

GESTIÓN SOSTENIBLE PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DEL CASETÓN DE ICOPOR: UN ENFOQUE BASADO EN LA ECONOMÍA CIRCULAR.

Luz Dary Cortés Forero¹, Diana Paola Carreño León²,

¹Universidad Santo Tomás, Maestría en Administración

²Universidad Santo Tomás, Maestría en Administración

Resumen- El casetón de icopor, es ampliamente usado en el sector de la construcción por ser liviano y buen aislante térmico pero que al mismo tiempo constituye un desafío ambiental por la dificultad en su descomposición y por la gestión inadecuada de los residuos. En el presente estudio se proponen estrategias de gestión sostenible basadas en la economía circular para mejorar la disposición final de este material. A través de una metodología cualitativa, que incluyó revisión documental, entrevistas y observación directa, se analizó el caso de tres empresas de la región. Los resultados muestran las deficiencias normativas, técnicas y de logística en la actual gestión de los residuos del casetón de icopor (poliestireno expandido), en adelante (EPS) y la necesidad de implementar modelos como la producción más limpia y la logística inversa. Se plantean estrategias en torno a la prevención, reutilización y valorización del EPS, incluyendo el uso de materiales alternativos biodegradables, la implementación de un modelo de alquiler-retorno del casetón y técnicas de reciclaje físico y químico.

Palabras clave - Sostenibilidad, Economía Circular, Poliestireno Expandido, Casetón de Icopor.

Abstract: The expanded polystyrene (EPS) slab, widely used in construction for its light weight and good thermal insulation properties, poses an environmental challenge due to its resistance to decomposition and improper waste management. This study proposes sustainable management strategies based on the circular economy to improve the final disposal of this material. Through a qualitative methodology that

included document review, interviews, and direct observation, the case of three companies in the region was analyzed. The results reveal regulatory, technical, and logistical shortcomings in the current management of EPS waste, and highlight the need to implement models such as cleaner production and reverse logistics. Strategies are proposed around prevention, reuse, and recovery of EPS, including the use of biodegradable alternative materials, a rental-return model for the slabs, and physical and chemical recycling techniques.

Keywords – Sustainability, Circular Economy, Expanded Polystyrene (EPS), Polystyrene Slab.

Introducción

La economía circular y las estrategias de gestión sostenible hoy en día son enfoques clave para mejorar el aprovechamiento de los materiales y residuos resultantes del proceso de producción del casetón de icopor (poliestireno expandido), producto que es de uso frecuente en sectores económicos como la construcción que para el año 2024 registró un crecimiento según cifras del DANE 4.1% con respecto al año 2023. El Casetón de icopor se destaca por sus propiedades de ligereza y aislamiento.

Sin embargo, la inadecuada disposición final de este material plantea retos ambientales y económicos significativos, tanto para las empresas productoras como las empresas que habitualmente requieren de este producto para la ejecución de obras de construcción. La principal problemática del uso del casetón de icopor está relacionada con la disposición final de los residuos generados, puesto que el icopor, es un material no biodegradable, que contribuye

significativamente a la contaminación de suelos y fuentes hídricas, generando partículas que pueden ser arrastradas por las corrientes de aire y depositadas en vertederos y nacimientos de agua; además, su acumulación provoca contaminación visual en los alrededores de las empresas. Estos residuos implican la ocupación de grandes espacios de almacenamiento, generando un impacto negativo en la imagen corporativa de los productores e inconvenientes que pueden conducir a sanciones en materia ambiental.

Por lo anterior, es importante estudiar el problema que representa no manejar adecuadamente los residuos del casetón de icopor, especialmente en el contexto regional donde es evidente que las prácticas de transición hacia modelos sostenibles de gestión no se encuentran contempladas por las empresas de producción y las empresas constructoras, poner en práctica estos modelos no solo ayuda a reducir el impacto ambiental, sino que también puede abrir nuevas oportunidades económicas a través de la economía circular. La aplicación de esta perspectiva en el estudio fomenta la reutilización y el reciclaje y permite el acercamiento a casos que exponen estas problemáticas, en empresas productoras y de construcción de la región contribuyendo a la implementación de soluciones innovadoras que la beneficien

El presente estudio se orienta a proponer estrategias de gestión sostenibles para la disposición final de los residuos del casetón de icopor, mediante acercamientos a diferentes empresas locales del sector de la producción, con el fin de identificar la disposición final actual del casetón de icopor, así mismo, identificar los diferentes modelos de gestión sostenible hallados en las fuentes documentales, y proponer estrategias de gestión para la disposición final de residuos del casetón de icopor de forma sostenible.

En este sentido, es importante analizar las teorías existentes en cuanto a economía circular, sostenibilidad y modelos de gestión sostenibles para este tipo de material y de esta manera tener claridad para proponer una solución a la problemática identificada.

Economía circular:

De acuerdo con Ugalde (2021), el concepto de economía circular ha tenido una evolución progresiva desde sus raíces en la escuela clásica de la Economía, a finales del siglo XVIII, hasta consolidarse como una propuesta relevante en las primeras décadas del siglo XXI. Esta idea surgió como respuesta a la creciente explotación de los recursos naturales, y fue retomada con mayor fuerza en el siglo XX por movimientos ambientalistas interesados en la preservación y restauración del entorno. En la actualidad, se posiciona como una estrategia fundamental para lograr un desarrollo sostenible que tenga en cuenta la limitada disponibilidad de los recursos del planeta.

De acuerdo con Ellen MacArthur Foundation (2015a) la economía circular ayuda a: aprovechar al máximo los recursos disponibles, buscando que nada se desperdicie y todo se use de forma más eficiente, disminuir la producción de desechos y promover el reaprovechamiento y reciclaje de materiales en los procesos de producción. Este método se diferencia del modelo lineal convencional, según Geissdoerfer et al.(2017a), se trata de "extraer, producir, consumir y desechar", y plantea estrategias para que los materiales no se desperdicien, sino que puedan repararse, usarse de nuevo, transformarse o reciclarse y así darles una segunda vida.

Uno de los pilares de la economía circular es el ecodiseño, que aspira a reducir el impacto ecológico desde la creación de productos y servicios, haciendo que los productos duren más tiempo y evitando sacar tantos recursos naturales de la tierra, tal como lo manifiesta Stahel (2016). Este modelo también impulsa el uso de materiales que se descomponen de forma natural y promueve ideas para recuperar aquellos materiales valiosos que pueden volver a usarse en procesos de fabricación.

En términos políticos y regulatorios, la Unión Europea ha encabezado la implementación de acciones concretas de economía circular a través de programas como el "Plan de Acción para la Economía Circular" según la European Commission (2020), este plan busca disminuir la producción de desechos e impulsar la innovación

en la administración sostenible de los recursos. “En el contexto latinoamericano, algunos países han comenzado a desarrollar marcos regulatorios y estrategias nacionales para la transición hacia la economía circular, aunque su implementación sigue siendo un desafío” (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016)

Geissdoerfer et al. (2017b) formulan un análisis de la economía circular como una nueva propuesta de sustentabilidad que busca aprovechar y minimizar los desechos generados por el sector productivo.

Sostenibilidad

El término de sostenibilidad ha progresado desde su definición original en el informe "Nuestro Futuro Común" de la Comisión Brundtland (1987), en el que se determina que el desarrollo sostenible es aquel que busca que los seres humanos puedan cubrir sus necesidades hoy sin quitarles a las próximas generaciones la posibilidad de cubrir las suyas (World Commission on Environment and Development, 1987). Este concepto propone encontrar un equilibrio entre tres elementos fundamentales: económico, social y ambiental (Purvis, et al., 2019).

Por otro lado, Elkington (1997), citado por (Hernández et al., 2023) se entiende que, desde la dimensión económica, la sostenibilidad implica mantenerse en el tiempo gestionando de manera eficiente el uso de los recursos, generando ganancias de manera ética y sostenible. En el contexto social, Sachs (2015) manifiesta que la sostenibilidad se enfoca en la igualdad y la inclusión, asegurando condiciones laborales equitativas, el acceso a productos y servicios fundamentales, y la integración comunitaria en la toma de decisiones. En términos ambientales, la sostenibilidad persigue la preservación de los ecosistemas, la reducción del impacto ambiental en el planeta y frenar el cambio climático usando procesos productivos sustentables.

En este sentido se puede afirmar que la economía circular y la sostenibilidad van de la mano, porque la adopción de este modelo reduce la explotación excesiva de los recursos naturales y disminuye el impacto negativo sobre el medio

ambiente, y a la vez, crea oportunidades económicas y sociales mediante nuevos modelos de negocio y trabajo ecológico, lo cual es necesario que se implemente en las empresas.

Modelos de gestión sostenibles de residuos

El casetón de icopor es un elemento ligero muy usado en el sector de la construcción, por lo que trae numerosos desafíos de tipo ambiental, dado que no es biodegradable ni fácilmente compostable y su descomposición en condiciones naturales puede tardar alrededor de 500 años; además, su gran volumen dificulta su almacenamiento y su incineración genera gases tóxicos para el entorno. Por eso es fundamental contar con una forma pertinente de gestionar los residuos, priorizando el cuidado del medio ambiente y dando una segunda vida a los materiales.

Los modelos de gestión sostenible tienen como objetivo integrar dimensiones ambientales, sociales y económicas como se describe a continuación:

Jerarquía de residuos

Como su nombre lo indica, en este modelo se ordenan las estrategias de gestión implementadas de acuerdo con su prioridad, de la más a la menos deseable, con el propósito de reducir el efecto negativo sobre el medio ambiente y maximizar el valor y aprovechamiento de los materiales. Las estrategias se presentan a manera de una pirámide invertida donde las estrategias más sostenibles se ubican en la parte superior y las menos sustentables estarán en la parte más baja (UNEP, 2019).

Las cinco etapas de la jerarquía son:

- **Prevención:** Consiste en evitar la generación de residuos desde la misma fase de diseño.
- **Reutilización:** Hace referencia al uso repetido del material sin llevar a cabo procesos de transformación.
- **Reciclaje:** Se trata de transformar los residuos en nuevos productos.
- **Recuperación Energética:** Busca transformar los residuos generados en energía a través de

procesos químicos o físicos como la incineración controlada, que puede generar gases tóxicos.

- Eliminación: Es la menos sustentable y se enfoca en depositar los residuos en rellenos sanitarios o su quema sin recuperación energética.

Gestión Integral de Residuos.

Es un enfoque que articula múltiples procesos como los técnicos, normativos, económicos, ambientales y sociales para la gestión sostenible de residuos en cada una de sus etapas, iniciando por el momento de su creación hasta la disposición final; se busca controlar los residuos minimizando el impacto y maximizando la recuperación del valor durante el ciclo de vida (UNEP, ISWA, 2015).

Bajo esta perspectiva se propone la articulación de los diferentes actores como las empresas, el gobierno y los recicladores para maximizar el aprovechamiento de los materiales a lo largo de su ciclo de vida. La gestión integral de residuos se basa en los principios de prevención en la fuente del diseño, responsabilidad compartida y extendida a cada uno de los actores, ciclo de vida del residuo considerando todas sus etapas y participación ciudadana.

Logística inversa

Hace referencia al conjunto de procesos que facilitan el retorno de los residuos desde el consumidor final hasta el productor y hasta centros de reciclaje y aprovechamiento para poder ser reutilizados o reprocesados (Rogers & Tibben-Lembke, 1998).

Dentro de este modelo se deben tener en cuenta componentes claves como la recolección diferenciada, un transporte eficiente, centros de acopio y transformación que deben estar ubicados estratégicamente para recibir y procesar los materiales y la trazabilidad y control de los residuos. En México y Chile se desarrollaron programas piloto de logística inversa que incluyen la participación de entidades del sector

de la construcción y organizaciones recicladoras formalizadas.

Metodología

Esta investigación adopta un enfoque cualitativo, el cual, según Hernández (2014), se caracteriza por trabajar con datos no numéricos como textos, narraciones y significados. En este marco, se emplean técnicas como la observación directa para la recolección de información. El estudio se desarrolla mediante un método descriptivo-exploratorio, que permite comprender la problemática relacionada con la disposición final del casetón de icopor y formular estrategias de gestión sostenible fundamentadas en los principios de la economía circular.

En la parte inicial se realiza una revisión de la situación actual de la gestión de residuos en las empresas, identificando las oportunidades y amenazas. A partir de la información recolectada, se describen las prácticas actuales, las normativas aplicables y los modelos exitosos de gestión sostenible, que permite comprender el contexto actual de gestión de residuos en las empresas productoras de la región y evaluar alternativas de mejora que contribuyan a un desarrollo sostenible. El análisis de los modelos de gestión sostenibles se realizó a partir de una revisión documental exhaustiva, que incluyó investigaciones académicas, informes técnicos y casos de éxito reportados en la literatura especializada. Los modelos fueron seleccionados bajo criterios específicos, como su aplicabilidad en el sector de la construcción, su viabilidad económica, y su impacto ambiental positivo. Además, se dio prioridad a los modelos que habían demostrado resultados concretos en la reducción de residuos de Poliestireno Expandido (EPS). Para esta investigación se tuvieron en cuenta variables como la disminución del volumen de desechos, la capacidad de reutilización y reciclaje del material, y la integración de tecnologías innovadoras. Estas variables fueron analizadas a partir de los resultados ofrecidos por los casos de éxito explorados, los cuales evidencian compromisos concretos con la sostenibilidad y muestran cómo la implementación de estrategias circulares puede optimizar la gestión de residuos y reducir el impacto ambiental en contextos similares.

Para la recolección de información, en primer lugar, se realizó una revisión documental, la cual incluye un análisis de documentos técnicos y normativas nacionales relacionadas con la gestión de residuos de poliestireno expandido (EPS), simultáneamente, se diseñó una entrevista semiestructurada para ser aplicada en organizaciones locales del sector de la producción de icopor, se realizó un acercamiento directo con las partes involucradas en el proceso para la aplicación de la encuesta a representantes de Induicopor S.A.S, en adelante Empresa I, ManuelGil SAS, en adelante Empresa II y Cany Icopores, en adelante Empresa III, y en empresas del sector constructor con el fin de conocer el proceso de producción; por medio de la observación directa se pudo conocer la disposición final de residuos y las normativas que aplican en su gestión, para identificar el manejo actual de los residuos del casetón de icopor y los puntos críticos en su disposición final. Las empresas productoras se dedican a la fabricación, venta y alquiler de casetón en Icopor y cuentan con proyectos en todo el departamento de Boyacá. En segundo lugar, se analizaron otras investigaciones internacionales relacionadas con modelos y estrategias sostenibles y economía circular en el sector de la producción de icopor y la construcción en donde hacen uso de este material, para identificar las experiencias exitosas que pueden ser adaptadas al contexto local. En tercer lugar, una vez consolidados los datos cualitativos obtenidos de las fuentes de información secundaria explorada, misma que ofrece alternativas y desafíos en la gestión de residuos, utilizados para conocer el impacto económico y ambiental del problema, para finalmente plantear estrategias de solución.

Resultados

A partir del enfoque cualitativo adoptado, luego de realizar la revisión documental, entrevista semiestructurada y observación directa, se obtienen los siguientes hallazgos:

Régimen normativo de residuos sólidos en Colombia

En Colombia, la regulación legal relacionada con los residuos sólidos y plásticos está contemplada en la Ley 1252 de 2008, la cual establece disposiciones prohibitorias en materia

ambiental respecto al manejo de residuos y desechos peligrosos. Aunque el poliestireno expandido (EPS) no está clasificado como un residuo peligroso, su acumulación y una gestión inadecuada pueden ocasionar impactos ambientales significativos.

En el año 2016 se creó la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (CONPES, 2016), que busca disminuir la cantidad de residuos que se producen y promover que esos materiales puedan ser reutilizados o aprovechados de mejor manera promoviendo esquemas de economía circular, pero sin definir estrategias y acciones concretas para el Poliestireno Expandido (EPS). En este mismo sentido, la Resolución 1407 de 2018, que regula la gestión de envases y empaques en el país, establece metas de aprovechamiento para ciertos plásticos (Ministerio del Medio Ambiente y desarrollo sostenible, 2018), pero en esta se excluye al poliestireno expandido, lo que deja un vacío normativo que contribuya a la gestión sostenible.

En lo que respecta a la construcción, el Plan de Gestión de Residuos para Obras Civiles (Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Fondo Nacional de Vivienda – Fonvivienda, 2021) establece lineamientos para el manejo de residuos generados en edificaciones e infraestructura, en este plan se incluyen materiales como concreto, madera y metales, pero no hace referencia al Poliestireno Expandido, dejando su gestión a criterio de las empresas productoras y constructoras. Adicionalmente, el Decreto 1076 de 2015, en donde compila la normatividad ambiental en Colombia, establece obligaciones para la prevención y control de la contaminación, sin embargo, no presenta mecanismos de control o estímulos que motiven a las empresas a reutilizar y sacar mayor provecho de los plásticos dentro de sus procesos productivos.

Evaluación del proceso actual de disposición final del casetón de icopor en las empresas productoras y en empresas constructoras.

La aplicación de la entrevista semiestructurada se realizó en la Empresa I., que es una organización que se dedica a la

fabricación, venta y alquiler de casetón en Icopor, representando a empresas productoras en la región. Actualmente, ejecutan más de seis proyectos en ciudades clave como Tunja, Sogamoso, Yopal, Duitama y Bogotá, con productos como: casetón en icopor para cimentación, casetón en icopor para placas de aligeramiento, bloque final y láminas en Icopor.

Como resultado de la entrevista semiestructurada que fue realizada al gerente de la Empresa I y la observación directa, dentro de los aspectos relevantes de la empresa se encuentran; La planta tiene una producción aproximada de 5.000 y 6.000 metros cúbicos mensuales de casetón de icopor, pasando por diferentes etapas de producción donde en primer lugar se expande el material principal denominado poliestireno, se introduce en una máquina de vapor dando como resultado un bloque de icopor, luego pasa al área de moldeado para ser cortado según la altura y las necesidades del proyecto, posteriormente se verifican las medidas según las características de la orden de compra por parte de los constructores y finalmente se realiza la plastificación antes de ser entregado a la obra. Este proceso es común en las empresas consultadas, donde se pudo evidenciar la falta de la implementación documentada de los procesos, las áreas que intervienen, inicio y fin del proceso productivo y la disposición final de los residuos; en cuanto al porcentaje de residuos que terminan luego de la producción, la Empresa I, indica que es un 5% del total de la producción; mientras que en la empresa II admite que el nivel de residuos rodea el 30% con relación a la disposición final, Sin embargo los productores indican que todo el icopor es reciclado, el excedente que ya no se puede reciclar, es utilizado para la cimentaciones.

En contraste a la apreciación de los productores de las empresas I y II, se observa que no consideran que exista un problema con la acumulación de residuos, sin embargo, al realizar la visita presencial se evidencia una acumulación del casetón que llega a la empresa luego de ser utilizado en las obras de construcción, de acuerdo con la figura 1 al exterior de la empresa lo cual genera una mala imagen.

Figura 1. Acumulación de Casetón de icopor



Nota: Imagen tomada en el exterior de la empresa I.

En la figura 2, se puede apreciar que han realizado una especie de muros con llantas de vehículos para encerrar el lote y cubrir la acumulación del casetón, lo cual se considera como una contaminación visual y ambiental.

Figura 2. Muros con llantas usadas



Nota: Imagen tomada en el exterior de la empresa.

Con respecto a las alianzas con entidades indican que no tienen y no las requiere, esto refleja el desconocimiento de las ventajas que se pueden obtener a partir de estas alianzas. Al momento de indagar acerca de la disposición del casetón luego del uso en el sector de la construcción o cuantas veces es reutilizado, las empresas indican que se tiene en cuenta el número de pisos que tiene el proyecto, luego de ser utilizado en la obra, el casetón regresa a las instalaciones de las empresas productoras para ser reutilizado, es aquí en donde se presenta el

problema por la acumulación de este material, por el espacio que ocupa y la contaminación visual, lo cual se refleja en una imagen desfavorable para las empresas. En cuanto a las normativas nacionales e internacionales de gestión de residuos, menciona que los residuos son reutilizados, sin embargo, se identifica el desconocimiento de la normatividad vigente para dicho proceso, indican que cuentan con políticas de sostenibilidad, pero que en ningún caso han recibido asesorías relacionadas a la gestión de residuos, lo cual se refleja como una necesidad en cuanto a la asesoría en la gestión de residuos y la producción sostenible a partir de los conceptos de la economía circular. Como retos, las empresas productoras indican que los residuos tienen una alta ocupación de espacio por el volumen de este, lo que hace necesario plantear estrategias que disminuyan este problema y se generen oportunidades para el manejo de residuos y disminución del impacto ambiental teniendo en cuenta que el tiempo de descomposición es de 450 años, dado que en la empresa no hay claridad de este proceso y están perdiendo beneficios económicos.

Para finalizar, el estudio del procedimiento de fabricación y disposición final del casetón de icopor en Empresa I pone de manifiesto la importancia de implementar estrategias de administración sostenible en concordancia con los pilares de la economía circular. A pesar de que la empresa reutiliza una porción del material, la acumulación de desechos, la contaminación visual y la ambigüedad en la normativa vigente, evidencian fallas en la administración de estos residuos. Además, la falta de alianzas estratégicas y orientación especializada restringe las posibilidades de utilizar de manera eficaz el material y la implementación de propuestas innovadoras. En este contexto, es necesario investigar modelos de administración implementados en otras empresas, además de examinar casos de éxito que puedan servir como modelo para organizaciones como Empresa I y las demás productoras de la región, dedicadas a la fabricación y uso de casetón de icopor; así como, oportunidades específicas para mejorar la gestión del casetón de icopor, reducir su efecto en el medio ambiente y fomentar su

reutilización en un modelo de producción más sustentable y competitivo.

El análisis de las prácticas actuales de disposición final del casetón de icopor en empresas locales, permitió identificar la falta de normatividad y un proceso claro que contribuya a la producción sostenible, esto evidencia la necesidad de estudiar alternativas que integren principios de reducción, reutilización y reciclaje. En este sentido, el segundo objetivo de la investigación se orienta en identificar modelos de gestión sostenible a nivel global y en otras regiones, analizando estrategias que minimicen impactos ambientales y económicos.

Modelos de gestión sostenible en otras regiones.

A partir de la revisión bibliográfica donde se analizaron los modelos de gestión sostenibles que actualmente están siendo estudiados con el objetivo de identificar aquellas opciones viables para las empresas locales, se destacan principalmente los modelos de producción más Limpia (PML), Responsabilidad extendida del productor (REP) y la Economía Circular en el sector del Poliestireno Expandido (EPS), como se describe a continuación:

Producción más Limpia (PML)

La producción más Limpia (PML) se enfoca en la implementación de manera continua de estrategias ambientales de prevención que deben ser incluidas en los procesos de las organizaciones, con el propósito de aumentar su eficiencia y mitigar los riesgos sociales y ambientales, garantizando la disminución de insumos y desechos tóxicos, así como los efectos adversos en cada fase del proceso de vida útil del producto. Este enfoque, tiene la intención de incluir los objetivos medioambientales en cada etapa del proceso productivo de una empresa para así, minimizar los desechos en cuanto a cantidad y toxicidad, y de esta manera disminuir costos. El análisis de alternativas como las modificaciones del producto (cambio de materiales, diseño), la sustitución de materias primas, el uso de materiales biodegradables, las modificaciones tecnológicas, la recuperación y reutilización de materiales y mejora del tiempo de vida de productos se presentan como estrategias que

pueden ser aplicadas para una producción más limpia (ONUDI, s.f.).

En Colombia, la aplicación PML exige la cooperación y trabajo en equipo de los diferentes actores del país, principalmente de los empresarios y entes gubernamentales, debido a que el componente ambiental no es tomado como una prioridad, sino que, por el contrario, se incluye de manera superficial para cumplir con los requerimientos legales para las empresas. También es necesario promover desde la academia el planteamiento de estrategias PML que enfrenten los desafíos organizacionales actuales, enfocadas a la sostenibilidad (Bernal et al., 2016).

Responsabilidad extendida del productor (REP)

La responsabilidad extendida del productor atribuye las responsabilidades a todos aquellos que actúan en la cadena de producción, adjudicando principalmente a los productores buena parte de la responsabilidad por la afectación ambiental, social y económico de su entorno como consecuencia de sus procesos productivos, en cada fase del proceso de vida útil del producto, así como los materiales sobrantes de estos. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible este modelo se enfoca principalmente en el manejo de los productos después de su consumo, trasladando la responsabilidad al productor y eximiendo al gobierno.

La REP da una visión de los residuos no solo medioambiental, sino que les asigna valor de mercado por los posibles usos alternativos de los materiales. Esta perspectiva es discutible en la medida que asigna el control y los beneficios económicos a las empresas productoras, dejando en desventaja a las organizaciones y personas que recolectan y reciclan. Como se observa, la REP integra nuevos actores, lo que puede facilitar alianzas estratégicas que generen oportunidades para los vinculados (Méndez, 2023).

Economía Circular en el sector del Poliestireno Expandido (EPS)

La Economía Circular propone la recuperación del medio ambiente mediante de la innovación estratégica en la manufactura y

consumo con el fin de minimizar los residuos desde el mismo proceso del diseño de un producto, bajo esta perspectiva es necesario replantear los modelos de negocio sostenibles orientados en el reuso, reparación, remanufactura y reciclaje. En este marco se busca forjar también la estabilidad económica a través del aprovechamiento circular de materiales, mitigando su efecto negativo en ecosistema (Ministerio de Producción y Comercio exterior, 2021).

El manejo y uso final inadecuada del Casetón de Icopor puede generar altos impactos tanto ambientales, como económicos para los diferentes tipos de organizaciones. De esta manera, la economía circular representa una buena propuesta para reducir dichas consecuencias a través de la reducción, reutilización y reciclaje del material sobrante.

Según lo indicado en el informe de la Ellen MacArthur Foundation (2015c), para que se dé el paso hacia una economía circular de manera eficaz y sostenible, se hace necesario que las organizaciones replanteen los modelos de negocio actuales, así como estrategias más acordes, por ejemplo, el ecodiseño, la reutilización de materiales y desechos planteando nuevas alternativas de uso. Del mismo modo se hace necesario que los gobiernos ahonden en la generación de marcos regulatorios que estimulen y faciliten la adopción de estas acciones en el sector industrial, ya que sectores como la construcción, manufactura y tratamiento de residuos pueden verse beneficiados de manera representativa mediante la aplicación de estas estrategias circulares, con la reducción de costos y por ende mejoras en las utilidades, así como el desarrollo de iniciativas comerciales enfocadas en el reaprovechamiento de los residuos generados.

En este sentido, Geissdoerfer et al. (2017c) formulan un análisis de la economía circular como una nueva propuesta de sustentabilidad que busca aprovechar y minimizar los desechos generados por el sector productivo. Este modelo, requiere que el sector industrial ajuste su capacidad para utilizar los residuos y fabrique nuevos productos con un proceso de reciclaje eficiente. Según esta

perspectiva, se plantean alternativas más viables en comparación con el modelo económico tradicionalmente usado, dado que impulsa la incorporación de principios de economía circular en las etapas de producción, distribución y consumo de bienes. Se resalta la necesidad de fomentar la innovación no solo en términos tecnológicos sino también sociales y promover la colaboración entre los sectores empresariales para superar las barreras en los procesos productivos y regulatorios que limitan el avance hacia una economía circular a gran escala. Entre las soluciones específicas recomendadas se encuentran la renovación de prácticas industriales, la compra de equipos y la introducción de la responsabilidad social para garantizar una gestión integral y responsable de los desechos. Se enfatiza en la importancia de ofrecer incentivos financieros a las empresas que adopten modelos circulares; por ejemplo: subvenciones estatales y beneficios tributarios para proyectos sostenibles. Se mencionan casos exitosos en países de la Unión Europea, cuyas políticas han impulsado la adopción de prácticas circulares, fomentando tanto el reciclaje de alta eficiencia como el diseño sostenible

Además, Silva (2019) señala la importancia de plantear los procesos de fabricación vigentes mediante la integración de estrategias sustentables que faciliten la reutilización de una buena parte de los objetos y desechos generados al término de su ciclo de uso. En países de Europa y Asia se ha comprobado la eficiencia de las políticas de reciclaje y gestión de residuos en la reducción de desechos industriales y domésticos; sin embargo, aún continúan los obstáculos tecnológicos y económicos que dificultan la adopción de estos enfoques. Destacan que la falta de incentivos económicos y la ausencia de normativas claras respecto al uso de materiales reciclados son factores que limitan la implementación de estrategias circulares en numerosas industrias.

Asimismo, se señala que la educación y la concientización de las partes involucradas resultan cruciales para el logro exitoso en la implementación de estos modelos. Los países que han tenido más éxito en adoptar la economía circular han diseñado estrategias que incluyen el

fortalecimiento de la infraestructura para gestionar los desechos y ofrecer programas de formación a los trabajadores del sector productivo, especialmente del ámbito industrial, y campañas de concientización dirigidas a la población sobre la importancia de clasificar y reciclar los residuos. La economía circular puede impulsarse a través de tecnologías novedosas, como la inteligencia artificial, que ayudan a hacer más eficientes y precisos los procesos de reciclaje.; la utilización de impresoras 3D que emplean materiales reciclados; y el uso de la biotecnología en la creación de materiales biodegradables. La combinación de los progresos tecnológicos y la normatividad adecuada para el entorno empresarial en conjunto a la colaboración activa de las empresas, en especial aquellas vinculadas con el sector de la construcción y la industria plástica, debido a su elevada huella ambiental, y de los consumidores favorecerá la implementación de la economía circular a nivel global.

Impacto del casetón de Icopor y las estrategias de mitigación

El poliestireno expandido (EPS) es el material principal del Casetón de Icopor que es usado ampliamente en la industria de la construcción debido a su ligereza y su buena capacidad de aislar el calor y el frío del ambiente, en contraste, este material puede generar problemas ambientales importantes como la contaminación visual e hídrica, así como, la saturación de los vertederos de aguas. Además, su baja densidad dificulta la recolecta y almacenamiento de una manera eficiente. Por lo que resulta determinante analizar las alternativas sustentables que se basan en conceptos circular de economía.

En recientes investigaciones sobre economía circular en el sector de la construcción (Setaki & van Timmeren, 2022) se demuestra que tecnologías digitales disruptivas como la inteligencia artificial pueden incluir principios de circularidad, especialmente en las fases de construcción y demolición, que corresponden a las que más generan residuos. Así mismo, las plataformas digitales permiten generar pasaportes digitales de materiales, registrarlos y valorizarlos, facilitando su seguimiento y reutilización o

reciclaje a lo largo de su ciclo de vida. Se evidencia que el éxito de estas prácticas requiere una infraestructura digital adecuada con niveles de madurez tecnológica alta. Estas plataformas ya operan en entornos regulados como Alemania, Países Bajos, Suiza, Bélgica y Noruega, incentivadas por políticas públicas y desarrollando modelos de negocio circulares. También existen diversas estrategias para el reciclaje del Poliestireno expandido (EPS) en la industria de la construcción que incluyen la compactación del material, el uso de productos químicos y el moldeo por calor (Chen et al., 2024), estas técnicas posibilitan la transformación de los desechos en nuevos materiales como paneles aislantes y bloques de cemento. Sin embargo, las dificultades para la implementación de dichas alternativas a gran escala persistente debido a la falta de infraestructura adecuada y los elevados gastos asociados a las etapas de procesamiento. Chen y su equipo de investigación resaltan que es clave contar con programas de formación y sensibilización tanto para consumidores como para empresas constructoras, pues esto facilita una mejor aceptación de los productos reciclados en el mercado

Promover la sensibilidad medioambiental en el ámbito de la construcción puede estimular en el legislativo de cada país, el planteamiento de leyes que promuevan la utilización de materiales reciclados en las construcciones. Así mismo, se proponen acciones para mejorar la gestión del reciclaje de Poliestireno Expandido (EPS), como la apuesta por la investigación de nuevos polímeros biodegradables que puedan sustituir al Poliestireno Expandido (EPS) convencional sin alterar sus propiedades funcionales. El poliestireno biodegradable podría resolver muchos de los inconvenientes relacionados al acumulado de Poliestireno Expandido (EPS) en los vertederos, siempre y cuando se realice una inversión adecuada en tecnologías de producción y se establezcan marcos regulatorios que fomenten su adopción. Algunos ejemplos de estímulos para la reutilización de Poliestireno Expandido (EPS) en países como Japón y Suecia, son las compensaciones económicas para compañías que utilizan materiales reciclados en sus operaciones de fabricación; esto ha resultado

en una baja importante de los desechos producidos por la industria de la construcción.

Casos de Éxito y Oportunidades para las empresas productoras de casetón de Icopor de la región.

Alrededor del mundo se han implementado exitosamente modelos de gestión sustentable para el reciclaje del Poliestireno expandido (EPS). En Europa y Asia se han establecido infraestructuras de reciclaje que posibilitan la transformación de estos desechos en nuevos productos y que promueven la creación de nuevos mercados para materiales reciclables. Un claro ejemplo corresponde al proceso de compactación que reduce el volumen del material y facilita su reutilización en la producción de artículos para la construcción. Además, se vienen impulsando propuestas y proyectos de responsabilidad social donde las empresas que generan desechos del Poliestireno expandido (EPS) deben involucrarse activamente en su recolección y tratamiento para garantizar un flujo constante de material reciclado.

Circular Economy in the Construction Sector: A Case Study of Santiago de Cali (Ramírez et al., 2022) analiza de qué manera se aplica la economía circular en el campo de la construcción en Colombia, y da a conocer las principales barreras que frenan la implementación de prácticas sostenibles en este sector. Entre las principales barreras detectadas se destacan la ausencia de estímulos normativos que promuevan la adopción de estas prácticas por parte de las empresas del sector constructivo, así como el escaso nivel de conciencia en el ámbito productivo respecto al valor estratégico del reciclaje. Asimismo, señala que la infraestructura especializada necesaria para gestionar adecuadamente los residuos generados por las actividades constructivas es aún insuficiente puede generar altos costos a las organizaciones; sin embargo, tomando en cuenta estas dificultades también se identifican posibles escenarios que pueden ser utilizados por empresas privadas y asociaciones sin ánimo de lucro.

Se destaca lo determinante que resulta que el sector público y el privado trabajen juntos para hacer más sólido el sistema de reciclaje, al

impulsar proyectos de recolección selectiva y puntos de acopio y almacenamiento especializados en Poliestireno Expandido (EPS). También es necesario implementar normatividades más rigurosas y llevar a cabo campañas de concientización ambiental dirigidas tanto a constructores y empresarios, como a los consumidores, para crear conciencia acerca de la importancia del aprovechamiento y la reincorporación de materiales en la industria de la construcción

Barboza y León (2023) investigaron sobre el desarrollo de hormigón ecológico utilizando Poliestireno Expandido (EPS) reciclado y demostraron que al incorporarlo en la mezcla se mejoran las propiedades térmicas sin comprometer la resistencia mecánica del material. En su investigación experimental se realizaron diversas pruebas para evaluar el comportamiento estructural del hormigón modificado por Poliestireno expandido (EPS) reciclado, obteniendo resultados positivos en cuanto al aislamiento térmico y la reducción de peso del material sin afectar su capacidad de carga; así mismo, el uso este tipo de hormigón puede potenciar la eficacia energética de los edificios al ofrecer mejores condiciones de aislamiento térmico, lo que ayudaría a disminuir el consumo de energía destinada a la climatización tanto en invierno como en verano. Esta aplicación podría representar una opción factible para las empresas productoras de la región, facilitando el uso del material reciclado en la cadena de producción y ampliando las oportunidades de su reaprovechamiento en el ámbito de la construcción.

La incorporación de materiales reciclados en procesos constructivos contribuye a la reducción de emisiones de carbono y promueve la creación de edificaciones más amigables con el medio ambiente. El estudio muestra la importancia de establecer regulación y certificaciones medioambientales que impulsen el empleo de hormigón ecológico, que incentive tanto a las empresas constructoras como fabricantes de materiales para que opten por estas alternativas. También se deben establecer alianzas estratégicas colaborativas con la academia a través de proyectos de investigación,

para continuar potenciando la calidad y rendimiento del hormigón elaborado a partir de Poliestireno Expandido (EPS) reciclado.

En su investigación, Macías y Jarre (2022) analizan cómo el poliestireno expandido (EPS) puede ser aprovechado como un insumo útil para fabricar bloques de hormigón, promoviendo la reutilización de residuos en la construcción. También evalúan su desempeño al mezclarse con concreto, enfocándose en su respuesta en términos de resistencia, aislamiento térmico y comportamiento acústico.

Como resultados se presentan los efectos positivos de los bloques de hormigón hueco, ya que se observa una reducción de peso de los bloques sin que se vea afectada la resistencia de la estructura, también se observaron muy buenas propiedades térmicas y acústicas, brindando nuevas y mejoradas opciones para el sector de la construcción principalmente en sectores que requieren aislamiento térmico o acústico. Se plantea como recomendación continuar investigando respecto a la vida útil de los bloques y cómo se pueden adaptar a las diferentes condiciones del entorno, así como necesidad de continuar trabajando en la regulación de los productos reciclables y certificaciones medioambientales para estimular el uso de hormigón ecológico, incentivando así tanto a empresas constructoras como fabricantes de materiales para que opten por estas alternativas.

Así mismo como se viene expresando a lo largo del documento, se sugiere establecer alianzas estratégicas colaborativas junto a universidades y centros de investigación para, a través de la investigación, continuar potenciando la calidad y rendimiento del hormigón elaborado a partir de Poliestireno expandido (EPS) reciclado. La combinación de prácticas de economía circular en el manejo del Casetón de Icopor se presenta como una ventaja estratégica para Empresa I y las demás productoras de la región.

La implementación de acciones para reciclar y reutilizar residuos no solo contribuye a cuidar el medio ambiente, sino que también puede traer beneficios económicos al hacer un

uso más inteligente y eficiente de los recursos existentes. Para lograrlo se sugiere:

- ✓ Mejorar la infraestructura de reciclaje a través de la creación de asociaciones estratégicas con empresas en reciclaje del Poliestireno Expandido (EPS), con el fin de incentivar la inversión de recursos en las instalaciones de reciclaje.
- ✓ Crear programas de concienciación y formación para empleados y participantes en la cadena de fabricación es necesario para promover la aplicación de prácticas circulares.
- ✓ Explorar nuevas alternativas para el uso de los residuos del casetón incluyendo su aplicación en la creación de hormigón ecológico y materiales de construcción sustentables como los materiales de construcción térmica entre otros usos posibles.
- ✓ Promover la creación y ejecución de medidas regulatorias y normativas que favorezcan un cambio hacia un sistema económico circular.
- ✓ Implementar nuevas tecnologías y mejoras en los procesos para optimizar el tratamiento del material, como, por ejemplo, la compactación y la agregación de aditivos biodegradables.
- ✓ Promover la cooperación entre universidades y organizaciones del sector real para impulsar investigaciones y proyectos de innovación enfocados en la gestión sustentable del Poliestireno Expandido (EPS).

La identificación de alternativas de gestión sostenible permitió reconocer que la eficiencia ambiental y económica depende de la adaptación de modelos globales a contextos locales. Sin embargo, la teoría de la economía circular señala que la implementación exitosa requiere no solo conocimiento técnico, sino también aprendizaje de experiencias prácticas. Por esta razón, se proponen estrategias fundamentadas en buenas prácticas que favorecen la sostenibilidad ambiental y financiera.

Estrategias de gestión para la disposición de forma eficiente y sostenible de los residuos del casetón de icopor

Para llevar a cabo una disposición del casetón de icopor que sea sostenible ambiental, social y económicamente, se plantean estrategias basadas en los fundamentos de la economía circular, en concordancia con los principios de reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento de materiales, velando porque los residuos originados a partir del sector de la construcción puedan ser reincorporados al proceso productivo.

1. Estrategias de prevención y disminución de residuos

Eficiencia y optimización en el diseño:

Se deben evaluar opciones en el diseño del casetón y láminas de icopor para reducir al máximo la cantidad de material utilizado manteniendo funcionalidad de los productos, a partir de la revisión de las proporciones y geometría del casetón con el fin de mantener la resistencia incluso con la disminución del material; así mismo, se pueden hacer uso de perforaciones estratégicas que reduzcan el material sin afectar su calidad. Otra opción es la aplicación de diseños modulares que faciliten el montaje con una menor cantidad de material, pero sin afectar la eficiencia.

A partir de estudios de carga se debe evaluar el grosor de las secciones sin afectar su resistencia, haciendo uso de láminas más delgadas en aquellas áreas con menor exigencia estructural. Así mismo, a partir del conocimiento en el negocio se deben crear productos con tamaños estandarizados que disminuyan la generación de desperdicios en el momento del corte y que se puedan ajustar los diferentes proyectos.

Uso de insumos biodegradables o reciclables:

Se debe analizar la viabilidad de reemplazar el icopor por opciones que tengan un

impacto medioambiental menor, como, por ejemplo:

- **PLA (Ácido Poliláctico):** es un bioplástico generado a partir la extracción del almidón del maíz, caña de azúcar o remolacha que posteriormente es fermentado y a través de la polimerización se transforma en un polímero sólido que cuenta con características parecidas al Poliestireno expandido (EPS), pero que por su origen vegetal se puede biodegradar en condiciones especiales, para el caso puntual de su uso en las empresas constructoras. su viabilidad dependerá de estudios técnicos y disponibilidad en la región no solo de la materia prima sino también de los elementos e infraestructura que requiere su compostaje industrial.

- **PHA (Polihidroxialcanoatos):** es un polímero que se crea a partir de las bacterias de residuos orgánicos, generalmente agrícolas o aguas residuales, que son totalmente biodegradables en agua o a través del compostaje; además, tiene un peso ligero y alta resistencia, similar la icopor. Aunque el PHA es una muy buena alternativa gracias a que no necesita compostaje industrial, los costos de producción son altos.

- **Espumas de almidón:** es un material biodegradable generado a partir de fuentes naturales como el almidón de maíz, papa, yuca o trigo que se calienta junto con agua para convertirlo en un material maleable que puede expandirse o moldearse de diferentes maneras hasta lograr una estructura similar al poliestireno expandido (EPS). Al ser una espuma ligera puede tener menor resistencia y aislamiento térmico que el icopor, pero sin generar residuos tóxicos.

2. Estrategia de Reutilización

Alquiler y retorno del casetón: El modelo de negocio propuesto se centra en el alquiler de casetones de icopor, con el objetivo de transformar la gestión de este material en la construcción. En lugar de vender un producto que eventualmente se desechará, se busca garantizar su retorno para ser reutilizado en nuevos proyectos. Esta práctica contribuirá a la reducción de costos y la disminución de residuos. Es

fundamental que, en las condiciones contractuales, se incluyan fechas y términos claros que aseguren el cumplimiento de los acuerdos. Además, se deberán establecer garantías o depósitos que incentiven la devolución de los casetones. Estos materiales serán cuidadosamente seleccionados y clasificados para garantizar que puedan ser alquilados nuevamente, promoviendo así un ciclo continuo de reutilización.

Este modelo puede generar beneficios como:

- **Reducción de costos** principalmente de materias primas, generación de ingresos recurrentes, ya que, en lugar de recibir un solo pago por la venta del casetón, los ingresos serán constantes por cuenta del modelo de alquiler.

- **Disminución del impacto medioambiental** y por tanto una menor huella de carbono, al minimizar los residuos de las empresas constructoras.

- **Mejorar la imagen corporativa y ambiental** de las empresas específicamente la empresa I, que por su volumen de producción genera una cantidad de residuos alta., atrayendo más clientes interesados en estas acciones sostenibles.

Para la implementación de este modelo es clave la logística de recolección, ya que se deben definir puntos de acopio y rutas para recoger el casetón de manera óptima, así mismo, se deben garantizar unas condiciones adecuadas de almacenamiento, mantenimiento y clasificación del material para poder ser alquilado nuevamente. También será necesario el uso de herramientas digitales como plataformas que permitan monitorear los inventarios de casetón alquilados, fechas de devolución, estado del producto e historial de uso.

3. Estrategias de reciclaje y valorización

Compactación y trituración: Para una gestión eficiente de los residuos de casetón de icopor, la reducción de su volumen mediante compactación es esencial, ya que simplifica los procesos logísticos posteriores y permite

reutilización para el sector de la construcción. El Poliestireno expandido (EPS) tiene un 98% de aire y solo un 2% de material sólido que lo hace espacioso, por lo que la compactación y trituración generan menores costos de almacenamiento y transporte al reducir su volumen, así como la elaboración de productos de casetón de icopor reciclados, disminuyendo también los costos de materias primas e impactando en la reducción del impacto ambiental. Para llevar a cabo este proceso se deben tener en cuenta las siguientes etapas:

Figura 3. Etapas de compactación y trituración



Elaboración propia

Para implementar estaciones de compactación en las empresas productoras de Casetón de Icopor, es pertinente realizar el análisis de viabilidad del proyecto, dado que, si bien trae múltiples beneficios, la inversión a realizar en la adquisición e instalación de la maquinaria necesaria como trituradoras mecánicas, compactadoras en frío y compactadoras térmicas es alta y se va a recuperar en el largo plazo.

Reciclaje y químico: Los sobrantes de Poliestireno expandido (EPS) que ya no pueden ser reincorporados en la cadena productiva pueden ser descompuestos a nivel molecular a través de disolución química o procesos como el pirólisis, donde se calienta el material para convertirlo en aceite de estireno, para obtener nuevamente materias primas originales, que pueden ser utilizado en la fabricación de plásticos. Este tratamiento permite reciclar el casetón de icopor que ya no puede ser reutilizado generando un mayor aprovechamiento de

materiales que de otra manera terminarían generando mayor contaminación.

Incorporación en materiales de construcción: gracias a las propiedades térmicas y acústicas del poliestireno expandido (EPS), es posible utilizarlo como insumo para la elaboración de hormigón ligero, paneles aislantes y otros materiales innovadores. Esto no solo reduce la generación de residuos, sino que también aporta beneficios estructurales y térmicos a los productos finales.

Conclusiones

Esta investigación abordó la dificultad que representa encontrar una forma adecuada de manejar los residuos del casetón de icopor desde una perspectiva de economía circular, con la finalidad de sugerir estrategias eficaces y sostenibles basándose en el estudio de casos exitosos. Mediante el método utilizado, que comprendió la revisión de documentos, observación directa y el análisis de casos, se logró reconocer prácticas novedosas que pueden ser aplicadas y ajustadas al contexto local.

Los resultados demostraron que para una gestión eficaz de los residuos de icopor es necesaria la cooperación entre entidades públicas y privadas, además de la aplicación de tecnologías apropiadas para su reciclaje y reutilización. Específicamente, se destacó la necesidad de promover procesos investigativos orientados a la creación de materiales alternativos, además de potenciar la educación y sensibilización acerca de la correcta eliminación de estos desechos.

Además, la investigación permitió identificar obstáculos de índole normativa, técnica y económica que limitan la adopción de enfoques circulares en la gestión del icopor. Esta situación resalta la necesidad de contar con marcos políticos más robustos que impulsen la innovación y promuevan inversiones en infraestructura orientada al reciclaje eficiente de este material. Se concluye que la utilización eficaz de este material solo podrá realizarse a través de un enfoque integral que fusione normativas claras, tecnología apropiada y el

compromiso de todos los participantes involucrados.

Finalmente, la propuesta de estrategias para la disposición sostenible del casetón de icopor incorpora una perspectiva sistémica que integra la prevención, reutilización y valoración del material, alineados con los principios de la economía circular. La implementación de opciones biodegradables tales como PLA, PHA y espumas de almidón incrementa las oportunidades de reemplazo, aunque su factibilidad técnica y financiera necesita de investigaciones adicionales que tomen en cuenta la infraestructura regional y los gastos de producción. La factibilidad financiera de estas tácticas se basará en la inversión inicial en infraestructura y en la generación de mercados para los productos resultantes. Estas sugerencias evidencian que la sostenibilidad ambiental y económica son recíprocas, no excluyentes, cuando se incorporan en esquemas circulares que valoran la eficiencia material y la innovación en las cadenas de valor.

Referencias

- Barboza, S., & Leon, K. (2023). *Producción de Concreto Adicionando Poliestireno Expandido Reciclado y Perlas de Poliestireno*. (Trabajo de grado). Universidad Señor de Sipán, Pímentel, Perú.
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11870>
- Bernal, A., Beltrán, C., & Márquez, A. (2016). Producción Más Limpia: una revisión de aspectos generales. *Revista I3+, Investigación, Innovación, Ingeniería*, 3(2), 66-85.
doi:10.24267/23462329.219
- Chen, L., Yang, M., Chen, Z., Xie, Z., Huang, L., Osman, A. I., Farghali, M., Sandanayake, M., Liu, E., Ahn, Y. H., Al-Muhtaseb, A. H., Rooney, D. W., & Yap, P.-S. (2024). Conversion of waste into sustainable construction materials: A review of recent developments and prospects. *Materials*
- Today Sustainability, 27(100930)
doi:10.1016/j.mtsust.2024.100930
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Política Nacional para la gestión de residuos sólidos*. (Documento CONPES 3874). Bogotá, Colombia.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (09 de diciembre de 2024). Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción.
<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/construccion/indicadores-economicos-alrededor-de-la-construccion>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (26 de mayo de 2015) Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario de Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible". [Decreto 1076 de 2015]. DO: 49523
- Hernández, D. R., Martínez, E. G. E., & Mesa, A. P. (2023). Sostenibilidad de la cadena de valor: análisis bibliométrico de la literatura. *Criterio Libre*, 21(38), e219567.
doi.org/10.18041/1900-642/criteriolibre.2023v21n38.9567
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition*.
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>
- European Comisión. (2020). A new circular Economy action plan.
https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143 (01), 757-768.
doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (15 de 02 de 2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic

- systems. *Journal of Cleaner Production*, 114 (01), 11-32. doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. https://proyectos.javerianacali.edu.co/cursos_virtuales/posgrado/maestria_asesoria_familiar/Investigacion%20I/Material/31_HernandezSampieri_MetInv_406a470.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (27, de Noviembre de 2008). *Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.* [Ley 1252] <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1252-2008.pdf>
- Macías, M., & Jarre, C. (2022). Potencialidades de los residuos de Poliestireno Expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 4(3), 254–271. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/188>
- Méndez, A. (Junio de 2023). *La Responsabilidad Extendida del Productor en México: una visión desde los Derechos Humanos*. México. https://epr.globalrec.org/files/2023/10/mexico-epr_IAWP_espanol.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). Responsabilidad Extendida del productor. <https://economycircuar.minambiente.gov.co/index.php/transicion-a-la-economia-circular/responsabilidad-extendida-del-productor/>
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Fondo Nacional de Vivienda – Fonvivienda. (Noviembre de 2021). Evaluación Social y Ambiental (ESA) y Marco de Gestión Ambiental (MGAS) Del Proyecto “Programa De Vivienda Resiliente e Incluyente en Colombia. Fonvivienda. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2022-11/anexo-4-plan-de-gestion-de-residuos-para-obras-civiles.pdf>
- Ministerio de Producción y Comercio exterior. (mayo de 2021). *Libro blanco de economía circular de Ecuador*. https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/Libro-Blanco-final-web_mayo102021.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente y desarrollo sostenible. (26 de julio de 2018). *Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones.* [Resolución 14 07] <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-1407-de-2018.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (s.f.). *Introducción a la Producción más Limpia*. https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf
- Purvis, B., Mao, Y., & Robinson, D. (2019). Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. *Sustainability Science*, 14 (01), 681-695. doi.org/10.1007/s11625-018-0627-5
- Ramírez, M., Illera, D., & Mesa, J. (2022). Circular Economy in the Construction Sector: A Case Study of Santiago de Cali (Colombia). *Sustainability*, 14(3), 1923 doi.org/10.3390/su1403192
- Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. S. (1998). *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*. University of Nevada, Reno, Center for Logistics Management. <https://www.icesi.edu.co/blogs/gestionresiduossolidos/files/2008/11/libro-lr.pdf>
- Sachs, J. (Marzo de 2015). The Age of Sustainable Development. *Columbia*

University Press.
<https://cup.columbia.edu/book/the-age-of-sustainable-development/9780231173155>

Setaki, F., & van Timmeren, A. (2022). Disruptive technologies for a circular building industry. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.buidenv.2022.109394>

Silva, A. (2019). Análise das Compras de Produtos e Serviços na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, na Perspetiva da Implementação das Compras Públicas Ecológicas. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/123084/2/360609.pdf>

Stahel, W. (Marzo de 2016). The circular economy. *Nature*, 531(1), 435-438. doi.org/10.1038/531435a

Ugalde, O. (enero - junio de 2021). Economía Y Sociedad. *Evolución histórica-epistemológica de la economía circular: ¿Hacia un nuevo paradigma del desarrollo?*, 26 (59), 1-13. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/economia/article/view/15999/22700>

United Nations Environment Programme (2019). Emissions Gap Report 2019. Recuperado de <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30797/EGR2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

United Nations Environment Programme (2015). Global Waste Management Outlook. file:///D:/Downloads/-Global_Waste_Management_Outlook-2015Global_Waste_Management_Outlook.pdf.pdf

World Commission on Environment and Development. (1987). <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>