actuales y de alta calidad metodológica, con el fin de analizar los datos no numéricos, identificar comportamientos, experiencias en la industria, identificar patrones, y con ello, obtener un análisis del comportamiento del uso del plástico reciclado en materiales de construcción de una manera contextualizada.

## Metodología para cumplimiento de los objetivos

A continuación, la Tabla 2 presenta la metodología diseñada para abordar de manera sistemática los objetivos de esta investigación, el estudio hace parte de la revisión documental Sistemática de enfoque cualitativo y cuantitativo que permite una aproximación rigurosa y organizada a la evidencia disponible. El diseño se ha estructurado para responder a la naturaleza secuencial de los objetivos: primero, establecer un panorama general (diagnóstico) y, segundo, analizar en profundidad un contexto particular (retos y oportunidades en Colombia). Para ilustrar esta estructura de forma clara y concisa, el siguiente cuadro desglosa para cada objetivo las actividades específicas a realizar y el alcance metodológico que guiará el proceso.

**Tabla 2**

### *Metodología para el cumplimiento de los objetivos*

Objetivo	Actividades	Metodología
Desarrollar el marco teórico que sustente la incorporación de plástico y su uso en materiales de construcción en Colombia.	Definir criterios de búsqueda: Establecer palabras clave, bases de datos y periodo de análisis de 5 años (2020–2025).  Recolectar y filtrar fuentes: Seleccionar artículos, tesis, informes y normas relevantes.  Extraer y caracterizar información: Identificar conceptos, tecnologías, propiedades y aplicaciones del plástico en construcción.  Analizar comparativamente: Integrar resultados internacionales y nacionales para construir el cuerpo teórico.	Revisión Documental Sistemática (RDS) de enfoque cualitativo y alcance descriptivo-exploratorio. Permite identificar, analizar y organizar la información científica, técnica y normativa para sustentar teóricamente el uso del plástico reciclado como material de construcción en Colombia
Diagnóstico nacional e internacional sobre el uso de plástico reciclado en proyectos de construcción.	1. Mapeo documental sistemático a nivel internacional y nacional en el período comprendido entre 2020 - 2025. 2. Extracción y caracterización de datos correspondientes al uso de plástico reciclado	Revisión Documental Sistemática con un Alcance Descriptivo-Exploratorio. Su finalidad es identificar y organizar la información

Objetivo	Actividades	Metodología
<p>Retos y oportunidades que incentiven el uso de plástico reciclado como material alternativo en la construcción en Colombia.</p>	<p>en materiales para la construcción con enfoque en: economía circular, la sostenibilidad, desempeño técnico, marco normativo y político y casos de uso.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis focalizado de políticas, normas y estudios de caso en Colombia.</li> <li>2. Evaluación contextual con el Checklist Normativo.</li> <li>3. Codificación e interpretación de factores (barreras y facilitadores) y sus interrelaciones.</li> </ol>	<p>existente para construir un panorama general y detallado del "qué" y el "dónde".</p> <p>Análisis de Contenido Cualitativo con un Alcance Analítico. Su finalidad es analizar la información documental para explicar el "porqué" y el "cómo" de los fenómenos en un contexto específico.</p>

## **Diagnóstico nacional e internacional sobre el uso de plástico reciclado en materiales de construcción**

En los últimos años, el reciclaje de plásticos ha ganado relevancia debido a la necesidad de reducir el impacto ambiental generado por estos residuos y aprovecharlos como recurso en nuevos procesos productivos. El sector de la construcción se presenta como un escenario con gran potencial, ya que permite incorporar el plástico reciclado en mezclas, elementos de refuerzo, acabados y otros componentes, aportando así a la sostenibilidad.

Con el objetivo de conocer cómo se está aplicando esta práctica a nivel mundial y en Colombia, se realizó un diagnóstico nacional e internacional sobre el uso de plástico reciclado en proyectos de construcción. Para este análisis, se desarrolló un mapeo documental sistemático que incluyó publicaciones y experiencias comprendidas entre los años 2020 y 2025, con el fin de reunir y analizar la información más reciente.

Basados en la tabla 1- Variables de análisis, los datos recopilados fueron sistematizados y analizados de manera integral con el propósito comprender la viabilidad ambiental, técnica, económica, social y normativa del uso de plásticos reciclados en materiales de construcción tanto a nivel internacional como su uso en Colombia. Este análisis, de carácter cualitativo (análisis interpretativo o de experiencia, casos y tendencias) y/o cuantitativo (recolección y análisis de datos), permitió examinar el fenómeno desde cuatro dimensiones o pilares interrelacionadas:

- Economía circular y el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción
- La sostenibilidad en el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción
- Desempeño técnico de materiales de construcción con plástico reciclado
- Marco normativo y político en el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción.

La integración de estos enfoques posibilita una comprensión más profunda de las dinámicas que determinan la viabilidad técnica, ambiental y regulatoria de los materiales con plástico reciclado, constituyendo la base para la formulación de estrategias encaminadas al fortalecimiento de la sostenibilidad en la industria de la construcción.

### **Diagnóstico de la Economía circular y el uso de plástico en materiales para la construcción**

El uso del plástico reciclado en la construcción se ha convertido en una de las alternativas más relevantes dentro de la economía circular. Esta práctica ofrece una forma real de reducir la contaminación, disminuir la extracción de materiales no renovables y aprovechar mejor los residuos plásticos que normalmente terminarían en el ambiente. Al reutilizar estos materiales, se evitan las emisiones que genera la producción de plásticos nuevos, lo que contribuye a frenar el cambio climático.

El enfoque no solo aporta beneficios ambientales, incluso impulsa la creación de nuevas tecnologías, abre oportunidades de empleo verde y favorece modelos productivos más responsables y sostenibles. En este escenario, el plástico reciclado deja de ser un desperdicio para convertirse en un recurso con valor para el sector de la construcción.

A nivel mundial, la incorporación de residuos plásticos en materiales y procesos constructivos ha ganado relevancia gracias a los beneficios que ofrece en términos de durabilidad, aislamiento térmico, resistencia y bajo mantenimiento, además de su potencial para sustituir parcialmente materiales convencionales como el cemento, el asfalto o la madera. Iniciativas públicas y privadas en diferentes países han impulsado normativas, incentivos fiscales y programas de investigación orientados a aprovechar este tipo de residuos en pavimentos, bloques modulares, tuberías, revestimientos y elementos estructurales.

La siguiente revisión documental recopila avances a nivel internacional y nacional, destacando los esfuerzos realizados como India, Países bajos, China, Brasil, Sudáfrica y reino unido y Colombia, donde se han desarrollado proyectos orientados al aprovechamiento de plástico reciclado en la construcción.

Cada caso se presenta con información sobre los documentos principales, el enfoque de análisis, y los parámetros de la medición, con el objetivo de comparar como la economía circular está transformando la manera de construir en diferentes partes del mundo.

**Tabla 3**

*Revisión documental de la Economía circular (Nacional e Internacional)*

Internacional					
Documento	Autor	Enfoque	País	Enfoque de análisis	Parámetros de medición
Utilization of Waste Plastic Materials in Road Construction	Raut A., Dhengare S., Dandge A., Nikhade H. (2023)	Cuantitativo (ensayo experimental)	India	Estudio de caso/experimental: mezcla de plásticos (PET, LDPE, HDPE) en asfaltos, pruebas de resistencia y durabilidad.	Porcentaje de plástico añadido (%), flujo, variación de propiedades mecánicas, comparación vs mezcla convencional.
Opening of world's first modular PlasticRoad bike path in Zwolle, The Netherlands	(KWS-VolkerWessels / Wavin / Total) (2018)	Cualitativo + Cuantitativo (piloto de infraestructura)	Países Bajos	Estudio de caso: infraestructura modular de plástico 100 % reciclado, pilotaje en carril bici.	kg de plástico reciclado usado, metros/pistas construidas, reducción de CO <sub>2</sub> estimada (%), peso/m <sup>2</sup> , durabilidad estimada (vida útil comparativa).
Recycled Materials in Construction: Trends, Status, and	Wu J., Ye X., Cui H. (2025)	Mixto (revisión sistemática)	China	Revisión documental de 1533 publicaciones; análisis de tendencias, tecnologías, políticas	Volúmenes de publicaciones científicas, crecimiento estimado del mercado (USA)

Future of Research					distribución geográfica de producción, usos de polímero y nivel de adopción industrial proyectado
A Review on Life Cycle Assessment of Pavements in Brazil.	N. C. Wintruff et al. (2023).	Mixto análisis cuantitativo LCA combinado con revisión documental sobre materiales y desempeño de pavimentos.	Brasil.	Análisis sistemático con aplicación de LCA en pavimentos, comparación entre mezclas tradicionales y diseños que incorporan residuos plásticos; identificación en información y en metodologías locales.	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> o kg CO <sub>2</sub> e/tonelada) GWP (Global Warming Potential)  Consumo energético incorporado por tipo de pavimento.
A Review of Fibre Reinforced Polymer (FRP) Bridges estado del arte y aplicaciones.	J. Qureshi et al. (2023).	Cualitativo-técnico con evidencia empírica	Reino Unido	Revisión bibliográfica y estudio de casos sobre uso de polímeros reforzados (FRP) y compuestos plásticos en estructuras (puentes peatonales/vehiculares): evaluación de propiedades mecánicas, durabilidad y mantenimiento; discusión sobre diseño y normativa.	Peso por metro lineal y capacidad de carga (toneladas). Vida útil proyectada vs mantenimiento requerido (años / coste \$).
The use of plastic waste in road construction	Investigadores y revisiones publicadas (ej.: Asteray et al., revisiones en PMC; capítulos y artículos locales).	Mixto revisión documental y análisis de pilotos experimentales (ensayos de laboratorio y experiencias de campo en la región).	Sudáfrica	Síntesis de evidencia técnica sobre la incorporación de HDPE/PET/LDPE en mezclas asfálticas (procesos "wet" y "dry"); evaluación de factibilidad técnica, impactos ambientales y riesgos ocupacionales; identificación de barreras normativas locales.	Cantidad de plástico por km de carretera (kg/km).
Nacional					

Documento	Autor	Enfoque	Alcance	Enfoque de análisis	Parámetros de medición
Guía de materiales para la construcción sostenible	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente, 2023)	Cualitativo diagnóstico de política pública y lineamientos técnicos sobre uso de materiales sostenibles y reciclados (plástico incluido).	Colombia	Revisión documental de políticas nacionales (Estrategia Nacional de Economía Circular, Guía de materiales sostenibles). Identificación de lineamientos técnicos para el uso de plásticos reciclados en construcción.	Existencia de guías oficiales, inclusión de plásticos en lineamientos, grado de adopción por entidades territoriales.
Estudios de caso y proyectos locales sobre bloques y elementos constructivos con plástico reciclado	Repositorios universitarios: Gómez Pachón (2020); Ortiz Marín (2023)	Cuantitativos estudios experimentales sobre desempeño de bloques y ladrillos fabricados con plástico reciclado (PET y mixtos).	Colombia	Revisión de ensayos mecánicos, térmicos y de durabilidad. Análisis de la mezcla de plásticos con cemento y arena.	Resistencia a compresión (MPa), absorción de agua (%), conductividad térmica (W/mK), porcentaje de plástico por mezcla (%).
Proyectos piloto y experiencias empresariales (Conceptos Plásticos, UNICEF, startups locales)	Conceptos Plásticos; UNICEF Colombia; alianzas ONG-empresa (2021-2024)	Mixto aplicación práctica y social del reciclaje en soluciones habitacionales y educativas.	Colombia	Mapeo de actores y revisión de proyectos piloto (bloques reciclados, viviendas, aulas). Evaluación de impacto social y ambiental.	Toneladas de plástico transformado/año, número de viviendas o aulas construidas, indicadores de empleabilidad circular.

Nota. Se describen los avances más relevantes a nivel internacional y nacional, organizados por país o región.

El aprovechamiento del plástico reciclado en la construcción constituye una estrategia clave dentro de los objetivos de sostenibilidad global y de transición hacia una economía circular. No obstante, su implementación masiva enfrenta diversos retos técnicos, normativos y económicos que deben ser abordados mediante políticas integradas, innovación tecnológica y cooperación entre actores públicos y privados (García et al., 2022; Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2023).

## ***Análisis y Discusión de Resultados***

El aprovechamiento de plásticos reciclados en la industria de la construcción se enmarca de manera directa en los principios de la Economía Circular (EC), cuyo propósito central es mantener los materiales en uso durante el mayor tiempo posible, reducir la generación de residuos y disminuir la presión sobre los recursos naturales. En este contexto, la incorporación de plásticos posconsumo o posindustriales como insumos en pavimentos, bloques, estructuras y otros componentes constructivos representa una estrategia de cierre de ciclos dentro del flujo de materiales.

A nivel internacional, países como India, los Países Bajos, China, Brasil, el Reino Unido y Sudáfrica han demostrado que la valorización de residuos plásticos contribuye a la sostenibilidad ambiental pero también a la innovación tecnológica y a la eficiencia económica de las industrias de infraestructura. Por ejemplo, en India se han construido más de 33.000 km de carreteras con plástico reciclado, evitando el vertimiento de miles de toneladas de residuos en vertederos (Raut et al., 2023). En los Países Bajos, el desarrollo de la PlasticRoad ha permitido crear estructuras modulares totalmente recicladas y reutilizables, alineadas con la estrategia europea de circularidad de plásticos (KWS–Wavin, 2018).

Desde el enfoque de la economía circular, estas prácticas se relacionan con varios modelos circulares de negocio y de gestión de materiales, entre ellos:

- Reciclaje y remanufactura, la transformación de residuos plásticos en materia prima secundaria (PET, HDPE, LDPE) para uso estructural o no estructural.
- Ecodiseño, el desarrollo de productos modulares, reparables y reciclables.

- Simbiogénesis industrial, la integración entre sectores como empresas de reciclaje, constructoras y universidades, para cerrar ciclos de materiales.
- Economía de servicios, la reducción de costos de mantenimiento y prolongación de la vida útil de infraestructuras mediante componentes ligeros y durables.
- Políticas de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), los mecanismos regulatorios que incentivan la recuperación del material plástico y su reincorporación en la cadena productiva.

En el caso de Colombia, la conexión con la economía circular se refleja en instrumentos como el Plan Nacional de Economía Circular (PNEC,2019), y la guía de materiales para la construcción sostenible del Ministerio de ambiente (MinAmbiente, 2023), los cuales orientan el aprovechamiento de los residuos plásticos como recursos con valor productivo. Experiencias como las desarrolladas por conceptos plásticos y diversos proyectos de bloques modulares destinados a vivienda social, muestran como los desechos pueden reincorporarse a la cadena constructiva mediante procesos que impulsan la innovación y generación de oportunidades, ofreciendo un ejemplo claro de circularidad aplicada al sector de la construcción.

De manera general, la implementación de estas prácticas impacta los tres pilares de la economía circular, por parte de ambiental, la reducción de residuos, menor extracción de recursos naturales, mitigación de emisiones, en el económico, la disminución de costos de producción y mantenimiento, creación de mercados secundarios para materiales reciclados y el social, la generación de empleo verde, inclusión de recicladores y desarrollo de tecnologías locales.

En conjunto, lo evidenciado en diversas experiencias internacionales muestra que la incorporación de plástico reciclado en la construcción no solo cumple con los requisitos

tecnicos y que funciona como un mecanismo clave para avanzar en un modelo circular. Esta práctica contribuye a que los plásticos regresen al ciclo productivo, impulsa procesos de innovación y aporta a la capacidad del sector constructor para adaptarse y responder a nuevas demandas ambientales y productivas.

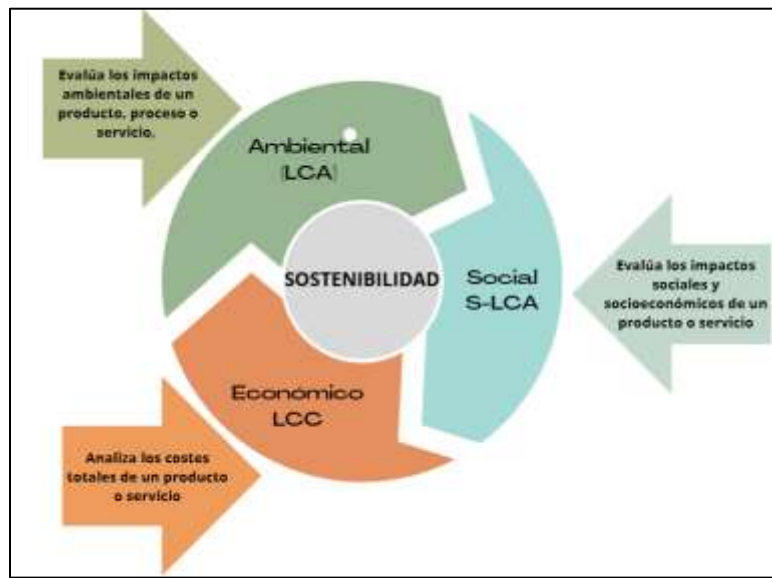
### **Diagnóstico de la sostenibilidad en el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción**

Con el fin de enfocar este diagnóstico en materia de sostenibilidad, primero recordemos que según la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo [CMMAD], (1987), sostenibilidad es definida como la capacidad de responder a las necesidades actuales de la población sin afectar la capacidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades, y que, las metodologías de sostenibilidad se centran en evaluar tres dimensiones o pilares fundamentales: el ambiental, el económico y el social.

De acuerdo con la metodología planteada en la tabla 2, y junto con un análisis documental con enfoque en fuentes primarias y secundarias, se realizó un diagnóstico documental, combinando métodos de análisis cuantitativos y cualitativos, con el fin de realizar una evaluación integral de sostenibilidad que nos permite identificar, comparar y analizar los retos y oportunidades en el empleo del plástico reciclado en la industria de la construcción, tanto a nivel internacional y a nivel Colombia. En diagnóstico se basa en los tres pilares fundamentales mediante el Análisis de Ciclo de Vida o LCA, el Análisis de Costos de Ciclo de Vida o LCC y el Análisis del Ciclo de Vida Social o SLCA, que permiten determinar el impacto ambiental, el impacto económico y energético de estos materiales, y los beneficios sociales a lo largo hasta el fin de su vida como se muestra en la figura 5.

**Figura 5**

*Sostenibilidad y sus 3 pilares*



Nota. Elaboración propia

➤ **Resumen Integrado (LCA, LCC y SLCA)**

Como resultado del diagnóstico tanto nacional como internacional, globalmente la utilización de estos materiales plásticos en la industria constructiva ha evidenciado un crecimiento sostenido con impactos en su mayoría positivos en cuanto a sostenibilidad, impulsado principalmente por políticas de economía circular y normativas ambientales más estrictas.

El aprovechamiento de estos materiales en elementos constructivos como ladrillos, adoquines y agregados en concreto, evidencia un balance y beneficio en la sostenibilidad, aunque con algunas brechas u oportunidades de mejora entre pilares que se indicaran más

adelante. A continuación, se presenta un resumen del diagnóstico nacional e internacional para cada uno de los pilares:

**LCA (Pilar Ambiental):** Se evidencia una reducción significativa en emisiones como el CO<sub>2</sub> y su impacto en la reducción del Potencial de Calentamiento Global (GWP), con datos reportados que van del 13% al 54%, dependiendo del producto y el proceso, en comparación con el concreto tradicional o virgen. Estudios también evidencian que la aplicación de plástico en suministros en el sector constructivo ofrece excelentes propiedades de aislante térmico y acústico, con lo cual se obtiene una reducción en el consumo energético en edificaciones.

A nivel nacional, el beneficio es la mitigación de la contaminación y la reducción de la basura enviada a rellenos sanitarios, ya que solo el 17% de la basura total (12 millones de toneladas/año) se recicla. Los estudios también evidenciaron, que hay un punto crítico en cuanto al impacto en la toxicidad humana de un 93.4% por el reciclaje mecánico, este impacto junto al impacto en huella hídrica, son indicadores poco estudiados o con riesgos asociados al consumo eléctrico y uso de químicos durante el proceso de lavado y adecuación de los materiales.

**LCC (Pilar Económico):** A nivel internacional, como resultado del diagnóstico económico, se evidencia una viabilidad económica en el uso de estos materiales plásticos reciclados con costos iniciales de producción que pueden llegar a ser del 25% más económicos que el uso de materiales vírgenes.

En cuanto a las fases de instalación y operación, hay sistemas en los que no se requiere de recurso humano especializado para el ensamblado reduciendo los costos; al usar mezclas de materiales plásticos con materiales comunes en construcción, estudios registraron

disminuciones de alrededor del 41% en requerimientos energéticos y en climatización, lo cual reduce los costos operativos; otros estudios documentan ahorros en el Costo Total del Ciclo de Vida de hasta 5.9% en estructuras de concreto ligero con agregados plásticos reciclados, debido a la reducción en el volumen de materiales como el concreto hasta 7.23% y el acero en hasta 7.18%. En Colombia, los proyectos locales como el ladrillo de PET muestran una viabilidad económica en la disminución de costos operativos debido al menor tiempo de manejo e instalación del material.

**SLCA (Pilar Social):** La dimensión social ofrece un impacto más directo en economías como la colombiana, con proyectos que contribuyen a la solución de déficit habitacional (acceso a la vivienda digna) y a la gestión de residuos. Se evidencian beneficios en cuanto a la integración social, la generación de salarios dignos y el empoderamiento de mujeres recolectoras, aunque también se documentan brechas en cuanto al bienestar y seguridad de los recicladores informales y los riesgos asociados a la exposición de estos materiales y sus contaminantes (como micro plásticos y químicos), durante el manejo, adecuación y uso de los desechos plásticos, lo cual indica una ventaja importante en formalización y controles rigurosos durante el reciclaje y manipulación de los plásticos.

A nivel internacional, estudios documentan impactos sociales en cuanto al Trabajo Decente y la Equidad de Género. Los proyectos adoptados tienen como finalidad la formalización de recicladores, la creación de empleo y la equidad de género (ej. 185 mujeres organizadas en proyectos de Plastic Bricks en África, implementado por una organización colombiana), y la construcción de infraestructura social con mano de obra no especializada.

La siguiente Tabla 4-Revisión documental de la Sostenibilidad (Nacional e Internacional), presenta el detalle de los resultados del diagnóstico de sostenibilidad basado en

los tres pilares de ambiental, económico y social. Los resultados muestran indicadores estructurados bajo un entorno sostenible, fueron evaluados de manera cualitativa y/o cuantitativa, dependiendo de la información documentada, el resultado del análisis y datos, si el estudio es a nivel nacional o internacional y su fuente de información.

**Tabla 4**

*Revisión documental de la Sostenibilidad (Nacional e Internacional)*

Documento	País	Indicador y enfoque de análisis	Parámetros de medición
Alqahtani et al. (2021); Alqahtani et al. (2023); Bautista et al. (2023); Roy et al. (2025)	Internacional (Canadá/Estudio experimental), (Arabia Saudita)/Nacional (Colombia)	LCA: Cambio Climático (GWP)  Cuantitativo Cualitativo	Reducción de GWP de hasta 45% (vs. concreto ordinario) y 54% (vs. concreto resistente a heladas) al usar compuestos de plástico reciclado. Reducción de las emisiones de carbono de hasta 13% en concreto ligero con agregados plásticos reciclados (RPA) debido a su rendimiento térmico superior. El nuevo material, mezcla con plástico reciclado, produce un menor impacto ambiental que el plástico virgen, presentando una reducción de 96% de CO <sub>2</sub> eq vs. el mismo compuesto con policarbonato virgen.
Alqahtani et al. (2023); Castillo Moncayo (2018); Martín-Lara et al. (2022);	Internacional (España/Global)/(Arabia Saudita)/Nacional (Colombia)	LCA: Consumo de Energía  Cuantitativo / Cualitativo	El reciclaje mecánico puede reducir la energía primaria hasta en 30–80% en comparación con el polímero virgen. La fase de lavado en el reciclaje es la que tiene el mayor impacto ambiental debido al consumo de electricidad. Reducción de hasta 21% en el consumo total de energía y 15% en la energía operativa anual para edificios residenciales que usan agregados plásticos reciclados (por aislamiento térmico superior). El sistema <i>Brickarp</i> (PET reciclado) es un excelente aislante térmico, acústico y eléctrico
The Circulate Initiative (s.f.). Plastic Lifecycle Assessment Calculator for the Environment	Internacional (Revisión LCA/LAC)	LCA: Uso del Agua  Cualitativo	La huella hídrica es una categoría poco reportada en LCAs de plásticos reciclados en construcción. Los proyectos de reciclaje en LAC (incluida Colombia) ofrecen ahorros en el consumo de agua al desviar plástico del vertedero.

Documento	País	Indicador y enfoque de análisis	Parámetros de medición
and Society (PLACES).			
da Silva et al. (2021)	Internacional & Nacional (Colombia)	LCA: Uso de Recursos Cuantitativo	Teniendo en cuenta que la construcción genera aproximadamente el 40% de los materiales extraídos de la naturaleza, los proyectos con plástico reciclado permiten sustituciones de agregados entre 5% y 25% en ladrillos y adoquines, y hasta 50–100% en bloques modulares tipo "lego", reduciendo la demanda de recursos naturales
Castillo Moncayo (2018); Cirino et al. (2023); Martín-Lara et al. (2022)	Internacional (España/Indonesia)/ Nacional (Colombia)	LCA: Toxicidad Humana Cuantitativo / Cualitativo	La toxicidad humana representa el 93.4% del impacto total en el LCA del reciclaje mecánico de plástico, principalmente por el consumo eléctrico en el lavado y su exposición a microplástico. El uso de resina epoxi en eco-ladrillos puede aumentar los impactos en la salud humana.  Se requiere mayor investigación sobre los riesgos y la liberación de microplásticos y sus potenciales efectos en la salud respiratoria.
Cañola et al. (2021); Chaves Pabón et al. (2020)	Nacional (Colombia)	LCA: Residuos Generados Cuantitativo	Colombia produce 12 millones de toneladas de basura por año, de las cuales solo el 17% se recicla. Proyectos locales utilizaron 1,864 kg de materias primas residuales en la construcción de galpones.
Jiang & Bateer (2025); La Rosa et al. (2024)	Internacional (Portugal/Global)	LCA: Nivel de Circularidad del Material Cualitativo	La producción de productos totalmente reciclables y el "diseño para la circularidad" son esenciales para maximizar el reciclaje. El reciclaje mecánico puede llevar a la degradación de propiedades con el tiempo, limitando la circularidad
Chaves Pabon et al. (2020); Rodríguez Martín et al. (2024)	Internacional (General) Nacional (Colombia)	LCC: Costos Iniciales Cualitativo	Costos de producción hasta un 25% menores para materiales reciclados frente a los convencionales, esto dependiendo de los materiales, ya que se evidencia que el costo de adoquín de plástico reciclado puede ser 10% más alto que el de concreto.
Alqahtani et al. (2021); Castillo Moncayo (2018).	Nacional (Colombia) Internacional (Egipto/Arabia Saudí)	LCC: Costos de Instalación Cualitativo/Cuantitativo	El sistema <i>Brickarp</i> utiliza materiales de bajo peso y no requiere mano de obra especializada para su ensamble Se observan ahorros de hasta 7.23% en concreto y 7.18% en acero en estructuras con agregados plásticos ligeros (reduciendo el costo inicial estructural).
Castillo Moncayo (2018); Jiang & Bateer (2025)	Internacional (Argentina) & Nacional (Colombia)	LCC: Costos Operativos y de Mantenimiento	Los muros de plástico reciclado + cemento ahorran el 41% del requerimiento energético de climatización respecto a muros cerámicos huecos, reduciendo el costo operativo.

Documento	País	Indicador y enfoque de análisis	Parámetros de medición
		Cuantitativo/Cualitativo	El material de PET es resistente a la humedad y corrosión, implicando menor mantenimiento a largo plazo. El reciclaje mecánico implica mayores costos en mano de obra en actividades como clasificación y limpieza, y a su vez, los riesgos de salud ya expuestos en LCA.
Jorge-Ortiz et al. (2025).	Internacional & Nacional (Marco Metodológico)	LCC: Costos de Fin de Vida Cualitativo	Los parámetros de medición de este indicador se basan en los costos que hacen parte de las actividades de desmantelamiento y reciclaje, las cuáles generan beneficios económicos en la reutilización y el reciclaje al final de la vida posconsumo.
Alqahtani et al. (2021); La Rosa et al. (2024).	Internacional (Portugal/Global)	LCC: Costo Total del Ciclo de Vida Cuantitativo	El uso de agregados plásticos reciclados puede llevar a ahorros de hasta 5.9% en los costos del ciclo de vida. Un estudio modelado mostró una rentabilidad de hasta €16.000 al año en escenarios de recuperación industrial de plásticos/metales.
Chaves Pabon et al. (2020) ; Jiang & Bateer (2025)	Internacional / Nacional (Colombia)	LCC: Retorno de la Inversión (ROI) Cualitativo	La rentabilidad general es viable, pero depende de la estabilidad de precios del material reciclado frente al virgen. Adoquines de polímero tienen mayor utilidad potencial por tiempos de curado reducidos (24 horas)
Jiang & Bateer (2025); Resolución 0803 de 2024 (Minambiente, 2024)	Nacional (Colombia) & Internacional (UE)	LCC: Incentivos Fiscales Cualitativo	Colombia otorga reconocimientos públicos y beneficios fiscales a quienes cumplan con las metas de reducción de plásticos. En la Unión Europea también permite el uso de créditos de carbono certificados en lugar de pagar impuestos al carbono.
Aguilar-Vásquez et al. (2025); Backes & Traverso (2024); Castillo Moncayo (2018)	Nacional (Colombia) & Internacional	SLCA: Condiciones Laborales Cualitativo	El sistema Brickarp (ladrillos de PET) no requiere mano de obra especializada para su ensamble, facilitando la inclusión de trabajadores no formales o comunitarios. El enfoque social exige mejorar las condiciones de trabajo y los medios de vida de los recicladores. El desempeño laboral es generalmente positivo en el sector formal debido a regulaciones vigentes
Backes & Traverso (2024); Castillo Moncayo (2018); Cirino et al. (2023)	Nacional (Colombia) & Internacional	SLCA: Salud y Seguridad Cualitativo	El ladrillo de plástico reciclable (Brickarp) es ignífugo y excelente aislante eléctrico. Sin embargo, la salud y seguridad de los trabajadores es un punto de alto riesgo en el sector de la construcción debido al contacto con residuos plásticos que afecta negativamente y existe riesgo de liberación de microplásticos

Documento	País	Indicador y enfoque de análisis	Parámetros de medición
Rodríguez Martin et al. (2024); UNICEF (2024).	Nacional (Colombia) Internacional (Côte d'Ivoire, aplicado por empresa colombiana)	SLCA: Equidad de Género  Cuantitativo / Cualitativo	Los proyectos de construcción con plástico reciclado suelen focalizar el empoderamiento de mujeres recolectoras y las madres cabeza de familia. El proyecto Plastic Bricks (UNICEF) ha organizado a 185 mujeres y madres cabeza de familia en asociaciones para la recolección.
Associated Press (2023).	Nacional (Colombia - Bogotá)	SLCA: Salarios Dignos  Cuantitativo / Cualitativo	La formalización y venta de créditos de plástico pueden proporcionar ingresos adicionales y mejores pagos a los recicladores y a la comunidad. Datos de Bogotá (2025) reportan que la mayoría de los recicladores gana por debajo del salario mínimo (US\$350/mes, junio 2025), lo que demuestra la necesidad de mejorar las estructuras de pago.
Cañola et al. (2021).	Nacional (Colombia)	SLCA: Participación Comunitaria  Cualitativo	Los proyectos locales (ej. en Antioquia y Boyacá) fomentan la integración social y la participación comunitaria en la recolección, clasificación y fabricación, especialmente en comunidades rurales y vulnerables.
Cirino et al. (2023); Resolución 0803 de 2024 (Minambiente, 2024).	Internacional / Nacional (Colombia)	SLCA: Formalización de Recicladores Informales  Cualitativo	El Sur Global depende del reciclaje informal, que contribuye al alivio de la pobreza. Los proyectos de créditos de plástico y los marcos regulatorios (ej. Resolución 0803 de 2024 en Colombia) exigen trazabilidad y certificación de conformidad de tercera parte, lo que impulsa la formalización de la cadena de suministro.
Ampuero Antazu y Romero Bueno (2020); Cirino et al. (2023).	Internacional (Global) & Nacional	SLCA: Impactos en la Salud Pública  Cualitativo	El uso de plástico reciclado reduce la cantidad de desechos que terminan en vertederos u océanos, mitigando el impacto en los ecosistemas y la salud humana. El uso de plásticos reciclados mitiga la contaminación ambiental, salvaguardando a poblaciones de bajos recursos de la insalubridad asociada al vertido. Sin embargo, se requiere más investigación sobre la liberación de microplásticos y sus efectos en la salud respiratoria.
Castillo Moncayo (2018); Rodríguez Martin et al. (2024).	Nacional (Colombia)	SLCA: Aceptación Social del Producto  Cualitativo	El Sistema <i>Brickarp</i> contribuye a la solución del déficit habitacional en Colombia. Los consumidores son atraídos por el fuerte compromiso con la sostenibilidad ambiental y la innovación.

Nota. Elaboración propia.

## ***Análisis y Discusión de Resultados***

Como análisis y discusión final del diagnóstico del uso de materiales con residuos plásticos posconsumo en proyectos constructivos basado en la sostenibilidad, refleja un interés creciente en la integración de metodologías de LCA, LCC y SLCA para cuantificar los impactos ambientales, económicos y sociales del sector. A nivel global, el LCA se ha consolidado como la herramienta metodológica más sólida para evaluar impactos desde la extracción de materias primas hasta el fin de vida útil del material (Al-Attar et al., 2024; Martín-Lara et al., 2022). Los resultados del diagnóstico de sostenibilidad en sus tres pilares, ambiental, económico y social, en el uso de plásticos reciclables en suministros en el sector constructivo, evidencian que es una alternativa sostenible, viable y que genera beneficios tangibles.

En lo ambiental, LCA, presenta una evidencia en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> generando un efecto ambientalmente beneficioso por la sustitución de materiales de alto impacto como cemento y agregados, y la gestión de residuos en países donde la tasa de reciclaje sigue siendo baja, como Colombia. Adicional, el uso de estos materiales presenta unas propiedades de aislamiento térmico efectivo lo que contribuye a un ahorro energético.

A su vez, se evidencian impactos negativos que deben ser evaluados, como la falta de datos localizados de LCA en la alta toxicidad humana que se evidencia por el manejo de químicos y microplásticos (93.4%) durante su procesamiento, los cuales requieren del uso de un diseño para la circularidad con el fin de garantizar que el reciclaje no traslade los impactos ambientales de una fase a otra.

Desde lo económico (LCC), los análisis muestran que la rentabilidad a largo plazo se logra principalmente debido a la reducción en los costos de operación en cuanto a la eficiencia energética y menor mantenimiento de los materiales, en otra medida los costos asociados a la instalación presentan una reducción en comparación con los materiales convencionales, debido

al no requerir de mano de obra especializada ni procesos de curado largos, y por la alternativa de reuso posconsumo, se presenta una opción de ahorros en los costos de disposición final.

En cuanto a Colombia, los marcos regulatorios, los incentivos fiscales y el desarrollo de economías a escala son importantes en el control y manejo de los costos de la materia prima reciclada y su eventual uso en otras industrias con el propósito de minimizar los costos elevados del proceso.

Socialmente (SLCA), el diagnóstico evidencia un impacto positivo y medible, en donde los proyectos deben ir enfocados a la solución de problemas sociales, promoviendo de esta manera el crecimiento económico y la participación social por medio de: inclusión laboral, equidad de género, inclusión de recicladores informales y solución de problemas sociales como el déficit habitacional. El éxito de lograr un buen impacto social, especialmente en Colombia depende de la formalización de los recicladores y de la implementación de controles en cuanto a salud y seguridad ocupacional para mitigar los riesgos inherentes a la manipulación y procesamiento térmico de los residuos plásticos.

### **Diagnóstico del desempeño técnico de materiales de construcción con plástico reciclado**

El aprovechamiento del plástico reciclado como recurso en materiales de construcción ha ganado impulso en años recientes, al mostrar resultados promisorios en términos de resistencia, durabilidad y reducción de peso (Ragaert et al., 2020). Este documento realiza un diagnóstico comparativo entre estudios internacionales y nacionales (2020–2025), enfocándose en los aspectos técnicos: los materiales probados, los enfoques metodológicos y los resultados cuantitativos y cualitativos que evidencian el comportamiento real de esos materiales. A partir

de este análisis se identifican brechas y potenciales direcciones de investigación aplicable al contexto colombiano.

A continuación, se presenta la **Tabla 5** con una revisión documental del desempeño técnico de materiales manufacturados con plástico reciclado, tanto en el ámbito internacional como nacional.

**Tabla 5**

*Revisión documental desempeño técnico de materiales (Nacional e Internacional)*

Internacional					
Documento	Autor	Enfoque	Alcance	Tipo de aporte	Parámetros de medición
Development and Engineering Evaluation of Interlocking Hollow Blocks Made of Recycled Plastic for Mortar-Free Housing	Ahmed, S. & Ali, M. (2024)	Experimental cuantitativo	Internacional (Pakistán)	Evaluación técnica de bloques con plástico reciclado	Resistencia a compresión $\approx$ 8.5 MPa, densidad reducida $\sim$ 30 %, absorción de agua $\sim$ 4 %, estabilidad térmica adecuada (Ahmed & Ali, 2024).
Flexural Characterization of a Novel Recycled-Based Polymer Blend for Structural Applications	Fantuzzi, N., Vidwans, A., Dib, A., Trovalusci, P., Agnelli, J., & Pierattini, A. (2023)	Experimental Cuantitativo	Internacional (Italia / Europa)	Comportamiento a flexión de polímeros reciclados	Módulo de elasticidad $\approx$ 2.1 GPa, resistencia a flexión $\approx$ 45 MPa, deformación controlada (Fantuzzi et al., 2023)
Engineering Properties of Geopolymer Concrete Composites Incorporated Recycled Plastic Aggregates Modified with Nano-Silica	Ahmed, H.U., Mohammed, A.S., & Mohammed, A.A. (2023)	Experimental cuantitativo	Internacional (Medio Oriente – Irak)	Desempeño técnico en concreto geopolimérico con agregados plásticos	Resistencia a compresión $\approx$ 25 MPa, permeabilidad reducida, mejor comportamiento bajo ciclos húmedo-seco (Ahmed et al., 2023)
Potential Applications of Different Forms of	Ahmed, S. & Ali, M. (2023)	Revisión cualitativa / cuantitativa	Internacional (Revisión global)	Panorama técnico global del plástico	Resume valores de resistencia de bloques, asfaltos y

Recycled Plastics as Construction Materials — A Review		reciclado en construcción	paneles: bloques 4–10 MPa, asfaltos con 5–15 % de plástico, paneles compuestos con cargas de 30–50 MPa (Ahmed & Ali, 2023)
--	--	---------------------------	--

Nacional

Documento	Autor	Enfoque	Alcance	Enfoque de análisis	Parámetros de medición
<i>Estudio de la factibilidad para la producción de adoquines no convencionales a partir de la reutilización del polietileno de baja densidad en la ciudad de Ibagué</i> [Trabajo de grado]. Universidad de Ibagué.	Suárez Puentes, J. G. (2020).	Experimental cuantitativo	Nacional Colombia Ibagué	Prueba de adoquines con PEBD reciclado	Resistencia a compresión $\approx$ 12 MPa, densidad disminuida $\sim$ 20 %, absorción $\sim$ 5 %
<i>Bloques de concreto sustentables a partir de la utilización de material de reciclaje (PET)</i> [Trabajo de grado]. Universidad Cooperativa de Colombia.	Velásquez Vivas, J. E. (2021).	Experimental cuantitativo	Nacional Colombia	Evaluación de bloques PET-concreto	Disminución de peso 15 %, resistencia caída 10 % frente a bloques convencionales
<i>Mechanical and market study for sand/recycled-plastic cobbles in a medium-size Colombian city.</i> Recycling, 6(1), 17.	Sánchez-Echeverri, L. A., Tovar-Perilla, N. J., Suárez-Puentes, J. G., Bravo-Cervera, J. E., & Rojas-Parra, D. F. (2021).	Experimental cuantitativo	Nacional (estudio de caso en ciudad intermedia de Colombia).	Evaluación técnica y potencial comercial de cobbles plástico-arena	Resistencia a compresión $\approx$ 25.49 MPa, absorción $\sim$ 2.56 %, módulo de rotura $\approx$ 16.28 MPa (Sánchez-Echeverri et al., 2021)

Muñoz Sepúlveda, L. J. (2024). <i>Revisión del uso de plásticos reciclados en la construcción de viviendas</i> [Trabajo de grado]. Universidad Antonio Nariño	Muñoz Sepúlveda, L. J. (2024).	Revisión cualitativa	Nacional Colombia	Síntesis técnica de estudios nacionales	Compendio de resultados experimentales: bloques PET, paneles ligeros y mezclas plásticas diversas
---	--------------------------------	----------------------	-------------------	---	---

### ***Análisis y Discusión de Resultados***

La revisión de los estudios nacionales e internacionales sobre el uso de plásticos reciclados en la construcción revela avances significativos en el desarrollo de materiales innovadores que combinan eficiencia técnica con sostenibilidad ambiental. En los últimos años, las investigaciones han estado orientadas a identificar incentivos tecnológicos y ambientales que fomenten la reutilización de residuos plásticos, así como a evaluar el desempeño técnico de los materiales resultantes.

A nivel internacional, se observa un enfoque hacia la optimización de mezclas y la mejora de las propiedades físico-mecánicas de bloques, paneles y compuestos estructurales elaborados con polímeros reciclados (Ahmed & Ali, 2024; Fantuzzi et al., 2023). Estas experiencias han permitido validar el potencial de los plásticos posconsumo como materia prima para elementos de construcción ligeros, resistentes y de bajo impacto ambiental.

En el contexto colombiano, los incentivos se orientan principalmente hacia el aprovechamiento de residuos y la valorización local, con investigaciones centradas en la elaboración de adoquines, bloques y elementos prefabricados que sustituyen parcialmente los agregados minerales por plásticos reciclados (Velásquez Vivas, 2021; Suárez Puentes, 2020).

Estos estudios evidencian una creciente conciencia técnica y ambiental en el país, aunque aún en una fase de aplicación experimental.

En conjunto, la información sintetizada en la **Tabla 5** permite comparar los principales incentivos y materiales utilizados tanto en el ámbito nacional como internacional, destacando las oportunidades de innovación que podrían fortalecer el uso del plástico reciclado dentro del sector de la construcción en Colombia.

**Tabla 6**

*Abstracción de incentivos y materiales aplicados (Nacional e Internacional)*

Internacional			
Documento	Autor	Incentivos	Materiales principales
Development and Engineering Evaluation of Interlocking Hollow Blocks Made of Recycled Plastic for Mortar-Free Housing	Ahmed, S. & Ali, M. (2024)	Promueve la construcción sostenible mediante la reducción de residuos plásticos y el uso de materiales ligeros, incentivando alternativas sin mortero.	Bloques huecos tipo <i>interlocking</i> fabricados con plásticos reciclados, con propiedades mecánicas estables y buen desempeño térmico.
Flexural Characterization of a Novel Recycled-Based Polymer Blend for Structural Applications	Fantuzzi, N., Vidwans, A., Dib, A., Trovalusci, P., Agnelli, J., & Pierattini, A. (2023)	Promueve un modelo circular mediante el aprovechamiento de residuos plásticos industriales como material base en componentes estructurales.	Material compuesto por polímeros recuperados y aditivos, desarrollado para aplicaciones estructurales de bajo peso y evaluado mediante ensayos de flexión.
Engineering Properties of Geopolymer Concrete Composites Incorporated Recycled Plastic Aggregates Modified with Nano-Silica	Ahmed, H.U., Mohammed, A.S., & Mohammed, A.A. (2023)	Fomenta la integración de plásticos desechados en matrices geopoliméricas para mitigar efectos ambientales y dar utilidad a residuos no biodegradables.	Mezclas de concreto geopolimérico con agregados plásticos reciclados modificados con nano-sílice, con mejoras en durabilidad y resistencia.
Potential Applications of Different Forms of	Ahmed, S. & Ali, M. (2023)	Impulsa la valorización de los	Plásticos reciclados en diversas formas (PET, HDPE,

Recycled Plastics as Construction Materials — A Review		plásticos reciclados a través de la economía circular y el desarrollo de materiales sostenibles en el sector de la construcción.	LDPE, PP, PVC) aplicados en bloques, concretos, asfaltos y paneles.
Nacional			
Documento	Autor	Incentivos	Materiales principales
<i>Estudio de la factibilidad para la producción de adoquines no convencionales a partir de la reutilización del polietileno de baja densidad en la ciudad de Ibagué</i> [Trabajo de grado]. Universidad de Ibagué.	Suárez Puentes, J. G. (2020).	Incentiva la reutilización de residuos plásticos (PEBD) para disminuir costos en pavimentos y promover alternativas locales sostenibles.	Adoquines elaborados con mezclas de polietileno de baja densidad reciclado y agregados pétreos.
<i>Bloques de concreto sustentables a partir de la utilización de material de reciclaje (PET)</i> [Trabajo de grado]. Universidad Cooperativa de Colombia.	Velásquez Vivas, J. E. (2021).	Busca materiales de bajo impacto ambiental mediante el uso de PET reciclado, favoreciendo la sostenibilidad y la reducción del peso de los bloques	Bloques de concreto con sustitución parcial de arena por partículas de PET reciclado.
<i>Mechanical and market study for sand/recycled-plastic cobbles in a medium-size Colombian city.</i> Recycling, 6(1), 17.	Sánchez-Echeverri, L. A., Tovar-Perilla, N. J., Suárez-Puentes, J. G., Bravo-Cervera, J. E., & Rojas-Parra, D. F. (2021).	Promueve la sustitución de agregados naturales por plástico reciclado en adoquines, generando beneficios ambientales y económicos.	Adoquines o <i>cobbles</i> con mezcla de arena y plástico reciclado, evaluados por su desempeño técnico y viabilidad de mercado
Muñoz Sepúlveda, L. J. (2024). <i>Revisión del uso de plásticos reciclados en la construcción de viviendas</i> [Trabajo de grado]. Universidad Antonio Nariño	Muñoz Sepúlveda, L. J. (2024).	Incentiva la economía circular y la adopción de materiales reciclados en la construcción de viviendas en Colombia.	Bloques, paneles, ladrillos y adoquines fabricados con plásticos reciclados como PET, PE y PP.

El análisis de la **Tabla 6** demuestra que el desarrollo de materiales de construcción elaborados con plásticos reciclados presenta una brecha considerable entre el contexto internacional y el colombiano. En países como Alemania, India, Egipto o Estados Unidos, los incentivos tecnológicos y ambientales —como programas de innovación en economía circular,

financiamiento verde y beneficios tributarios— han impulsado la investigación aplicada y la producción a escala industrial (Bendix et al., 2022; Sakr & AbouZeid, 2024). Estos entornos favorecen la creación de materiales con alto desempeño técnico, entre ellos bloques modulares, mezclas asfálticas y paneles estructurales, los cuales ya cuentan con validaciones técnicas y presencia en el mercado (Ahmed & Ali, 2024; Fantuzzi et al., 2023).

En contraste, en Colombia el avance se mantiene en etapas experimentales y académicas, con resultados prometedores en la elaboración de bloques PET, adoquines con polietileno de alta densidad (PEAD) y concretos modificados con plásticos reciclados (Velásquez Vivas, 2021; Suárez Puentes, 2020). Sin embargo, el apoyo económico e institucional sigue siendo limitado, centrado en proyectos universitarios o iniciativas locales con escasa continuidad.

A pesar de estas limitaciones, las experiencias internacionales ofrecen rutas de aprendizaje y oportunidades de adaptación que podrían fortalecer la investigación y el desarrollo industrial en Colombia. El aprovechamiento de residuos plásticos como materia prima reduce impactos ambientales lo que también abre la posibilidad de una nueva visión de construcción más sostenible, eficiente e innovadora, alineada con los objetivos globales de sostenibilidad (Rodríguez et al., 2022).

## **Síntesis general**

### **Aspecto e Incentivos**

- **Internacional (Alemania, India, Egipto, EE. UU.)** : Exenciones tributarias, financiamiento verde, programas de innovación en economía circular

- **Nacional (Colombia):** Sin incentivos directos; apoyo limitado a través de proyectos académicos y fondos de investigación.

### **Materiales desarrollados**

- **Internacional (Alemania, India, Egipto, EE. UU.) :** Bloques modulares, mezclas asfálticas, paneles estructurales, compuestos cementicos
- **Nacional (Colombia):** Bloques PET, adoquines con PEAD, concretos modificados con plástico reciclado.

### **Madurez tecnológica**

- **Internacional (Alemania, India, Egipto, EE. UU.):** Producción a escala industrial con certificación técnica y comercialización activa.
- **Nacional (Colombia):** Producción experimental o piloto sin validación técnica ni adopción en el mercado.

### **Diagnóstico nacional e internacional del marco normativo y político en el uso de plástico reciclado en materiales para la construcción**

El marco normativo colombiano ha tenido un papel decisivo —y en algunos casos restrictivo— en la incorporación de materiales de construcción elaborados con plástico reciclado. En otros países se observan enfoques variados: mientras la Unión Europea impulsa mercados más integrados basados en contratación pública sostenible y ecodiseño, naciones como India han optado por incluir el uso de plásticos reciclados dentro de sus estándares obligatorios para obras públicas.

En Colombia, este proceso ha tomado fuerza en los últimos años con la consolidación de políticas orientadas a la sostenibilidad. Instrumentos como la Política de Crecimiento Verde y la Estrategia Nacional de Economía Circular sirvieron como base para avanzar hacia normativas más específicas que fijan metas de reducción y aprovechamiento del plástico. Este avance se ha materializado en disposiciones como la Ley 2232 de 2022, que establece la eliminación progresiva de plásticos de un solo uso (Congreso de Colombia, 2022), y la Resolución 0803 de 2024, que define lineamientos técnicos para su gestión dentro del ciclo de vida del material (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).

La siguiente **Tabla 7** sintetiza la revisión documental de este marco normativo y político, comparando los enfoques internacionales clave con el ecosistema regulatorio colombiano.

**Tabla 7**

*Revisión documental del Marco Normativo y Político (Nacional e Internacional)*

Documento	Autor	Enfoque	Internacional		
			País	Enfoque de análisis	Parámetros de medición
Circular Economy Action Plan (CEAP) [COM(2020) 98 final]	Comisión Europea (CE)	Cualitativo (Política)	Unión Europea (Ref. Alemania, Países Bajos)	"Modelo de Mercado Maduro": Fomenta el mercado, la innovación y la contratación verde.	Ecodiseño, ecoetiquetado, certificaciones de contenido reciclado, financiación (Horizon Europe).
Plastic Waste Management (Amendment) Rules	Ministry of Road Transport & Highways (MoRTH)	Cuantitativo (Mandato)	India	"Modelo de Aplicación Mandatoria": Obliga el uso de residuos plásticos en infraestructura pública.	Km de carreteras construidas, % de durabilidad aumentada, % de residuo plástico absorbido.
Ley N° 20.920 (Ley REP)	Ministerio del Medio	Cualitativo (Regulatorio)	Chile	"Modelo de Responsabilidad (REP)": Pionero	Tasas de recolección y valorización,

	Ambiente (MMA)			regional en Responsabilidad Extendida del Productor.	formalización de recicladores, financiación del sistema.
Basic Act on Establishing a Sound Material-Cycle Society (Act No. 110 of 2000)	Ministry of the Environment (MOEJ)	Cualitativo (Política)	Japón	"Modelo de Eficiencia Logística": Enfoque en la clasificación estricta en la fuente y altas tasas de reciclaje.	Tasas de recolección por tipo de polímero, eficiencia de la infraestructura de clasificación.
Nacional					
Documento	Autor	Enfoque	País	Enfoque de análisis	Parámetros de medición
Ley 2232 de 2022	Congreso de Colombia	Cualitativo (Regulatorio)	Colombia	Establece medidas de reducción gradual de plásticos de un solo uso.	Prohibición progresiva de plásticos, fomento al ecodiseño y Responsabilidad Extendida del Productor (REP).
Resolución 0803 de 2024	MinAmbiente	Cuantitativo (Metas)	Colombia	Reglamenta la Ley 2232 y la gestión de plásticos.	Metas de contenido mínimo de material reciclado. planes de gestión ambiental para envases y empaques.
Plan Nacional para la Gestión Sostenible de Plásticos (2021)	MinAmbiente	Cuantitativo (Metas)	Colombia	Estrategia marco de la ENEC.	Metas a 2030: 30% contenido reciclado, 50% aprovechamiento, 100% de plásticos de un solo uso reutilizables, reciclables o compostables.
Hoja de Ruta del Pacto por los Plásticos (2024–2030)	Cempre (Público-Privado)	Cuantitativo (Metas)	Colombia	Plataforma de articulación para acelerar la circularidad.	Metas a 2030: Tasa de reciclaje del 50%, 30% de reincorporación de material reciclado en nuevos productos.

### **Análisis y Discusión de Resultados**

El diagnóstico del marco normativo evidencia un contraste clave:

**Enfoque Internacional:** Los países con mayor madurez (como los de la UE) ya superaron la etapa regulatoria inicial y ahora se centran en incentivos de mercado. Sus políticas están diseñadas para crear demanda (compras públicas verdes), estandarizar la calidad (ecoetiquetado) y financiar la innovación (Horizon Europe). Otros, como India, han usado su poder de contratación pública para forzar la adopción a gran escala en infraestructura vial. Por su parte Japón demuestra que la viabilidad del reciclaje de alta calidad depende de una logística de clasificación impecable. Y Chile representa el modelo de corresponsabilidad (REP) que Colombia busca imitar.

**Enfoque Colombiano:** El desarrollo normativo relacionado con los plásticos ha avanzado con rapidez. El país cuenta hoy con un marco regulatorio sólido que impulsa la reducción de plásticos de un solo uso, especialmente a través de la Ley 2232 de 2022 y la Resolución 0803 de 2024 (Congreso de Colombia, 2022; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).

A esto se suman iniciativas como el Plan Nacional y el Pacto por los Plásticos, que establecen metas para aumentar el uso de material reciclado y promover prácticas de economía circular en el sector productivo.

La Brecha (Reto y Oportunidad): el diagnóstico revela que la brecha de Colombia no es la ausencia de leyes (el marco 2021-2024 es robusto), es la conexión entre esta nueva regulación ambiental y la práctica constructiva.

A diferencia de la UE, en Colombia aún son débiles los incentivos financieros directos para el uso de material reciclado en construcción. Y, como se menciona en el diagnóstico técnico (7.3), faltan las normas técnicas (NTC) específicas que validen el desempeño de estos nuevos materiales para su uso industrial.

La gran oportunidad para Colombia radica en articular su política ambiental vigente, particularmente la Resolución 0803 de 2024, que regula la gestión sostenible de plásticos de un solo uso, con el desarrollo e implementación de normas técnicas nacionales orientadas al uso de materiales reciclados en aplicaciones constructivas, lideradas por ICONTEC. De igual forma, la creación de incentivos económicos inspirados en modelos internacionales, como los mecanismos de economía circular promovidos por la Unión Europea, podría acelerar la adopción de materiales plásticos reciclados en el sector construcción y convertirlo en un motor clave para el cumplimiento de las metas nacionales de reciclaje (MinAmbiente, 2024; ICONTEC, 2023; European Commission, 2023).

## **Retos y oportunidades del uso de plástico reciclado como material alternativo en la construcción en Colombia**

Los resultados del diagnóstico evidencian que la Gerencia de Proyectos desempeña un papel fundamental en el sector de la construcción y en su sostenibilidad, especialmente en el uso del plástico reciclado en materiales de construcción. Este sector, a nivel mundial, es responsable de aproximadamente el 40% de la extracción de los recursos naturales y de una alta generación de desechos.

En Colombia, se recicla solo el 17% de los 12 millones de toneladas de residuos generados anualmente, mientras que los residuos de construcción y demolición (RCD) alcanzan cerca de 22 millones de toneladas al año (Cantor Saavedra et al., 2025). Considerando estas cifras y la urgencia de implementar estrategias eficaces de gestión y control de residuos, se presenta una alternativa viable y sostenible orientada a fomentar proyectos de economía circular en el sector de la construcción del país.

Para evaluar la viabilidad integral de estos proyectos, el Análisis PESTEL representa una herramienta estratégica de diagnóstico que permite identificar los principales factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales, que generan retos y oportunidades claves en el mercado.

A continuación, se presentan los resultados del análisis PESTEL, enfocado en el uso de materiales de construcción con plástico reciclado en Colombia:

- **Análisis de oportunidades:** El análisis permite comprender las oportunidades que surgen en el entorno de la construcción sostenible a partir del uso de materiales elaborados con plástico reciclado. A través de la revisión de los factores políticos, económicos,

sociales, tecnológicos, ecológicos y legales, se evidencian las condiciones favorables que respaldan la consolidación de esta alternativa en el sector de la construcción, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental, la innovación productiva y el desarrollo social. Basados en los resultados y análisis de la perspectiva política, se evidencia un interés y compromiso por parte del gobierno colombiano en un futuro más sostenible y eficiente fortaleciendo la economía circular mediante la creación de políticas públicas, incentivos fiscales y estrategias de sostenibilidad claras. Este compromiso se basa en promover normas y regulaciones que buscan transformar la gestión de residuos en el país, encaminado en la reducción de desechos plásticos y la implementación de materiales reciclados en proyectos de infraestructura, por medio de una adopción clara de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 11 y 12), con un enfoque hacia ciudades más sostenibles y una producción responsable. Además, la política nacional se articula con marcos internacionales que respaldan la innovación y la adopción de tecnologías limpias, lo que genera un entorno normativo favorable para el desarrollo de nuevas soluciones constructivas basadas en el reciclaje.

En el aspecto económico, se identifican oportunidades vinculadas al crecimiento de nuevos mercados en torno a los materiales reciclados, los cuales representan una alternativa competitiva frente a los sistemas constructivos tradicionales. El uso del plástico reciclado en mezclas de concreto, asfaltos o polímeros permite reducir costos de producción y mejorar la eficiencia energética de las edificaciones, con un ahorro estimado entre el 15 % y el 21 % en energía térmica. Además, el desarrollo de proyectos basados en materiales reciclados impulsa el emprendimiento, la innovación local y la creación de empleos en comunidades recicladoras, generando beneficios económicos y sociales sostenibles.

En cuanto al análisis del pilar social en la integración del plástico reciclado a la industria de la construcción, se evidencian acciones en favorecer la inclusión de comunidades

vulnerables y el fortalecimiento de comunidades dedicadas al reciclaje informal, con oportunidades de trabajo digno que genera una estabilidad económica, especialmente en el contexto de países emergentes como Colombia. Este modelo de fortalecimiento sostenible, radica en un impacto social con la integración en la cadena de valor y empoderamiento de comunidades vulnerables como son las mujeres recolectoras y madres cabeza de familia, que más allá de la generación de empleo, fomenta una cultura de consumo responsable y conciencia ambiental en la sociedad, contribuyendo a un impacto social, ambiental y económico positivo.

**Figura 6**

*P-E-S – Análisis de oportunidades 1*

PESTEL		ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES	
P	E	S	
<p>En los últimos años se ha evidenciado un mayor interés por parte de entidades gubernamentales y locales en promover el uso de materiales sostenibles dentro de proyectos de infraestructura. Diversos estudios han señalado que esta tendencia ha impulsado la exploración de alternativas basadas en residuos, lo que abre la posibilidad de que los materiales con plástico reciclado sean incorporados, en el futuro, en programas de innovación y desarrollo urbano sostenible (Rodríguez, 2023).</p>	<p>El uso de plástico reciclado en el concreto liviano, muestra ahorros de hasta el 5.9% en el costo total del ciclo de vida comparándolo con el uso de concreto convencional, lo que genera una oportunidad de seguir implementando este tipo de materiales en la industria de la construcción como lo muestran los estudios de Alqahtani et al. (2021); Oliveira et al. (2023).</p>	<p>El uso de materiales de bajo peso y sistemas constructivos modulares facilita una inclusión laboral más amplia, ya que no se requiere mano de obra especializada para su ensamble. El sistema Brickap (ladrillos de PET reciclable) en Colombia es un ejemplo de material de bajo peso que cumple con esta condición, de acuerdo con Castillo Moncayo (2018); Aguilar-Vásquez et al. (2025); Backes &amp; Traverso (2024).</p>	
<p>El enfoque político de Colombia es un "modelo mixto". Combina una estrategia de "empuje" (push), al prohibir plásticos de un solo uso, con una de "tracción" (pull), al fijar metas ambiciosas de reincorporación de material reciclado. Este marco se apoya en políticas nacionales más amplias como la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) (Congreso de la República de Colombia, 2022; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024; Cempre, 2024; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2025).</p>	<p>Los estudios mostraron que el uso de estos materiales es rentable, con ahorros en los costos de producción de aproximadamente el 25%. Las operaciones de instalación de estos materiales son más rápidas lo que aumenta la utilidad potencial del proyecto según Rodríguez Martín et al. (2024); Chaves Pabón et al. (2020).</p>	<p>Según AP News (reporte junio 2025), el éxito de proyectos de plástico reciclado está directamente ligado a la generación de ingresos económicos más altos y rentables para las comunidades de recicladores organizados. La integración del reciclaje informal a la cadena de valor (típico del Sur Global) contribuye directamente al alivio de la pobreza.</p>	
<p>El diagnóstico identifica una brecha política (reto) clave: la fuerte regulación ambiental (MinAmbiente) no se articula con la práctica constructiva (MinVivienda). Faltan los incentivos políticos específicos, como las compras públicas verdes, que sí existen en modelos internacionales como el de la Unión Europea (Bendix et al., 2022).</p>	<p>Debido al mejor rendimiento térmico de materiales de concreto con agregados plásticos, se generan ahorros de energía del orden del 10% al 21% en edificios de acuerdo a estudios de Rodríguez Martín et al. (2024); Chaves Pabón et al. (2020).</p>	<p>La implementación de proyectos de construcción con residuos (como la fabricación de galpones con botellas plásticas PET y otros residuos de construcción y demolición) en comunidades vulnerables (ej. El Prodigio, Antioquia) permite la integración social y reduce el deterioro ambiental, Chaves Pabón et al. (2020); Cañola et al. (2021).</p>	

Elaboración propia.

**Figura 7**

*P-E-S- Análisis de oportunidades 2*

PESTEL			ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES		
P		E		S	
<p>El gobierno colombiano ha fortalecido la agenda de economía circular mediante políticas nacionales y sectoriales que promueven el aprovechamiento de residuos plásticos. Existen estrategias para incluir materiales reciclados en la construcción pública y vivienda social. (MinAmbiente, 2021)</p>		<p>Como lo indican Ampuero, A., &amp; Romero, P. (2020); Cirino et al. (2023), extender la estrategia de reciclaje final en la vida útil del producto, genera beneficios económicos ya que no se tienen costos de vertederos y disposición final.</p>		<p>Proyectos nacionales (ej. ladrillos ecológicos en Boyacá y el modelo de Conceptos Plásticos) están diseñados con un enfoque social que busca el empoderamiento económico de mujeres recolectoras o madres cabeza de familia al incluirlas en la contratación, esto demuestra el éxito del modelo y su oportunidad para ser trasladado a otras áreas del país, Rodríguez Martín et al. (2024); UNICEF. Plastic Bricks Project (2024).</p>	
<p>Colombia cuenta con políticas públicas alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la economía circular. Se fomenta la inclusión de materiales reciclados en proyectos de vivienda e infraestructura pública. (ENEC,2022)</p>		<p>El plástico reciclado representa una alternativa de bajo costo frente a materiales tradicionales, lo que puede contribuir a la reducción de presupuestos en obras civiles y proyectos de vivienda. Su disponibilidad local también permite disminuir los gastos asociados al transporte y a los procesos de producción, lo cual ha sido destacado en estudios recientes sobre eficiencia material en la construcción (Martínez &amp; López, 2022).</p>		<p>La sociedad colombiana ha mostrado un creciente interés por prácticas constructivas más responsables con el ambiente. Este cambio de mentalidad ha impulsado a profesionales y estudiantes del sector a explorar nuevas aplicaciones del plástico reciclado, generando espacios de aprendizaje e innovación (Suárez Puentes, 2020; Velásquez Vivas, 2021; Sánchez-Echeverri et al., 2021; Muñoz Sepúlveda, 2024).</p>	
		<p>El sector del reciclaje y la construcción sostenible genera oportunidades para nuevas empresas, cooperativas y emprendimientos verdes. Se reducen los costos de materia prima y transporte al aprovechar residuos locales. (UNICEF &amp; Conceptos Plásticos, 2021)</p>		<p>Se crean empleos verdes en comunidades recicladoras y proyectos sociales de vivienda. El uso de materiales reciclados mejora las condiciones de habitabilidad y fortalece la inclusión social.(UNICEF, 2021; MinVivienda, 2023)</p>	

Elaboración propia.

**Figura 8**

*P-E-S- Análisis de oportunidades 3*

PESTEL			ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES		
P		E		S	
		El aprovechamiento del plástico reciclado impulsa nuevos modelos de negocio, reduce costos de materiales (Alqahtani, 2021; Oliveira et al., 2023) y genera empleo formal en el sector reciclador. Además, se fomenta la creación de empresas con impacto social (Castillo Moncayo, 2018; Backes & Traverso, 2024; UNICEF, 2024).		Se fortalecen comunidades mediante empleo inclusivo, formación en reciclaje y soluciones de vivienda sostenible. Además, se promueven campañas de educación ambiental. (Gómez-Pachón, 2020; Ortiz Marín, 2023)	

Elaboración propia.

El factor tecnológico destaca por los avances en la formulación de mezclas, aditivos y procesos de compactación que han permitido mejorar significativamente el desempeño técnico de los materiales reciclados. Actualmente, existen investigaciones enfocadas en el desarrollo de sistemas constructivos que integran plástico reciclado con cemento, lo que aumenta la resistencia, durabilidad y eficiencia térmica de los productos. Los sistemas innovadores, como el Brikplast y el Ecoplástico estructural, han demostrado ser viables en la fabricación de bloques, paneles y pavimentos ecológicos. A su vez, la creación de laboratorios universitarios y centros de innovación especializados en el estudio de polímeros reciclados está impulsando nuevas líneas de investigación aplicada, fortaleciendo la transferencia tecnológica entre la academia y el sector productivo.

En el pilar ecológico de la sostenibilidad, la incorporación del uso de plástico reciclado en la industria de la construcción contribuye de manera directa y cuantificable, en la reducción de emisiones contaminantes de CO<sub>2</sub>, su reducción del Potencial de Calentamiento Global (GWP) y la disminución de residuos en vertederos. Este tipo de materiales favorece no sólo la

gestión responsable de desechos, a su vez disminuye la demanda de materias primas vírgenes reduciendo de esta manera la huella de carbono asociada a la construcción. Como se evidencia en el diagnóstico de sostenibilidad, el reemplazo de los componentes convencionales por polímeros reciclados logra una disminución de hasta el 45% de CO<sub>2</sub> y un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Además, estas prácticas apoyan los principios de la economía circular, al transformar los residuos en insumos útiles dentro de un ciclo productivo cerrado y sostenible.

Finalmente, en el ámbito legal, Colombia ha construido un marco regulatorio que impulsa la sostenibilidad en los procesos constructivos. La Ley 2232 de 2022, que regula la eliminación progresiva de plásticos de un solo uso, y la Resolución 0803 de 2024, que detalla los lineamientos para su sustitución, promueven la reducción del plástico virgen y fomentan la integración de materiales reciclados en la industria (Congreso de Colombia, 2022; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).

A esto se suman programas como el Pacto por los Plásticos 2022–2030, que fijan compromisos conjuntos entre empresas y gobierno para avanzar en metas de reciclaje y reutilización. En conjunto, estas iniciativas reflejan el interés del país por consolidar una transición hacia una economía más circular y por crear condiciones para innovar y estandarizar prácticas constructivas sostenibles.

**Figura 9**

*T-E-L- Análisis de oportunidades 1*

PESTEL		ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES	
T	E	L	
<p>Los avances en la formulación de mezclas, aditivos y técnicas de compactación han permitido mejorar el desempeño mecánico de los materiales que incorporan plásticos reciclados (Ahmed et al., 2023; Fantuzzi et al., 2023). Estos desarrollos muestran que es posible alcanzar niveles de resistencia y estabilidad comparables con los materiales convencionales (Ahmed &amp; Al, 2024; Sánchez-Echeverri et al., 2021).</p>	<p>El material de plástico reciclable (ej. sistema Brickap) es ignífugo (retardante de fuego) y un excelente aislante térmico y eléctrico. Estas propiedades se traducen en ahorros de energía del orden del 15% en la energía operativa anual y 21% en el consumo total de energía en edificios residenciales como lo indican Beckes &amp; Traverso (2024); Castillo Moncayo (2018); Cirino et al. (2023)</p>	<p>Algunas normas técnicas empiezan a admitir la evaluación de nuevos materiales alternativos, lo que abre la posibilidad de validar el desempeño de los plásticos reciclados bajo estándares de laboratorio o ensayos estructurales (Sánchez-Echeverri et al., 2021; Ahmed &amp; Ali, 2024; Icontec, 2020-2024).</p>	
<p>Aumentan las investigaciones sobre mezclas de plásticos con cemento y otros materiales, impulsadas por universidades e instituciones técnicas. Surgen tecnologías locales de extrusión y moldeo para producir bloques y paneles reciclados. (Gómez-Pachón, 2020; Ortiz Marín, 2023)</p>	<p>La implementación de polímeros reciclados en la construcción contribuye a una reducción significativa de las emisiones de CO2, logrando una disminución de GWP de hasta 45% al usar compuestos de plástico reciclado en comparación con el uso de materiales convencionales basado en estudios de Roy, R. (2025); Alqahtani, F. K. (2021); Sherif, M., &amp; Ghanem, A. (2023); Moreno-Durán, E. et al. (2023)</p>	<p>El pilar legal del modelo es la Ley 2232 de 2022. Esta norma prohíbe plásticos de un solo uso y establece el marco de Responsabilidad Extendida del Productor (REP). Se complementa con la Resolución 0803 de 2024, que reglamenta la ley y fija metas obligatorias de contenido mínimo de material reciclado en envases y empaques (Congreso de la República de Colombia, 2022; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).</p>	
<p>Se desarrollan tecnologías nacionales para procesar plásticos postconsumo, fabricar compuestos con cemento y diseñar nuevos materiales de construcción. También se fortalece la investigación en universidades y centros de innovación (Suárez Puentes, 2020; Velásquez Vivas, 2021; Sánchez-Echeverri et al., 2021; Muñoz Sepúlveda, 2024).</p>	<p>El uso de plásticos reciclados ofrece ahorros en cuanto al consumo de agua frente a la producción de materia prima virgen. Adicional, el reciclaje de plástico reduce la demanda de agregados naturales. The Circulate Initiative (s.f.). Plastic Lifecycle Assessment Calculator for the Environment and Society (PLACES).</p>	<p>El "Pacto por los Plásticos" (2024-2030), una plataforma público-privada, refuerza el marco legal con metas claras para 2030: alcanzar una tasa de reciclaje del 50% y una reincorporación del 30% de material reciclado en nuevos productos (Cempre, 2024).</p>	

Elaboración propia.

**Figura 10**

*T-E-L- Análisis de oportunidades 2*

PESTEL			ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES		
T	E	L			
	El uso de plásticos reciclados en ladrillos tiene el beneficio ambiental clave de reducir la cantidad de desechos plásticos que terminan en vertederos u océanos, Ampuero, A., & Romero, P., 2020; Cirino et al., 2023).	Existen guías técnicas y marcos normativos en desarrollo que promueven materiales sostenibles y establecen criterios de circularidad en proyectos públicos y privados (CONPES 4011, 2020)			
	El uso de plásticos reciclados en la construcción contribuye a disminuir la acumulación de residuos y la contaminación de ecosistemas. Además, permite extender la vida útil del material, convirtiéndolo en un recurso aprovechable para elementos como adoquines, bloques o concretos modificados (Sánchez Echeverri et al., 2021; Ahmed & Ali, 2023; Velásquez Vivas, 2021).	Existen instrumentos normativos que respaldan la adopción de materiales sostenibles y facilitan la inclusión de criterios de economía circular en licitaciones públicas y certificaciones de edificación sostenible. (CONPES 4011, 2020)			
	El aprovechamiento del plástico en la construcción reduce los residuos en vertederos y ríos, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 11 y 12) (MinAmbiente, 2022)	El diagnóstico identifica una brecha legal (reto) crítica: la ausencia de Normas Técnicas Colombianas (NTC) específicas. Sin este estándar técnico-legal que valide el desempeño y la seguridad del plástico reciclado en la construcción, su uso industrial a gran escala está legalmente bloqueado (Icoctec, 2020-2024).			
	El uso del plástico reciclado contribuye directamente a reducir residuos, mitigar emisiones y proteger fuentes hídricas y suelos contaminados. Promueve la gestión responsable de desechos y el cierre de ciclos materiales (MinAmbiente, 2022)				

Elaboración propia.

En síntesis, este análisis PESTEL con enfoque en oportunidades, muestra que, en el contexto colombiano actual, se presenta un escenario positivo para la incorporación del plástico reciclado en materiales para la industria de la construcción. La integración de políticas de sostenibilidad, los incentivos fiscales y económicos, los avances en materia de tecnología y la cultura ambiental, plantean un entorno prometedor que impulsa la transición energética hacia edificaciones sosteniblemente más responsables, eficientes y alineadas con los retos ambientales y sociales del siglo XXI.

- **Análisis de retos:** El análisis permite comprender las principales limitaciones y dificultades que enfrenta su implementación en el contexto colombiano. Aunque los avances en sostenibilidad y economía circular representan una oportunidad significativa, aún existen barreras estructurales, económicas, sociales, tecnológicas, ecológicas y legales que deben superarse para consolidar el uso de estos materiales en el sector de la construcción.

Desde la dimensión política, uno de los principales desafíos radica en la falta de articulación y continuidad entre las políticas gubernamentales. A pesar de que se han formulado estrategias en materia ambiental y de economía circular, su aplicación es desigual entre regiones y sectores productivos. Muchos programas no cuentan con recursos suficientes ni con una estructura institucional sólida que garantice su cumplimiento. Además, existe escasa coordinación entre ministerios, entidades territoriales y centros de investigación, lo que dificulta la implementación de proyectos de aprovechamiento de residuos. La ausencia de incentivos tributarios o mecanismos financieros para empresas recicladoras también limita la expansión del mercado y la confianza de los inversionistas. En el aspecto económico, el mercado de los materiales reciclados aún se encuentra en una etapa de consolidación. El costo inicial de producción, el bajo volumen de oferta y la competencia con materiales tradicionales generan incertidumbre y dificultan la competitividad. Los proyectos que buscan incorporar plásticos reciclados en mezclas constructivas requieren inversión en tecnología, capacitación y certificación, lo que eleva los costos a corto plazo. Además, el desconocimiento del valor agregado que aportan estos materiales a largo plazo provoca que su demanda sea baja en comparación con los materiales convencionales. En muchos casos, la falta de incentivos para emprendimientos circulares y las dificultades para acceder a créditos o financiación especializada impiden escalar las iniciativas locales.

En el componente social, la percepción cultural hacia los materiales reciclados constituye uno de los retos más significativos. Persiste la idea de que los productos fabricados con plástico reciclado son de “baja calidad” o poco duraderos, lo que afecta su aceptación en el mercado y entre los profesionales del sector. A ello se suma la falta de sensibilización ciudadana y de programas de educación ambiental que promuevan el consumo responsable. Las comunidades recicladoras, a pesar de su papel fundamental, enfrentan condiciones laborales precarias, falta de reconocimiento institucional y escaso apoyo técnico o financiero, lo que limita su capacidad de organización y crecimiento.

**Figura 11**

*P-E-S- Análisis de retos 1*

PESTEL		ANÁLISIS DE RETOS	
P	E	S	
Aunque existen iniciativas ambientales generales, aún no se han definido criterios técnicos claros para que los materiales con plástico reciclado sean aceptados en procesos de contratación o licitación. Esta falta de lineamientos limita su incorporación en proyectos públicos y reduce la confianza del mercado en su uso (Calderón Ruiz & Sotelo Domínguez, 2023; Muñoz Sepúlveda, 2024).	El mercado presenta el reto constante de mantener la competitividad del material reciclado frente a los precios bajos del plástico virgen. El valor de la materia prima reciclada es clave para la viabilidad a largo plazo de proyectos en construcción con plástico reciclado como o resaltan en sus estudios: Jiang et al. (2023) / Chaves Pabon et al. (2020)	El uso de ladrillo plástico reciclable o sistema Brickerp contribuye a la solución de déficit habitacional, es necesario una revisión de implementación a nivel nacional con un enfoque en vivienda digna ya que aborda una necesidad fundamental (Castillo Moncayo, D. C., 2018; Rodríguez Martín et al., 2024).	
Implementación desigual de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) entre regiones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019; Sánchez-Echeverri et al., 2021; Suárez Puentes, 2020). Falta de incentivos tributarios reales para empresas recicladoras o de reutilización (Bendix et al., 2022; Calderón Ruiz & Sotelo Domínguez, 2023).	La viabilidad económica de la industria de reciclaje de plástico se enfrenta al reto de superar el alto costo inicial de capital y los altos costos operativos inherentes a las tecnologías de reciclaje. La inversión total proyectada para una fábrica piloto de ladrillos plásticos en Colombia, por ejemplo, es de \$42.782,000 COP (Rodríguez Martín et al., 2024). La rentabilidad general y el Retorno de la Inversión (ROI) dependen de que se compensen estos costos con incentivos gubernamentales y beneficios fiscales (Jiang et al., 2023; Chaves Pabon et al., 2020)	Una regulación con enfoque de SLCA centrado en Derechos Laborales y Trabajo Decente en plantas que usen materiales como plásticos reciclados, debe de ser establecido, ya que se evidenció que la falta de formalización total en la cadena de reciclaje expone a trabajadores a riesgos laborales, bajos salarios y en algunos casos, discriminación (The Circulate Initiative (s.f.). Plastic Lifecycle Assessment Calculator for the Environment and Society (PLACES).	
Falta de coordinación entre ministerios, entes territoriales y el sector privado. Los municipios pequeños carecen de recursos para aplicar políticas de aprovechamiento (DNP, 2020)			

Elaboración propia.

**Figura 12**

*P-E-S- Análisis de retos 2*

PESTEL		ANÁLISIS DE RETOS
P	E	S
<p>Desarticulación entre niveles de gobierno, las políticas nacionales no siempre se alinean con los planes de desarrollo municipales o departamentales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023). Bogotá y Medellín tienen estrategias locales avanzadas, pero muchas ciudades intermedias aún carecen de planes de gestión circular (Sánchez-Echeverri et al., 2021; Suárez Puentes, 2020).</p>	<p>La escasez de estudios LCC completos y desglosados en el contexto colombiano limita la evaluación financiera rigurosa. Los datos se limitan a costos de producción de material sin incluir el Costo Total del Ciclo de Vida (LCC), los costos operativos y de mantenimiento, y los costos de Fin de Vida de manera completa (Rodríguez Martín et al., 2024; Alqahtani et al., 2021.; Oliveira et al., 2023). Se necesitan datos robustos y verificables para la toma de decisiones a gran escala.</p>	<p>Sin embargo, aún persiste cierta desconfianza entre los consumidores y algunos constructores respecto a la durabilidad, apariencia y seguridad de los materiales reciclados (Muñoz Sepúlveda, 2024). Superar esta percepción negativa requiere más información técnica y ejemplos de éxito (Castillo Moncayo, 2018).</p>
	<p>A pesar de su potencial económico, muchas iniciativas enfrentan dificultades para acceder a financiamiento, especialmente en etapas de investigación, escalamiento industrial o certificación. La inversión privada en este campo sigue siendo reducida y dependiente de fondos académicos o proyectos piloto (Suárez Puentes, 2020; Velásquez Vivas, 2021; Muñoz Sepúlveda, 2024).</p>	<p>Baja conciencia ciudadana sobre separación y reutilización de residuos. Los recicladores aún trabajan sin reconocimiento formal en varios municipios. (DANE,2022)</p>
	<p>Alto costo inicial de tecnologías de reciclaje y transformación de materiales. Pymes del sector de construcción sostenible no logran acceder a créditos o fondos verdes. (Banco Mundial,2022)</p>	<p>Informalidad en el sector del reciclaje, sin condiciones laborales dignas. Programas educativos sobre sostenibilidad son ocasionales o no llegan a zonas rurales. (MinAmbiente, 2022)</p>

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 13**

*P-E-S- Análisis de retos 3*

PESTEL			ANÁLISIS DE RETOS		
P	E	S			
	Dificultad para escalar emprendimientos circulares por falta de inversión o financiamiento verde. Los materiales reciclados pueden ser más costosos que los convencionales por baja oferta local.(ANDI, 2023)	Estigma hacia los materiales reciclados: Existe una percepción de "baja calidad" frente a productos reciclados o reutilizados. Consumidores evitan comprar materiales hechos con plástico reciclado por su "baja calidad" (Castillo Moncayo, 2018).			
	Falta de incentivos tributarios sostenibles: No hay un marco tributario claro que premie el uso de materiales reciclados o la reutilización (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2024; Calderón Ruiz & Sotelo Domínguez, 2023); Las empresas pagan el mismo IVA por un producto hecho con material reciclado que por uno nuevo (Bendix et al., 2022).				

Elaboración propia.

En el ámbito tecnológico, la dependencia de maquinaria importada y la falta de infraestructura avanzada para el reciclaje a gran escala representan un obstáculo importante. Las tecnologías locales de procesamiento aún son incipientes y se concentran en pequeñas iniciativas que no logran tener impacto industrial. La brecha tecnológica se amplía debido a la limitada inversión en investigación aplicada y al bajo nivel de transferencia entre universidades, centros de innovación y empresas privadas. Esta situación encarece los procesos productivos y ralentiza la adopción de nuevos sistemas constructivos. Además, los estudios sobre desempeño técnico y durabilidad de los materiales reciclados aún son escasos, lo que genera desconfianza en su uso masivo dentro del sector. En el pilar ecológico, si bien como se

evidencio en las oportunidades, el reciclaje reduce la generación de residuos y emisiones contaminantes, también se evidencia limitaciones y afectaciones en cuanto su uso. El proceso de reciclaje mecánico puede implicar un gasto energético significativo en su proceso de lavado, si no se realiza bajo parámetros adecuados, podría derivar en la degradación del material, reduciendo su resistencia o vida útil posconsumo, lo que ocasiona una contaminación secundaria o pérdida de calidad del producto final. El país enfrenta además deficiencias en la gestión de residuos sólidos, especialmente en zonas rurales donde los sistemas de recolección son insuficientes, lo que dificulta la obtención de materia prima limpia y clasificable para su transformación.

Por último, en el componente legal, aunque existen avances normativos como la Ley de Plásticos de un Solo Uso y la Estrategia Nacional de Economía Circular, aún persisten vacíos en la reglamentación específica para el uso de plásticos reciclados en la construcción. La ausencia de normas técnicas estandarizadas y de certificaciones oficiales genera inseguridad en el mercado, tanto para los fabricantes como para los constructores. La normativa vigente no establece parámetros claros sobre la calidad, durabilidad ni condiciones de aplicación de estos materiales, lo que obstaculiza su validación técnica y su aceptación en proyectos públicos o privados. Además, la fragmentación de los marcos regulatorios y la falta de coordinación entre entidades competentes dificultan el seguimiento y control del cumplimiento ambiental.

**Figura 14**

*T-E-L- Análisis de retos 1*

PESTEL		ANÁLISIS DE RETOS	
T	E	L	
No obstante, la capacidad tecnológica instalada en Colombia aún es limitada. Falta equipos especializados, laboratorios certificados y procesos industriales que garanticen una producción continua y de calidad. Esto impide que las investigaciones se traduzcan en productos disponibles comercialmente (Velásquez Vivas, 2021; Suárez Puentes, 2020; Calderón Ruiz & Sotelo Domínguez, 2023).	Se requiere mayor investigación y control sobre la liberación de micropásticos y sus potenciales efectos en la salud. Adicional, el uso de resinas químicas, como la resina epoxi en eco-ladrillos de plástico, puede resultar en un impacto en la formación de ozono y salud humana debido a la naturaleza química de la resina. Este es un reto de salud pública que va de la mano con los factores ambientales. (Martín-Lara et al., 2022; Cirno et al., 2023; Castillo Moncayo, 2018).	Aun así, no existen reglamentos específicos que reconozcan estos materiales dentro de los códigos de construcción o los manuales técnicos. Esta ausencia de respaldo normativo dificulta su homologación y frena su inserción formal en el sector (Muñoz Sepúlveda, 2024; Calderón Ruiz & Sotelo Domínguez, 2023).	
Brecha en innovación tecnológica para procesamiento avanzado de residuos. Limitadas plantas de transformación de plásticos midos (MinAmbiente, 2021)	Como lo indican nuevamente (Martín-Lara et al., 2022; Cirno et al., 2023; Castillo Moncayo, 2018), es necesario revisar y optimizar los procesos de la etapa de lavado del plástico reciclado, ya que esta etapa presenta un alto impacto ambiental debido al consumo de energía eléctrica, la fuente de energía utilizada para el proceso de reciclaje debe ser descarbonizada para maximizar el beneficio ambiental neto.	Reglamentación fragmentada y limitada en algunos sectores. Falta de normas técnicas unificadas para materiales reciclados en construcción. Congreso de Colombia (Ley 2232 de 2022)	
Poca transferencia tecnológica entre universidades y empresas. Exceso uso de plataformas digitales para trazabilidad de materiales reciclables. (Ministerio TIC, 2022)	Según el diagnóstico, los datos de huella hídrica son deficientes en los LCAs en cuanto a plásticos reciclados, es necesario incluir estos requerimientos en los programas de sostenibilidad de las empresas (The Circulate Initiative, s.f.).	Escaso seguimiento y sanción a incumplimientos ambientales. Procesos lentos para obtener licencias ambientales o certificaciones. (ANLA, 2022)	

Elaboración propia.

**Figura 15**

*T-E-L- Análisis de retos 2*

PESTEL		ANÁLISIS DE RETOS	
T	E	L	
Dependencia de tecnología importada. Maginaria de reciclaje avanzada proviene del exterior, lo que encarece la producción local. (BID,2021)	El sector de la construcción es uno de los grandes sectores generadores de residuos a nivel nacional, donde se generan 22 millones de toneladas de residuos al año en Colombia, y solo el 17% de la basura total se recicla (Cantor Saavedra et al., 2025). El reto no es solo la evaluación, sino la implementación y escalamiento de medidas que permitan el uso masivo del plástico reciclado para disminuir esta contaminación masiva y el deterioro de los recursos naturales.		
	El reciclaje puede resultar en la degradación de las propiedades del material con el tiempo, lo que lleva al material al vertedero, limitando la circularidad. (La Rosa, A. D., et al., 2024; Jiang et al., 2023). El reto es que las iniciativas nacionales se centren en un diseño para la circularidad, asegurando que los productos sean completamente reciclables al final de su vida útil para maximizar el potencial de reutilización.		
	A pesar de los beneficios ambientales, el país enfrenta problemas estructurales en la recolección, separación y clasificación del plástico postconsumo. Esta deficiencia reduce la disponibilidad de material reciclable con las condiciones adecuadas para su transformación. DANE (2023)		

Elaboración propia.

En conjunto, el análisis de los retos evidencia que la consolidación del uso de materiales con plástico reciclado en la industria de la construcción requiere una acción integral entre el Estado, el sector privado, la academia y la sociedad civil. La superación de estas barreras implica fortalecer la investigación científica, desarrollar normativas claras, mejorar los sistemas de recolección y reciclaje, y fomentar una cultura social más consciente y participativa. Solo a través de un trabajo coordinado y sostenido será posible transformar los residuos plásticos en una fuente estable de innovación, sostenibilidad y progreso para el país.

## Conclusiones

El estudio comparativo evidencia una brecha significativa entre los avances internacionales y el estado actual de Colombia en el uso de plástico reciclado en la construcción. Mientras que países europeos y asiáticos han consolidado sistemas normativos, incentivos y una cultura industrial de economía circular, en Colombia las experiencias aún se encuentran en etapa de investigación universitaria y aplicación limitada.

El principal desafío radica en la falta de institucionalidad y normatividad técnica, que impide la homologación y escalamiento de materiales reciclados a nivel industrial. Sin embargo, las oportunidades son amplias, especialmente si el país logra incorporar aprendizajes internacionales en materia de certificación, incentivos fiscales y desarrollo tecnológico.

Colombia puede posicionarse como referente regional en innovación sostenible si transforma la investigación experimental en una estrategia nacional de infraestructura circular, articulando a los sectores académico, público y empresarial en torno al aprovechamiento del plástico reciclado en la construcción.

El análisis evidencia que la madurez metodológica del país respecto a LCA y LCC aún es incipiente. A pesar de contar con una base regulatoria sólida, persiste una falta de articulación entre la normativa y la práctica técnica. La literatura demuestra que sin inventarios locales de ciclo de vida (LCL) y sin herramientas estandarizadas, los resultados de sostenibilidad son incompletos o no comparables (Jorge-Ortiz et al., 2025; Martín-Lara et al., 2022). Por lo tanto, es clave generar alternativas de inversión en infraestructura de datos y capacitación técnica a las comunidades, con el fin de garantizar la validez y credibilidad de los estudios de sostenibilidad en Colombia.

Los pilares de LCA, LCC y SLCA en conjunto, representan el núcleo de una evaluación integral en el ámbito de la sostenibilidad. Mientras el LCA identifica los impactos ambientales de cada etapa del ciclo de vida, el LCC permite estimar el costo total del material durante su uso, mantenimiento y disposición final, el SLCA permite un análisis en cuanto a los impactos sociales en el uso del plástico reciclado. Ahmed y Ali (2024) demuestran que los materiales con contenido reciclado pueden reducir los costos operativos hasta en un 25% frente a alternativas convencionales, confirmando que la sostenibilidad económica y ambiental son complementarias. En consecuencia, el país debe promover la adopción simultánea de ambas metodologías como requisito técnico en licitaciones públicas y proyectos piloto.

El avance hacia una construcción circular con plástico reciclado requiere acciones combinadas en tecnología, política y mercado. La evidencia internacional y local coincide en que los mayores impactos del reciclaje se concentran en las etapas de lavado y extrusión (Rahman et al., 2022), por lo que la mejora de estos procesos mediante energías limpias y control de calidad es prioritaria. A su vez, los incentivos económicos y las compras públicas verdes pueden cerrar el ciclo entre producción, demanda y valorización del material reciclado. En términos de teoría de la sostenibilidad industrial, esto reafirma el principio de ecoeficiencia sistémica, donde la mejora tecnológica y la gobernanza ambiental actúan de forma conjunta (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2023).

El uso del plástico reciclado en la construcción representa una oportunidad estratégica para avanzar hacia modelos productivos sostenibles y circulares. Los beneficios ambientales reducción de residuos, menor huella de carbono y ahorro energético se complementan con impactos sociales positivos como la generación de empleo y la innovación local (United Nations Environment Programme (UNEP), 2023; González et al., 2022). Sin embargo, alcanzar su plena integración requiere superar las brechas técnicas, normativas y financieras mediante

políticas públicas coherentes, desarrollo tecnológico y cooperación de varios actores. Con estos elementos, el plástico reciclado puede consolidarse como un componente esencial en la infraestructura sostenible del siglo XXI.

El análisis del marco normativo y político demuestra que Colombia ha construido una base legal sólida y moderna (Ley 2232 de 2022, Res. 0803 de 2024), estableciendo metas claras para la reducción y reincorporación de plásticos. Sin embargo, se identifica una brecha crítica en esta regulación, que se encuentra enfocada en la gestión del residuo y aún no se articula eficazmente con el sector de la construcción. Diferente a los enfoques internacionales que incentivan la demanda del mercado.

El marco colombiano carece de los incentivos financieros (como las compras públicas verdes), Muy diferente a las normas técnicas (NTC) que validen el desempeño de los nuevos materiales. La política ha resuelto el "qué" (metas de reciclaje), pero no el "cómo" (la vía para que la construcción se convierta en el gran consumidor de ese material), dejando una oportunidad clave de articulación público-privada para el desarrollo de estos instrumentos.

La economía circular se consolida como una estrategia fundamental para repensar la manera en que Colombia y el mundo gestionan sus recursos, residuos y procesos productivos.

A nivel internacional, los avances en países como India, Países Bajos, Chile y China evidencian que la incorporación de materiales reciclados, especialmente plásticos, en el sector de la construcción genera beneficios ambientales, económicos y sociales significativos. Estos casos confirman que la circularidad es viable y puede integrarse con éxito en sectores intensivos en recursos cuando existe un marco normativo sólido, incentivos a la innovación y colaboración público y privada.

En Colombia se observa un creciente interés por aplicar principios de economía circular en la construcción, la gestión de residuos y la producción industrial. Iniciativas como la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC, 2018), la Guía de materiales para la construcción sostenible (MinAmbiente, 2023) y diversos proyectos liderados por empresas y universidades demuestran un avance hacia modelos más sostenibles. Aun así, la implementación es desigual entre regiones debido a la falta de infraestructura, financiamiento y mecanismos de articulación institucional.

Las principales oportunidades se relacionan con la generación de empleos verdes, el fortalecimiento de las cadenas de reciclaje, la atracción de inversión internacional y el posicionamiento del país como referente regional en innovación sostenible. La adopción de tecnologías para la valorización de residuos y el desarrollo de materiales alternativos también impulsan la competitividad de sectores como la construcción y la manufactura, promoviendo una economía más resiliente y de menor impacto ambiental.

Persisten retos que deben abordarse de forma integral, como la ausencia de normas técnicas específicas para materiales reciclados, la informalidad en el sector de reciclaje, la baja cultura ciudadana en separación de residuos y la necesidad de fortalecer la educación ambiental desde etapas tempranas. Estos factores limitan la velocidad con que el país avanza hacia una economía circular consolidada.

Colombia cuenta con un marco político favorable y un potencial significativo para escalar la economía circular. Requiere fortalecer la cooperación entre gobierno, academia, sector privado y sociedad civil. La transición circular debe asumirse como una oportunidad de desarrollo sostenible capaz de generar innovación, empleo y bienestar social, al tiempo que se reducen los impactos ecológicos y se promueve un uso más eficiente de los recursos. La

experiencia internacional demuestra que el éxito depende de la voluntad política, la coherencia normativa y la educación colectiva hacia un nuevo modelo de prosperidad responsable.

## Referencias

- Ahmed, H. U., Mohammed, A. S., & Mohammed, A. A. (2023). Engineering properties of geopolymer concrete composites incorporated recycled plastic aggregates modified with nano-silica. *Journal of Building Engineering*, 75, 106942  
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106942>
- Ahmed, S., & Ali, M. (2024). Development and engineering evaluation of interlocking hollow blocks made of recycled plastic for mortar-free housing. *Buildings*, 15(17), 2996.  
<https://doi.org/10.3390/buildings15172996>
- Ahmed, S., & Ali, M. (2023). Potential applications of different forms of recycled plastics as construction materials—A review. *Engineering Proceedings*, 53(1), 5.  
<https://doi.org/10.3390/IOCBD2023-15177>
- Al-Attar, A., Hamada, H. M., Abed, F., Beddu, S., Humada, A. M., Majdi, A., Yousif, S. T., & Thomas, B. S. (2024). Enhancing sustainability in concrete construction: A comprehensive review of plastic waste as an aggregate material. *Sustainable Materials and Technologies*, 40, e00877. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e00877>
- Alqahtani, F. K., Abotaleb, I. S., & ElMenshawey, M. (2021). Life cycle cost analysis of lightweight green concrete utilizing recycled plastic aggregates. *Journal of Building Engineering*, 40, 102670. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102670>
- Alqahtani, F. K., Sherif, M. A., & Ghanem, A. M. (2023). Green lightweight concrete utilizing sustainable processed recycled plastic aggregates: Technical, economic and environmental assessment. *Construction and Building Materials*, 393, 132027.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061823017415?via%3Dihub>

Ampuero Antazu, A. A., & Romero Bueno, P. L. (2020). *Parámetros físicos y mecánicos de ladrillos ecológicos hechos a base de material reciclado (plástico PET) para construcción: Una revisión* [Trabajo de investigación de grado académico de bachiller en ingeniería ambiental, Universidad Peruana Unión]. Repositorio UPeU.

<https://hdl.handle.net/20.500.12840/3740>

Associated Press. (2023, 27 de septiembre). *Colombia's waste pickers protest plastic recycling rules tied to China*. AP News. [https://apnews.com/article/colombia-waste-pickers-](https://apnews.com/article/colombia-waste-pickers-recycling-protest-plastic-china-3066189f6125549f926eac6b98403f17)

[recycling-protest-plastic-china-3066189f6125549f926eac6b98403f17](https://apnews.com/article/colombia-waste-pickers-recycling-protest-plastic-china-3066189f6125549f926eac6b98403f17)

ATLAS.ti. (2025). Diferencias entre análisis temático y de contenido. *En* Guía definitiva de la investigación cualitativa – Parte 2: Tratamiento de datos cualitativos. *ATLAS.ti Scientific Software Development GmbH*.

<https://atlasti.com/es/guias/guia-investigacion-cualitativa-parte-2/analisis-tematico-frente-a-analisis-de-contenido>

Backes, J. G., & Traverso, M. (2024). Social life cycle assessment in the construction industry: Systematic literature review and identification of relevant social indicators for carbon reinforced concrete. *Environment, Development and Sustainability*, 26(7), 7199–7233.

<https://doi.org/10.1007/s10668-023-03005-6>

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2021). *Gestión de residuos plásticos y oportunidades de economía circular en América Latina*. Washington, D.C.: BID.

Bautista, K. S., Hernández, N. E., Solano, J. K., Orjuela, D., & Acevedo, P. (2023). Life cycle analysis for the recycled expanded polystyrene (EPS) and polypropylene (PP) mixture as an alternative to the material in the construction sector. *Chemical Engineering Transactions*, 99, 247–252. <https://doi.org/10.3303/CET2399042>

- Bertelsen, I. M. G., Lima, P. R. L., & Ottosen, L. M. (2023). Possible applications for waste fishing nets in construction material. In *RILEM Bookseries* (Vol. 39, pp. 173–184). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-31058-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-31058-4_12)
- Bendix, P., Achenbach, H., Weißhaupt, P., Eckert, D., Oehme, I., & Berg, H. (2022). *Circular economy for durable products and materials: The recycling of plastic building products in Germany—status quo, potentials and recommendations*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 24, 1567–1583. <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01406-9>
- Calderón, S. M. & Sotelo, T. (2023). *Plan de gestión de buenas prácticas del uso del plástico reciclado en el sector de la construcción en Colombia: un análisis comparativo internacionalmente*. [Monografía]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54270>
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro futuro común = Our common future: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Naciones Unidas / Oxford University Press. Disponible en <https://www.sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- Cantor Saavedra, J. F., Torres Peralta, D. A., & Mondragón Barrero, B. Y. (2025). *Análisis de la influencia de materiales reciclados para la construcción sostenible en Latinoamérica*. [Trabajo de especialización, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional Uniminuto. <https://repository.uniminuto.edu/server/api/core/bitstreams/b6cb71cb-def2-4710-8e90-031f3750c1d0/content>

Cañola, H. D., Granda-Ramírez, F., & Quintero-García, K. L. (2021). Aprovechamiento de residuos en la construcción de galpones como alternativa de sostenibilidad en el corregimiento El Prodigio, en San Luis, Antioquia-Colombia. *TecnoLógicas*, 24(51), e1830. <https://doi.org/10.22430/22565337.1830>

Castillo Moncayo, D. C. (2018). *Análisis de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado como material de construcción* [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional USTA.

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/14462>

Cempre. (2024). *Road Map Colombia – Plastic Pact*. <https://cempre.org.co/pacto-plasticos/wp-content/uploads/sites/7/2024/09/Road-Map-Colombia-Plastic-Pact.pdf>

Cempre. (2024, julio 2). *Pacto por los plásticos traza el camino hacia la economía circular de plásticos en Colombia para el 2030*. <https://cempre.org.co/pacto-por-los-plasticos-traza-el-camino-hacia-la-economia-circular-de-plasticos-en-colombia-para-el-2030>

Chaves Pabón, S. B., Osorio Baquero, E., Molano Barrera, C. W., Ospina García, M. A., & Lizarazo Godoy, J. (2020). *Technical and economic comparison between recycled plastic and hydraulic concrete pavers*. *Revista ESPACIOS*, 41(21), 24. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n21/a20v41n21p24.pdf>.

Cirino, E., Curtis, S., Wallis, J., Thys, T., Brown, J., Rolsky, C., & Erdle, L. M. (2023). Assessing benefits and risks of incorporating plastic waste in construction materials. *Frontiers in Built Environment*, 9, 1206474. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1206474>

Colorado, H. A., Muñoz, A., & Neves Monteiro, S. (2022). Circular economy in the construction sector: A case study of Santiago de Cali (Colombia). *Sustainability*, 14(3), 1923. <https://doi.org/10.3390/su14031923>

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro futuro común = Our common future: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Naciones Unidas / Oxford University Press.

<https://www.sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>

Congreso de la República de Colombia. (2022). *Ley 2232 de 2022: Por la cual se regula la producción y uso de plásticos de un solo uso en el territorio nacional*. Diario Oficial No. 52.080. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=184934>

da Silva, T. R., de Azevedo, A. R. G., Cecchin, D., Marvila, M. T., Amran, M., Fediuk, R., Vatin, N., & Karelina, M. (2021). Application of plastic wastes in construction materials: A review using the concept of life-cycle assessment in the context of recent research for future perspectives. *Materials*, 14(13), 3549. <https://doi.org/10.3390/ma14133549>

DANE. (2024). *Noveno reporte de economía circular*. [Reporte]

<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/economia-circular/doc-ECircular-NovenoReporte.pdf>

DANE. (2025). *Sistema de Consulta de Información de Economía Circular (SIEC): Séptimo reporte de economía circular*. [Reporte]

<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/economia-circular/doc-ECircular-SeptimoReporte.pdf>

Das, A. J., & Ali, M. (2025). *Prospective use and assessment of recycled plastic in construction industry*. *Recycling*, 10(2), 41. <https://doi.org/10.3390/recycling10020041>

Ellen MacArthur Foundation. (2024). *Circular economy in the built environment: Principles and opportunities*. <https://ellenmacarthurfoundation.org>

- Elnaml, I. A., Liu, J., Mohammad, L. N., Dylla, H., Wasiuddin, N. M., & Cooper, S. B. (2024). Recycling waste plastics in asphalt mixture: Engineering performance and environmental assessment. *Journal of Cleaner Production*, 142180. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142180>
- Elnaml, S. M., Khaled, T., & El-Masry, M. (2024). Performance of asphalt mixtures containing recycled plastic waste: A sustainable approach. *Journal of Environmental Management*, 358, 120900. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120900>
- Fantuzzi, N., Vidwans, A., Dib, A., Trovalusci, P., Agnelli, J., & Pierattini, A. (2023). Flexural characterization of a novel recycled-based polymer blend for structural applications. *Polymers*, 15(1), 117. <https://doi.org/10.3390/polym15010117>
- Flick, U. (2015). *Introducción a la investigación cualitativa* (5.<sup>a</sup> ed.). Madrid: Morata
- Universidad Galileo. (2023, 6 de noviembre). *El impacto de la construcción en el medio ambiente*. <https://www.galileo.edu/ficon/noticias/el-impacto-de-la-construccion-en-el-medio-ambiente>
- Gazeau, B., Minunno, R., Zaman, A., & Shaikh, F. (2024, abril 15). Elevating recycling standards: Global requirements for plastic traceability and quality testing. *Sustainability*, 16(12), 5122. <https://doi.org/10.3390/su16125122>
- Gómez, L., & Pardo, V. (2023). Evaluación experimental de materiales de construcción elaborados con plástico reciclado PET. *Revista Ingeniería y Sostenibilidad*, 12(2), 55–67
- González-Sierra, J. A., & Rojas, D. (2024). Interaction of life cycle assessment (LCA) and BIM in a residential building in Colombia. *Civil Engineering Journal*, 10(11). <https://doi.org/10.28991/CEJ-2024-10-11-5336>

- Gómez, L. M., & Pardo, V. (2023). Avances en el uso de materiales con plástico reciclado en la construcción colombiana: una revisión técnica. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 41(2), 55–68. <https://doi.org/10.14482/inde.41.2.115>
- Guízar, R. (2013). *Desarrollo organizacional: Principios y aplicaciones* (4.ª ed.). México: McGraw-Hill.
- Guo, Y.-C., Li, X.-M., Zhang, J., & Lin, J.-X. (2023, noviembre 14). A review on the influence of recycled plastic aggregate on the engineering properties of concrete. *Case Studies in Construction Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107787>
- Gupta, S., Chen, H., Hazen, B. T., Kaur, S., & Santibáñez-González, E. D. R. (2023). Conceptualizing the circular economy (revisited): An analysis of 221 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 190, 106892. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.106892>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). México: McGraw-Hill
- Hurtado, J., Ramírez, D., & Montoya, C. (2022). Desempeño mecánico de adoquines de concreto con incorporación de residuos plásticos postconsumo. *Revista de Ingeniería y Medio Ambiente*, 15(1), 32–48.
- Hurtado, S., Rojas, C., & Torres, F. (2022). Evaluación de concretos con incorporación de residuos plásticos reciclados en el contexto colombiano. *Revista Tecnura*, 26(71), 98–112. <https://doi.org/10.14483/22487638.17070>
- Icontec. (2020-2024). *Normas Técnicas Colombianas (NTC) sobre materiales de construcción con contenido reciclado* (NTC 4026, NTC 4205-1, NTC 6033). Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

- Equipo editorial Capital Inteligente. (2024, 17 de julio). Prohibición de los empaques de plástico de un solo uso en Colombia: Perspectivas, aprendizajes y oportunidades. *Bancolombia*. <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/tendencias/sostenibilidad/alternativas-plasticos-un-solo-uso-colombia>
- ISO. (2025, octubre 21) . *Standards and plastic pollution: Panorama de normas sobre feedstock y calidad del reciclado*. International Organization for Standardization. <https://www.iso.org/plasticpollution>
- Jiang, X., & Bateer, B. (2025). A systematic review of plastic recycling: Technology, environmental impact and economic evaluation. *Waste Management & Research*, 43(8), 1159-1178. <https://doi.org/10.1177/0734242X241310658>
- Jorge-Ortiz, A., Braulio-Gonzalo, M., & Bovea, M. D. (2025). Environmental and economic performance of residential buildings: LCA|LCC tool and case study in Colombia. *Building and Environment*, 269, 112459. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112459>
- Kareem, I., Alzuhairi, M., Hashim, A. F., & Al-Ghaban, A. H. (2025, abril). Recycled plastics in building materials: Enhancing sustainability and performance. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 20(4), 419-428. <https://doi.org/10.18280/ijdne.200419>
- Khan, M. I., Raza, S., Ali, M., & Hussain, S. (2023). A critical review of the current progress of plastic waste recycling for construction applications. *Materials Today: Proceedings*, 86, 3307-3315. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.010>
- La Rosa, A. D., Carvalho, R., Dias, M., & Paulo, V. (2024). LCA and LCC analysis of the recovering and reusing scenario of metal-plastic process scraps. *Materials Circular Economy*, 6, 4. <https://doi.org/10.1007/s42824-023-00095-5>

López Salazar, S., & García Marín, C. C. (2020). *Utilización de materiales plásticos reciclados para...* [Tesis de grado, Universidad Libre].

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/23151/MD0158.pdf>

Martín-Lara, M. A., Moreno, J. A., Garcia-García, G., Arjandas, S., & Calero, M. (2022). Life cycle assessment of mechanical recycling of post-consumer polyethylene flexible films based on a real case in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 365, 132625.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132625>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2021). *Colombia cuenta con un plan nacional para la gestión sostenible de los plásticos de un solo uso.*

<https://www.minambiente.gov.co>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2024). *Resolución 0803 de 2024: Reglamentación de la Ley 2232 de plásticos de un solo uso.*

<https://www.minambiente.gov.co/colombia-aspira-a-que-en-2030-el-100-de-los-plasticos-de-un-solo-uso-del-mercado-sean-reutilizables-o-compostables/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2023). *Menos plásticos por la vida.* <https://www.minambiente.gov.co/plasticos-por-la-vida>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2024, junio 28). *Resolución 0803 de 2024 Ley 2232 del 2022* <https://www.minambiente.gov.co/documento->

[normativa/resolucion-0803-del-24-de-junio-de-2024](https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0803-del-24-de-junio-de-2024)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente). (2025). *Estrategia Nacional de Economía Circular.* [https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-](https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular)

[urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular](https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular)

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2023). Informe técnico sobre innovación en materiales de construcción sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2023/06/Guia-de-materiales-para-la-construccion-sostenible.pdf>

Muñoz Sepúlveda, L. J. (2024). *Revisión del uso de plásticos reciclados en la construcción de viviendas* [Trabajo de grado, Universidad Antonio Nariño]. <https://repositorio.uan.edu.co>

Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5.<sup>a</sup> ed.). Ediciones de la U. [https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9789587628777\\_A37185220/preview-9789587628777\\_A37185220.pdf](https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9789587628777_A37185220/preview-9789587628777_A37185220.pdf)

ONU-Hábitat. (2022). *Guía sobre innovación y uso de materiales reciclados en vivienda social*. Nairobi: ONU-Hábitat

Ortega-Ramírez, A. T., Reyes Tovar, M., del Carmen Elmira Castro, N., & Silva-Marrufo, O. (2023). *Valuation of Plastic Waste as a Community Circular Economy Strategy in the Municipality of Chocó – Colombia*. *Recycling*, 8(3), 52. <https://doi.org/10.3390/recycling8030052>

Ortiz Marín, F. O., Rodríguez Peña, M. A., & Urrego Cortés, L. F. (2023, mayo 22). *Aprovechamiento de residuos de material PET en construcción de viviendas tipo rural* [Trabajo de grado, Universidad EAN]. Biblioteca digital Minerva <https://repository.universidadean.edu.co>

PNUMA. (2023). *Informe global sobre plásticos y construcción sostenible*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/42679>

- Rahman, M. M., et al. (2022). Producing sustainable concrete with plastic waste: A review. *Case Studies in Construction Materials*, 17, e01276. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01276>
- Rahman, M. M., et al. (2025). Sustainability of utilizing recycled plastic fiber in green concrete. *Journal of Building Engineering*, 92, 109020. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.109020>
- República de Colombia. (2022). *Ley 2232 de 2022 [Ley]*. SUIN-Juriscol. <https://www.suin-juriscol.gov.co>
- Rodríguez, A., Martínez, C., & Rincón, L. (2022). Economía circular y materiales reciclados en la construcción: perspectivas latinoamericanas. *Revista Ambiente Construido*, 22(3), 133–152. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212022000300875>
- Rodríguez, M. (2025, enero 5). *Estrategias efectivas para descarbonizar la cadena de valor de la construcción*. Inspenet. <https://inspenet.com/articulo/descarbonizar-la-cadena-de-valor-de-la-construccion>
- Rodríguez Martín, D. P., Roa Perilla, D. C., Piraquive Cristancho, E. A., Bautista Hurtado, J. H., & Quintero Guerrero, M. A. (2024). *Fabricación de ladrillos plásticos reciclado para la construcción de viviendas eco-sostenibles*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/62505>
- Roy, R., Mottaghi, M., Woods, M., & Pearce, J. M. (2025). Life cycle carbon emissions savings of replacing concrete with recycled polycarbonate and sand composite. *Sustainability*, 17(3), 839. <https://doi.org/10.3390/su17030839>
- Santafé Lugo, E. A. (2021, julio). *Polímeros reciclados “PET” en la elaboración de bloques* [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.umng.edu.co>

- Sánchez-Echeverri, L. A., Tovar-Perilla, N. J., Suárez-Puentes, J. G., Bravo-Cervera, J. E., & Rojas-Parra, D. F. (2021). Mechanical and market study for sand/recycled-plastic cobbles in a medium-size Colombian city. *Recycling*, 6(1), 17. <https://www.mdpi.com/2313-4321/6/1/17>
- Sakr, A., & AbouZeid, M. (2024). Use of recycled plastics in construction materials: A case study in Egypt and India. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(4), 5238–5250. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-29902-1>
- Sakr, N., & AbouZeid, M. N. (2025). *Recycling of plastic waste in the construction industry*. *Polymers*, 17(9), 1282. <https://doi.org/10.3390/polym17091282>
- Semana. (2025, junio 11). ¿Está Colombia más cerca del fin del plástico de un solo uso? Así se avanza en materia de reciclaje y economía circular. <https://www.semana.com/foros-semana/articulo/esta-colombia-mas-cerca-del-fin-del-plastico-de-un-solo-uso-asi-se-avanza-en-materia-de-reciclaje-y-economia-circular/202500>
- Suárez Puentes, J. G. (2020). *Estudio de la factibilidad para la producción de adoquines no convencionales a partir de la reutilización del polietileno de baja densidad en la ciudad de Ibagué* [Trabajo de grado, Universidad de Ibagué]. <https://repositorio.unibague.edu.co>
- The Circulate Initiative. (s.f.). *Plastic Lifecycle Assessment Calculator for the Environment and Society*. The Circulate Initiative. <https://www.thecirculateinitiative.org/plastic-lifecycle-assessment-calculator-for-the-environment-and-society/>
- Thomas, G. (2020). *Research methodology and scientific writing*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39789-9>
- Thomas, J. (2020). *Methods for systematic literature reviews*. SAGE Publications.

- El Tiempo. (2025, 27 de agosto ). *¿Cómo va Colombia con la eliminación de plásticos de un solo uso? Las cifras del ordenamiento de ley.* <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/como-va-colombia-con-la-eliminacion-de-plasticos-de-un-solo-uso-las-cifras-del-ordenamiento-de-ley-3463000>
- Tsuchimoto, I., Yamamoto, T., Sato, K., & Tanaka, H. (2022). Recycling of plastic waste: A systematic review using bibliometric analysis. *Sustainability*, 14(24), 16340. <https://doi.org/10.3390/su142416340>
- United Nations Environment Programme (2020). *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products and Organisations 2020*. UNEP. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/34554>
- UNICEF. (2024). *Plastic bricks progress report*. Circle K International. <https://www.circlek.org/wp-content/uploads/2024/09/UNICEF-Plastic-Bricks-Progress-Report.pdf>
- Vega Gutiérrez, C. R. (2025). *Propuesta tecnológica para la valorización de residuos* [Trabajo de grado, Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co>
- Velásquez Vivas, J. E. (2021). *Bloques de concreto sustentables a partir de la utilización de material de reciclaje (PET)* [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://repository.ucc.edu.co>
- Verbel Almarino, C., Mora, O., Mattos-Rodríguez, A. C., Figueroa Loaiza, M., Borrero-Restrepo, D., Suárez-Maldonado, R., ... Naranjo, T. (2024). Effect of incorporation of recycled polypropylene plastic on mechanical properties of concrete. *Civil Engineering and Architecture*, 12(3A), 2198-2211. <https://www.hrpub.org/download/20240430/CEA19-14836304.pdf>
- Vigo Rivera, J. E., & Turpo Mamani, S. M. . (2021). Uso de reciclado de plástico Tereftalato de Polietileno (PET) para la elaboración de adoquin de construcción. *Unaciencia, Revista De*

*Estudios E Investigaciones*, 14(26), 68–79.

<https://doi.org/10.35997/unaciencia.v14i26.617>

Zhang, Y., Li, X., & Chen, H. (2025). Marine plastic waste in construction: A systematic review of material performance. *Polymers*, 17(7), 1234.

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12251926>