

Iniciativas relacionadas con economía circular para el aprovechamiento de residuos de un solo uso (poliestireno expandido EPS)

Germán Hernando Castañeda Rojas

Yeimy Johana Guerrero Méndez

Lady Natalia Salcedo Díaz

Universitaria Agustiniana

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Programa de Administración de Empresas

Bogotá, D.C.

2020

Iniciativas relacionadas con economía circular para el aprovechamiento de residuos de un solo uso (poliestireno expandido EPS)

Germán Hernando Castañeda Rojas

Yeimy Johana Guerrero Méndez

Lady Natalia Salcedo Díaz

Director:

Fernando Sanchez Sanchez

Trabajo de grado para optar el título de Administrador de Empresas

Universitaria Agustiniana

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Programa de Administración de Empresas

Bogotá, D.C.

2020

Agradecimientos

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a nuestros padres y familiares, los cuales tuvieron la valentía de colaborar y soportar este gran proceso de ver a sus hijos en altibajos durante todo el tiempo transcurrido en la carrera, con ellos se aprendió el camino de la batalla que se presenta en el país para acceder a una educación superior de calidad y a su vez, superar y alcanzar cada meta que se fuese presentando para lograr el objetivo.

También, a aquellos profesores, administrativos y compañeros que estuvieron siempre presentes brindando motivación y enseñanza, pues de ellos se rescató el interés de ser mejores y por ende el estímulo para alcanzar las metas de la manera que brindara un crecimiento tanto personal como profesional. Por otro lado, se adquirió la capacidad de ser resilientes al enfrentar las situaciones de la manera en que presentaran, ya sea entre preocupaciones, felicidades o frustraciones, pues de esa manera se obtuvo un crecimiento humano en compañía o en soledad.

Por último, se expande un completo agradecimiento a todo el equipo humano de aquella institución que llamamos Universidad, pues la Agustiniense participando como una familia, con sus enseñanzas nos formó como profesionales íntegros con desmedidas ganas de ser un apoyo en la sociedad de este país y del mundo.

Resumen

Este trabajo es una revisión documental orientada al análisis, descripción y selección de alternativas eficientes para el uso y retorno a la cadena de producción del poliestireno expandido o EPS que aplica las variables de economía circular; dando respuesta a la pregunta ¿Qué alternativas permiten aplicar el concepto de economía circular para el aprovechamiento de residuos de un solo uso (Poliestireno expandido)?.

Para esto se realizó una indagación preliminar de la problemática que se genera por la poca reutilización y alta aglomeración en espacios inadecuados del EPS, estos provocan un impacto negativo para las partes involucradas en el consumo del mencionado material; el cual es empleado principalmente por la industria de la construcción, alimentos y embalaje de electrodomésticos.

Posteriormente, se realizó un análisis comparativo por medio de un benchmarking de las alternativas existentes para mitigar o recuperar el EPSd, donde se aplicaron criterios como: impacto ambiental, implicación de actores involucrados, economía circular, entre otros; los cuales se ajustan a las alternativas para su respectiva paridad.

Por último, se hizo una adaptación de la matriz de Leopold, que permitió evaluar las propuestas que cumplieran con los parámetros establecidos; otorgando una calificación de acuerdo a su magnitud e importancia. Esto permitió identificarlas de mayor a menor teniendo en cuenta beneficios económicos, sociales y ambientales; coligiéndose así que existe variedad de alternativas sustentables que permiten el aprovechamiento de un residuo como el EPSd. A raíz de esto son incuantificables los beneficios derivados de aplicar estas propuestas a los principales actores de la economía.

Palabras claves: Poliestireno expandido desechado (EPSd), economía circular, transformación, reutilización, impactos ambientales, ciclo de vida.

Abstract

This work is a documentary review oriented to the analysis, description and selection of efficient alternatives for the use and return to the production chain of expanded polystyrene or EPS that applies the variables of circular economy; answering the question, What alternatives allow applying the concept of circular economy for the use of single-use waste (expanded polystyrene)?

For this, a preliminary investigation of the problems generated by the low reuse and high agglomeration in inadequate spaces of the EPS was carried out, these cause a negative impact for the parties involved in the consumption of said material; which is mainly used by the construction, food and appliance packaging industries.

Subsequently, a comparative analysis was carried out by means of a benchmarking of the existing alternatives to mitigate or recover the EPSd, where criteria such as: environmental impact, involvement of stakeholders, circular economy, among others; which are adjusted to the alternatives for their respective parity.

Finally, an adaptation of the Leopold matrix was made, which allowed evaluating the proposals that met the established parameters; granting a rating according to its magnitude and importance. This allowed them to be identified from highest to lowest, taking into account economic, social and environmental benefits; Thus, there is a variety of sustainable alternatives that allow the use of a residue such as EPSd. As a result, the benefits derived from applying these proposals to the main actors in the economy are unquantifiable.

Key words: Discarded expanded polystyrene (EPSd), circular economy, transformation, reuse, environmental impacts, life cycle.

Tabla de contenido

1. Introducción	12
2. Capítulo 1. Generalidades del proyecto	13
2.1. Planteamiento del problema.....	13
2.2. Justificación	16
2.3. Objetivos.....	18
2.3.1. General.....	18
2.3.2. Específicos.....	18
2.4. Antecedentes.....	18
2.5. Marco teórico.....	19
2.5.1. Economía Circular.....	19
2.5.2. Logística Inversa.....	21
2.5.3. Disposición final.....	22
2.5.4 Plástico.....	24
2.5.5. Recuperación del poliestireno.....	26
2.5.6. Sostenibilidad.....	27
2.6. Marco conceptual.....	28
2.6.1. Plásticos expandidos.....	28
2.6.2. Poliestireno (PS).....	29
2.6.3. Residuos sólidos.....	29
2.6.4. Economía circular.....	29
2.6.5. Logística Inversa.....	30
2.6.6. Tratamiento de Residuos.....	30
2.6.7. Reducción.....	30
2.6.8. Reutilización.....	31
2.6.9. Reciclaje.....	31

2.6.10. Reutilización.....	31
2.6.11. Sostenibilidad.....	31
2.7. Diseño metodológico.....	32
2.7.1. Tipo de Investigación.....	32
2.7.2. Método.....	32
2.7.3. Fuentes y técnicas de recolección de la información.....	33
2.7.4. Cronograma de actividades.....	33
3. Capítulo 2. Problemáticas relacionadas a los residuos de un solo uso (poliestireno expandido).....	34
3.1. Problemáticas medioambientales.....	34
3.2. Problemáticas de salud.....	36
3.3. Problemáticas sociales.....	36
3.4. Problemáticas legales.....	37
4. Capítulo 3. Iniciativas existentes para mitigar (recuperar) los residuos de un solo uso (poliestireno expandido).....	40
4.1. “Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado”.....	40
4.2. “Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo”.....	42
4.3. “Reformulación de una pintura a base de poliestireno expandido reciclado”.....	44
4.4. “Recuperación del poliestireno expandido (EPS) con aceite esencial de naranja”.....	46
4.5. “Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus posibles aplicaciones”.....	47
4.6. “Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje”.....	49
4.7. “Síntesis y caracterización de la mezcla polipropileno poliestireno expandido (Icopor) reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes”.....	51
4.8. Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón.....	52

4.9. Idea-Tec: organización que ofrece pinturas y recubrimientos de varios colores para pisos y muros a base de poliestireno expandido reciclado.	54
4.10. Reutilización del EPS como abono de suelos.	55
4.11. Fundación Verde Natura: “eco reglas y eco postes”.	56
4.12. “Aislación térmica alternativa, reutilizando poliestireno expandido de descarte, orientado a las necesidades de Cooperativas de Reciclado”.	57
4.13. “Diseño de un sistema de descanso a partir del reproceso del poliestireno expandido industrial desechado”.	59
4.14. “Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso en la construcción”.....	60
4.15. “Obtención de aglomerados a partir de la reutilización del poliestireno expandido y papel post-consumo”.	61
4.16. “Evaluación para la obtención de un recubrimiento con resina a base de poliestireno expandido reciclado a nivel laboratorio”.....	63
4.17. “Estudio para la elaboración de emulsiones a partir de poliestireno expandido post-consumo”.	64
4.18. “Elaboración y caracterización físico-mecánica de pre-pregs utilizando poliestireno expandido post-consumo reforzado con fibras de fique.”	66
4.19. “Impermeabilizante ecológico "VIDI": Cuidando el mundo vs el unicel.”	67
4.20. “Post-consumo de poliestireno expandido y sierras de pinus elliottii.”	68
4.21. “Reciclaje de bolas de poliexpán como componente de baterías.”	69
5. Capítulo 4. Propuestas para la reducción de residuos de un solo uso (poliestireno expandido) y su beneficio para el medio ambiente.....	71
6. Conclusiones.....	82
7. Recomendaciones.....	84
8. Referencias	85

Lista de tablas

Tabla 1. Cualidades del poliestireno expandido.....	25
Tabla 2. Cronograma de actividades	33
Tabla 3. Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado.....	41
Tabla 4. Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo	43
Tabla 5. Reformulación de una pintura a base de poliestireno expandido reciclado.....	45
Tabla 6. Recuperación del poliestireno expandido (EPS) con aceite esencial de naranja	46
Tabla 7. Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus posibles aplicaciones.....	48
Tabla 8. Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje.....	50
Tabla 9. Síntesis y caracterización de la mezcla polipropileno poliestireno expandido (Icopor) reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes	51
Tabla 10. Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón.....	53
Tabla 11. Idea-Tec: organización que ofrece pinturas y recubrimientos de varios colores para pisos y muros a base de poliestireno expandido reciclado	54
Tabla 12. Reutilización del EPS como abono de suelos.....	55
Tabla 13. Reglas ecológicas, proyecto denominado eco regla, y postes de electricidad, denominados ecopostes.....	56
Tabla 14. Aislación térmica alternativa, reutilizando poliestireno expandido de descarte, orientado a las necesidades de cooperativas de reciclado.....	58
Tabla 15. Diseño de un sistema de descanso a partir del reproceso del poliestireno expandido industrial desechado.	59
Tabla 16. Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso en la construcción.....	60
Tabla 17. Obtención de aglomerados a partir de la reutilización del poliestireno expandido y papel post-consumo.	62
Tabla 18. Evaluación para la obtención de un recubrimiento con resina a base de poliestireno expandido reciclado a nivel laboratorio.....	63
Tabla 19. Estudio para la elaboración de emulsiones a partir de poliestireno expandido post-consumo.	65
Tabla 20. Elaboración y caracterización fisico-mecanica de pre-pregs utilizando poliestireno expandido post-consumo reforzado con fibras de fique.	66
Tabla 21. Impermeabilizante ecológico "VIDI": Cuidando el mundo vs el unicl.	67
Tabla 22. Post-consumo de poliestireno expandido y sierras de pinus elliottii.....	68
Tabla 23. Reciclaje de bolas de poliexpán como componente de baterías.	70

Tabla 24. Métrica de evaluación de alternativas para matriz de Leopold.....	71
Tabla 25. Orden de importancia de las alternativas evaluadas en la matriz de Leopold.	79

Lista de figuras

Figura 1. Características de la economía circular.....	20
Figura 2. Principios de la economía circular.....	20
Figura 3. Flujos de logística directa e inversa.....	22
Figura 4. Proceso de fabricación de Poliestireno Expandido (EPS).....	24
Figura 5. Reglas ecológicas, proyecto denominado eco regla, y postes de electricidad, denominados ecopostes.....	72
Figura 6. Aislación térmica alternativa, reutilizando poliestireno expandido de descarte, orientado a las necesidades de cooperativas de reciclado.....	73
Figura 7. Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus posibles aplicaciones.....	74
Figura 8. Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón.....	75
Figura 9. Obtención de aglomerados a partir de la reutilización del poliestireno expandido y papel post-consumo.....	76
Figura 10. Reciclaje de bolas de poliexpán como componente de baterías.....	77
Figura 11. Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje.....	78

1. Introducción

El poliestireno expandido, EPS por sus siglas en inglés o Icopor como se conoce genéricamente en Colombia, nació inicialmente de la extracción del ámbar líquido (resina) proveniente de los árboles; con el tiempo se buscó otra forma de obtención del material base para su elaboración, encontrándose en el petróleo los componentes necesarios para obtener un recurso con las características del EPS al tener la resistencia necesarias y adecuada para poder ser empleado en varias formas.

Pronto el mercado lo utilizó de manera ascendente, impulsando no solo su producción sino la diversidad de usos alrededor del mundo, el embalaje de electrodomésticos, el almacenar alimentos y componente en la industria de la construcción son algunos de sus mayores aplicaciones.

Lo anterior ha desatado un consumo imparable y una dependencia tanto de las industrias como de los seres humanos hacia el poliestireno expandido (en adelante EPS), generando grandes cantidades de desechos que terminan en botaderos o lugares a cielo abierto donde su aprovechamiento es mínimo, ocasionando problemas ambientales, sociales y económicos, los cuales al no ser atendidos resultan en un impacto negativo para diferentes hábitats.

Para mitigar esta problemática se han desarrollado diferentes propuestas a nivel mundial para lograr su reutilización y transformación en materiales que presten beneficios a la sociedad. Las alternativas existentes fueron analizadas y evaluadas en este proyecto con el objeto de mostrar aquellas que logren que el producto desechado cumpla un ciclo repetitivo en pro del entorno, apliquen la economía circular y presentan mejores índices en cuanto a beneficios ambientales, sociales y económicos.

2. Capítulo 1. Generalidades del proyecto

2.1. Planteamiento del problema

El desarrollo industrial es necesario para el progreso como sociedad y para la construcción de la civilización; pero esta etapa evolutiva desde su inicio se ha convertido en uno de los principales problemas que actúa en contra de la convivencia entre seres humanos y su entorno.

El acrecentamiento de los residuos orgánicos e inorgánicos causados por el aumento desproporcionado de la población a nivel mundial se convirtió en un gran problema para una sociedad que carece de prácticas amigables con el medio ambiente.

Es por eso que Ávila, Nieto, Jiménez y Osorio (2011) mencionan que

Ante un aumento en la población, se presenta un aumento en la cantidad de desechos generados...lo que acrecienta la cantidad de disposición de residuos en los basureros; por el efecto de estos en el ambiente, la contaminación crece y genera un deterioro en la calidad de vida de la población.

El notable crecimiento de residuos inorgánicos que son de difícil reprocesamiento hace que sean poco aprovechados y así depositados en vertimientos inadecuados como, fuentes hídricas, acuíferos, rellenos sanitarios, espacios a cielo abierto y otros lugares, generando no solo una huella ecológica negativa por parte del ser humano en el ambiente, sino acentuando un problema en crecimiento constante, *la contaminación* que a lo largo de los años ha ido en detrimento de los servicios ecosistémicos de la flora y fauna existente.

Las afirmaciones anteriores sugieren recabar en el tema de manera profunda, mencionando y poniendo en consideración que:

(...) el consumo mundial de materiales plásticos ha pasado de los 10 M de Tm en 1978 hasta los 60 M de Tm en el año 2000 de los cuales el 50% corresponde a USA y el resto se reparte por igual entre Europa y Japón. El consumo de plásticos en España en el 2000 fue de 2,0 M de Tm.del 100% (Arandes, et al. 2004, p.28).

Pese a que Colombia no aparece en las alarmantes estadísticas a nivel mundial sobre los niveles de contaminación; no se puede ocultar que el problema crece de manera exponencial, sobre todo si nos referimos a la extracción de hidrocarburos o elementos no renovables afines, e incluso los renovables que con el pasar de los años se están volviendo finitos, ya que estos materiales son utilizados para la creación de artículos que están ahondando el problema por ser agentes altamente contaminantes debido a su errónea disposición final al no mediar con una economía que devuelva los desechos a la cadena productiva.

Lo anterior lleva a darle sentido a la problemática extraccionista que se ejecuta en el país; dónde el trasfondo es el sistema económico tradicional que depende de una estrategia enfocada a la explotación de commodities o recursos finitos donde se ve “necesaria la extracción de

hidrocarburos como un referente esencial para el diseño de su política económica, que garantice el crecimiento económico y, por ende, el desarrollo” (Bonilla, 2014, p. 33).

Así pues, se evidencian estas políticas públicas en la mala planificación de los desechos sólidos en el país, donde del 100% de los residuos de plásticos generados en Colombia, sólo es reciclado el 7%. La falta de medidas económicas que propendan por la sostenibilidad, hace del manejo de residuos sólidos una opción poco viable de ingresos, pues según Espusato E.S.P (2017) los recicladores declaran que el valor pagado por este tipo de residuos es muy bajo a razón del bajo peso (p.1). Lo que evidencia que el problema radica en la recolección de este tipo de plástico.

Vinculado a lo anterior, para el año 2019, la Red Nacional de Economía Solidaria de Flujo Sustentable, comunicó que en Colombia por lo general un ciudadano utiliza dos kilos de plástico al mes, lo que adicional está sepultando por lo menos dos billones de pesos en plástico al año (BC Noticias, 2019).

Rodríguez (2015), en su ensayo argumenta que dicha situación ocurre en el país, (...) porque la sociedad en general no ha tenido la conciencia de realizar un manejo adecuado de Residuos, en Colombia, no se ha tenido las herramientas del caso para lograr incentivar a las empresas y a la sociedad para que se animen a reciclar, disponer de los residuos y mantener limpia las ciudades.

El EPS es altamente utilizado en industrias como: construcción, transporte de alimentos, aislante térmico, embalaje de todo tipo de electrodomésticos tecnológicos, y demás. Sin embargo, este no cuenta con un sistema completo de logística inversa que garantice el aprovechamiento y buen uso de este material luego de su disposición, por lo tanto, se denomina comúnmente como “plásticos de un solo uso”. Dentro de los limitantes para su aprovechamiento se puede encontrar su alta voluminosidad, alta contaminación del material poroso en zonas húmedas, baja densidad, entre otros.

Este tipo de plástico afecta al medio ambiente debido a su gran disposición en lugares poco apropiados, generando contaminación visual, ambiental y marítima, pues al desecharse, este puede terminar en rellenos sanitarios, calles, mares, entre otros, afectando directamente a la fauna y flora marítima o terrestre.

En este sentido los mares, océanos y manglares son los más golpeados por el fenómeno “con 5,25 trillones de plásticos flotantes acumulados en el agua superficial marina” según Jaén, Esteve y Banos-González (como se cita en Greenpeace, et al. 2019).

Dentro de “las fuentes terrestres destacan las basuras provenientes del arrastre de aguas sin depurar, o de tormentas; residuos procedentes de vertederos ubicados en la costa o

transportados en aguas fluviales; basuras abandonadas por la población y turistas” (Greenpeace, 2005).

A nivel, el EPS descartado forma parte del 13% de los plásticos desechados (3.400 toneladas de desechos diarios o 102.000 Toneladas al mes aproximadamente) (Agudelo, et al. 2017). El material en cuestión es liviano, pero a la vez voluminoso, ya que su componente de poliestireno es apenas del 2%, siendo el 98% de solo aire formando burbujas secuenciales entre capas.

Paralelamente, la falta de información relacionada con el EPS, ha llevado a la población a especular sobre los daños drásticos e irreversibles a los seres humanos debido a sus características y componentes; sin embargo son afirmaciones alejadas de la realidad “ya que en la fabricación y transformación de este material no se utilizan, ni se han utilizado nunca gases de la familia de los CFCs (clorofluorocarbonos)... Responsables de la destrucción de la capa de ozono” (Anape, s.f.).

Con esto no se indica que el Eps no cause problemas, puesto que afecta de manera indirecta la salud, ya que uno de sus grandes usos es el empaque y embalaje de comidas, este producto, posee un monómero (derivado de los hidrocarburos) denominado estireno, el cual posiblemente puede ser cancerígeno en los animales, cosa que no se puede descartar en los seres humanos (Clean Water Action, 2015).

De esta forma, se busca resaltar que un mal manejo de la información existente sobre el EPS desvía la atención y afecta la posibilidad de revertir el problema derivado de su uso, pues este “es un material con un impacto medioambiental moderado, además de ser fácilmente reciclable para diversas nuevas aplicaciones” (Anape, s.f.), así las cosas, se hace necesario revisar el actual manejo que se da a sus desperdicios.

Es importante resaltar, que como fue mencionado, este material no es rentable para recicladores y por ello no representa un motivo de aprovechamiento para generar ganancia económica, pero sí es uno de los materiales de alto consumo a nivel mundial por sus características de aislamiento térmico y acústico, impermeabilidad, liviandad y amortiguación (Agudelo, et al. 2017).

Uno de los retos de hoy día es resaltar la importancia del trabajo que realiza el gremio reciclador, ya que se encargan de la separación de la basura para que los residuos que se puedan recuperar nuevamente retornen a las cadenas productivas de los diferentes productos, logrando generar alternativas de uso que no se encuentren contempladas al realizar un efectivo proceso de recolección.

Del mismo modo la reutilización contribuye de cierta manera, en reducir costos a las industrias en materia primas para que estas a su vez aumenten su competitividad en el mercado, lo que se traduce en un trabajo engranado y articulado.

En efecto, la solución que han propuesto diversas ciudades del mundo como Jamaica, Belice, Bahamas, Costa Rica, entre otras, ante la situación anteriormente mencionada, es la prohibición de la producción del poliestireno expandido (Anadolu Agency, 2019). Pero es evidente que muchas empresas se dedican a la producción de esta materia prima como fuente principal de ingresos que adicionalmente benefician a otras industrias, por lo tanto, es importante pensar en los actores involucrados y generar una solución donde ninguna de las partes se vean perjudicadas.

La situación del no aprovechamiento del EPS lleva a proponer diversas alternativas de uso y aprovechamiento para que no siga causando daños ambientales y, por el contrario, sea una fuente de ingreso productiva; aprovechando esos residuos para la creación de iniciativas que contribuyan al restablecimiento del aporte de los seres humanos con el entorno que habita.

Así pues, lo que se desea lograr con este trabajo, es cambiar la perspectiva de los emprendedores para incentivar propuestas de proyectos que tengan una dirección hacia la economía circular de los residuos que demoran en su descomposición y dejar atrás la economía lineal que se ha venido trabajando hasta el día de hoy, la cual consiste en extraer, producir, consumir y por último disponer.

Llegados a este punto, ¿Qué alternativas permiten aplicar el concepto de economía circular para el aprovechamiento de residuos de un solo uso (Poliestireno expandido)?

2.2. Justificación

En busca de soluciones y alternativas se hace uso de la economía circular, la cual plantea sistemas regenerativos y restauradores, con el fin de mantener el valor de los recursos (materiales, agua, suelo y energía) y de los productos, reducir insumos de materias primas y recursos energéticos e impulsar la innovación y eficiencia empresarial, así como la competitividad y sostenibilidad (Moreno, 2018, p.16); se resalta la importancia de esta investigación.

En el mundo, la producción de materiales de un solo uso se expande diariamente siendo proporcional al aumento de desechos causados por los mismos, la mayoría de los residuos sólidos se componen de diferentes tipos de plásticos, entre ellos el poliestireno (PS).

A través del tiempo, el mencionado material ha sufrido algunas variaciones; inicialmente se usó el ámbar líquido, el cual fue sometido a experimentos por parte de científicos alemanes, franceses e ingleses, quienes por medio de fenómenos como la polimerización modificaron la

base del poliestireno determinando materiales nuevos a base de poliestireno (Abc pack, 2019). A causa de lo anterior, el PS denominado poliestireno de uso general o cristal, dio paso a ser destinado a otros fines como: el PS de alto impacto, y el PS extruido (Icopor sostenible, 2018); Ya en 1925 el doctor Strasky “del grupo químico-aleman BASF realizó la primera expansión del poliestireno, creando el poliestireno expandido” (Abc pack, 2019).

Así pues, dirigiendo la mirada al EPS, para objeto de estudio, será definido como: "Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire" (Textos científicos, 2005).

En los últimos años el EPS, es utilizado para el transporte de alimentos por sus propiedades de aislante térmico y conservación; también para el embalaje de diferentes productos como electrodomésticos, frutas, vinos, juguetes, entre otros, e incluso es usado en la construcción como aislante acústico y térmico (Icopor sostenible, 2018).

Dentro de las características organolépticas con las que cuenta el material y que lo hacen tan apetecido son: densidad ligera pero resistente, alta resistencia mecánica, aislamiento térmico, estabilidad frente a la temperatura y no absorbente a la humedad.

Sin embargo, el vapor de agua puede difundirse en el interior de la estructura celular, pero no afecta de manera significativa sus componentes. El único factor que puede afectar sus propiedades es la luz ultravioleta permanente, volviendo la superficie amarillenta y frágil ocasionando que la lluvia y el viento la puedan erosionar (Textos científicos, 2005).

En Colombia son pocos los centros de acopio y de redistribución, así como los usos que se dan al material desechado, convirtiéndose en un factor altamente contaminante en fuentes hídricas, afectando la flora y fauna existente donde terminan su ciclo.

La poca recuperación que se logra del EPSd (sigla que representa el poliestireno expandido *desechado* “d”) como adición se obtiene de dos principales acciones, en primera medida, se hace a través de campañas de sensibilización que se realizan sobre una adecuada separación en la fuente, como en Boyacá donde desde el 2017 se viene trabajando en “educar a la comunidad del sector urbano en el manejo que se le debe dar a las basuras producidas en el hogar” (Alcaldía de Monquirá, 2017).

Por otro lado, con algunos programas de reciclaje responsable que han lanzado algunas empresas del sector privado, promoviendo un sistema completo de residuos y mitigando la huella ecológica de industrias y consumidores.

En Colombia un proyecto de ley en el año 2017 “Por el cual se prohíbe la utilización del poliestireno expandido (icopor) en actividades de comercialización de alimentos, se ordena la

implementación de un plan nacional de reciclaje del icopor de uso industrial y se dictan otras disposiciones. [Reglamentación uso del icopor]”, que actualmente se encuentra archivado por tránsito de legislatura desde junio del año 2018.

En el país dicho material se produce de manera gradual y hoy en día existen alrededor de 60 empresas registradas en diferentes portales que representan industrias grandes de las que dependen varias familias y parte de la economía nacional (Empresite, 2020). Lo que evidentemente no responde al problema principal de contaminación y aumento del uso de estos materiales.

Por lo anterior, es importante generar propuestas que no solo se encarguen de buscar la reducción de su fabricación, sino que también, por medio de pedagogía y educación ambiental se concientice a los ciudadanos de la correcta disposición de estos elementos, así como la búsqueda de alternativas con otros materiales amigables con el medio ambiente.

Así mismo, no se puede dejar de lado que el problema acrecienta, siendo necesario que se unifiquen esfuerzos para darle valor al EPSd a través de la transformación en nuevos y mejorados usos, de tal manera que se trabaje en conjunto por una economía no solo incluyente, sino generadora de empleo en la reutilización de este tipo de residuos.

2.3. Objetivos

2.3.1. General.

Definir alternativas que permitan aplicar el concepto de economía circular para el aprovechamiento de residuos de un solo uso (Poliestireno expandido).

2.3.2. Específicos.

- Identificar las problemáticas relacionada a los residuos de un solo uso (poliestireno expandido).
- Analizar las iniciativas existentes para mitigar (recuperar) los residuos de un solo uso (poliestireno expandido).
- Evaluar las propuestas para la reducción de residuos de un solo uso (poliestireno expandido) y su beneficio para el medio ambiente.

2.4. Antecedentes

En el presente apartado se realiza un estudio documental acerca de algunas de las iniciativas existentes que se han desarrollado, con el objeto de aprovechar los residuos de un solo uso, en este caso, Poliéstireno Expandido, previa contextualización de la problemática que genera el consumo de este material representado en la voluminosidad del EPS como problema por el usos de espacios; seguido de la descripción de las algunas alternativas que serán analizadas en un capítulo posteriormente, para esto se usará la economía circular como parámetro

2.5. Marco teórico

Los residuos sólidos que no son devueltos a la cadena productiva resultan ser una problemática universal para la sociedad, ya que no se está dando una respuesta adecuada ni oportuna al problema. Así que se está generando en los vertederos, basurales, rellenos sanitarios, entre otros, un crecimiento apresurado de desperdicios, compuestos en su mayoría por plástico.

Últimamente se han presentado diferentes alternativas para mitigar el problema ambiental generado por los polímeros, denominados comúnmente como residuos de un solo uso, ya que se ha venido incrementado considerablemente en los últimos años la contaminación a causa de la mala disposición de ellos por varios factores. Es por ello que se considera importante identificar teorías que soportan la investigación para alcanzar el objetivo propuesto, en los cuales se encuentran: Economía circular, logística inversa, disposición final, plástico, recuperación del poliestireno expandido y sostenibilidad. Estas se irán describiendo a lo largo de la presente sección.

2.5.1. Economía Circular.

La economía circular es una alternativa que aún permanece algo oculta, pero es probable que en los próximos años acabe imponiéndose para cambiar el modelo lineal que se ha venido trabajando durante muchos años, este término se dio a conocer aproximadamente en el año 1989, según (Prieto-Sandoval, et al. 2017)“cuando Pearce y Turner formularon esta teoría y dieron a conocer como sería el proceso de la economía circular” (p.4), desde allí este modelo se ha dado a conocer debido a que es una estrategia llamativa para competir en el mercado preservando de la misma manera el bienestar de las generaciones futuras.

Se puede distinguir varios enfoques de este modelo; el primero es mantener por más tiempo un residuo mediante la transformación de productos existentes para reducir el consumo de materias primas, energía, contaminación entre otros, y el segundo mejorar el diseño de los productos, de tal manera que se puedan incorporar nuevamente a la cadena productiva de otras industrias y asimismo aumentar de ciclo de vida de estos ya que está siendo un problema ambiental su disposición final.

Posteriormente, la economía circular cuenta con ciertas características fundamentales para lograr que este modelo sea aplicado a cabalidad, estas son orientadas a beneficiar a los diferentes stakeholders durante toda la cadena de valor, generando así más rentabilidad, confianza y así mismo aportando a la sostenibilidad.



Figura 1. Características de la economía circular. Autoría propia con información obtenida de: Cerdá y Khalilova (2016)

Como se puede observar en la figura 1, dicho modelo va enfocado en reducir la cantidad de insumos innecesarios para entregar un producto o servicio en particular, de manera que en su producción se use en menor proporción materiales sobrantes y con ello potencializar productos renovables y reciclables.

Así mismo los desperdicios provocados durante la producción se disminuirán generando en menor medida los gastos provocados. Es evidente que en su gran mayoría el producto al ser consumido, el usuario final lo considera como un desecho sin examinar que éste se puede reutilizar, reparar y renovar.

Es importante hacer hincapié en las consecuencias de la cultura de desechar y reemplazar, tal como lo ejemplifica el comercio de aparatos electrónicos; tal parece que estas grandes industrias de telefonía inducen a tener un comportamiento consumista, de tal forma que cuando sale un nuevo artefacto, los consumidores desechan automáticamente el antiguo elemento en lugares poco adecuados, esto conlleva a aumentar los residuos en los botaderos.

Con el fin de mejorar la calidad de vida de la humanidad y el estado del medio ambiente, la economía circular se apoya de los siguientes principios:



Figura 2. Principios de la economía circular. Autoría propia con adaptación de: Cerdá y Khalilova (2016)

Recientemente la economía circular ha tomado fuerza en muchas organizaciones, ya que proporciona una respuesta integral a aspectos tanto económicos, ambientales como sociales; a través de la reutilización, reparación, sustitución, mejora y restauración de residuos sólidos.

Este modelo se ha convertido en el camino para realizar un cambio en pro del problema global que se está viviendo por la contaminación generada por los residuos con elementos tóxicos para el medio ambiente.

2.5.2. Logística inversa.

Llegados a este punto, es importante marcar un referente acerca de la importancia de la logística inversa en el manejo de los desechos, para esto se expondrá una contextualización, definición, seguido de las etapas que esta herramienta conlleva para su aplicación y finaliza con un gráfico que denota el proceso de logística directa y logística inversa.

De manera que la logística tuvo sus primeras apariciones en la militancia como objetivo de planificación de guerra, de ahí que en el libro *el Arte De La Guerra* se acuñan preceptos y/o definiciones al respecto.

A medida del tiempo este término o estrategia se fue aplicando en distintos escenarios de la vida, hasta que llegó a ser utilizado en las empresas como factor competitivo. Por lo que hoy en día las compañías que tienen una excelente gestión de la logística se presentan con un gran diferencial o plus ante sus competidores.

Por tanto, la logística se orienta hacia la gestión de los procesos que las compañías efectúan desde la fabricación de sus productos o servicios, hasta el consumo o cliente final. De lo anterior se desprende la gran preocupación que genera el desecho por el consumo de estos productos, pues su vida útil en este punto ha finalizado, pero su residuo continúa, y sin gestión provoca daños al medio ambiente. Así pues, aparece el concepto de logística inversa o logística verde que contrarresta esta problemática.

Para Mora y Martín (2013):

La logística inversa gestiona el retorno de las mercancías en la cadena de suministro, de la forma más efectiva y económica posible, se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos; así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales, incluso se adelanta al fin de la vida útil del producto, con objeto de darle salida en mercados de mayor rotación (p.35).

Por consiguiente, las etapas de esta herramienta que plantean Mora y Martín (2013) son las siguientes:

- Evaluación y diagnóstico: Dónde se hace un diagnóstico de los impactos ambientales que generan las actividades de la compañía.
- Clasificación de residuos: Se realiza un análisis de los mismos, el estado y nivel de peligro que representan y finalmente el control que se les debe aplicar.
- Transporte y almacenamiento: Se consideran variables como la periodicidad de la recogida, el personal y el equipamiento necesario, y los tiempos en los que se realizará la actividad.
- Colocación: Se consideran si son de posible reprocesamiento y generación de nuevo producto, nueva venta, objeto de donación, entre otras.
- Medición y Control: A través de indicadores se mide el grado de cumplimiento de las anteriores etapas.

De esta forma, las empresas que incluyen la logística inversa como uno de sus objetivos o actividades de forma transversal, generan mayor reconocimiento y mejor nivel competitivo a nivel global, pues esta actividad se ve aplicada en mayor medida por entidades pertenecientes a países desarrollados.

Pero, en una economía como la nacional, que es de carácter extraccionista, como fue mencionado anteriormente, la implementación de este tipo de estrategias resulta ser un gasto para la mayor parte de las empresas que en efecto son pymes, esto debido a su mala implementación, pequeño tamaño, débil conocimiento de estrategias y actividades empíricas, entre otros, pues su enfoque está meramente en la generación de beneficios económicos, sin tener en cuenta un tinte de sostenibilidad.

A modo de aclaración se presenta este esquema de logística directa y logística inversa:

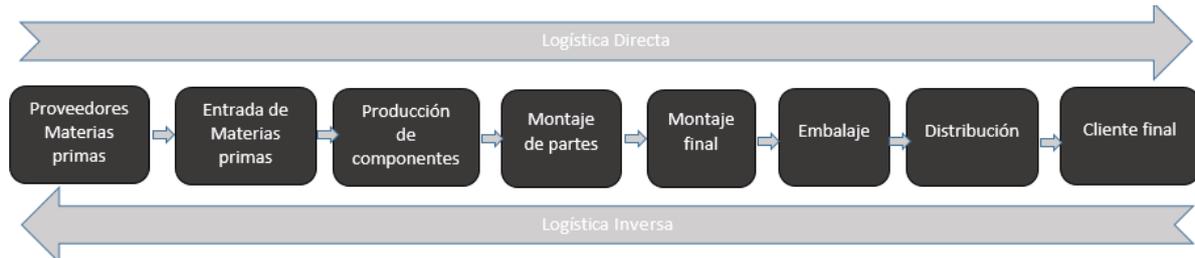


Figura 3. Flujos de logística directa e inversa. Autoría propia con información obtenida de: (Oltra, s.f.)

2.5.3. Disposición final.

Es conveniente tener en cuenta que todos los productos tienen un ciclo de vida que se entiende como las diferentes etapas por las que deben pasar cada uno de ellos; según Llorente

(2011) este ciclo va desde la “extracción de materias primas, producción, transporte, distribución, uso, hasta su disposición final” (p.45).

Cada fase permite conocer si el producto ocasiona un impacto ambiental durante su existencia, con el fin de determinar cuál es la mejor disposición de cada material; para algunos puede terminar su ciclo en los rellenos sanitarios o en su defecto pasarlo por un proceso de reciclaje para su debida transformación.

Hoy en día la gran mayoría de los residuos terminan en los vertederos, esto se puede constatar en el informe de la organización Cempre (2015), donde se aclara que estos lugares son “una forma de disposición final de los residuos sólidos, que se caracteriza por la simple descarga (vertido) de los residuos sobre el terreno, sin medidas de protección para el medio ambiente o la salud pública” (p.103).

Del mismo modo, puede pasar por un proceso de reciclaje que, según Berenguer, et al. (2006) consiste en “usar los materiales varias veces para elaborar otros productos reduciendo en forma significativa la utilización materias primas” (p.5); siendo una alternativa para hacer de algo que ya no sirve, nuevamente útil de alguna manera, pero esto se logra si se tiene claridad en cómo se deben clasificar los residuos a fin de disponer de este material en otras funciones.

A nivel nacional los gobiernos de los últimos años han pasado por diferentes etapas, en las cuales se ha reducido los sitios inadecuados de disposición de las basuras debido a la problemática ambiental y sanitaria que esta conducta representa.

Es por ello que el “sitio permitido para disposición final según la normativa vigente es el relleno sanitario (...) siempre y cuando cuenten con la autorización ambiental pertinente” (Superservicios, 2018, p. 8).

Según lo anterior, y de conformidad con el informe de La Superintendencia de Servicios Públicos, adquiere de especial importancia contar con una licencia ambiental. Los lugares autorizados en este sentido son los rellenos sanitarios, plantas de tratamiento y celdas de contingencia. Para los lugares no autorizados como las celdas transitorias, botaderos a cielo abierto, enterramientos, vertimientos a cuerpos de agua, quema de residuos sólidos y demás se tendrá que contar con un plan de manejo para ser utilizados en casos excepcionales (superservicios, 2018, p. 23).

En dicho informe se muestra una disminución de toneladas de basura entre los años 2016 al 2017, que se atribuye a las recuperaciones de material aprovechable; empero sigue siendo alarmante el panorama, sobre todo en la ciudad de Bogotá donde las toneladas diarias en promedio son superiores a las 6.000.

2.5.4 Plástico.

Los plásticos están presentes en la vida del ser humano desde hace décadas y son en algunos casos útiles porque se caracterizan por su alta densidad, elasticidad y resistencia, siendo excelentes aisladores, debido a su composición de cadenas moleculares complejas, las cuales pueden ser de origen natural o sintético.

Estos plásticos están desarrollados por grandes cadenas de polímeros formadas por la unión de enlaces llamadas monómeros y se encuentran conformadas por carbono e hidrógeno permitiendo su flexibilidad para ser moldeables y adaptables para las diferentes formas y aplicaciones (Hachi et al. 2010, p. 25-27).

Los materiales se clasifican en dos categorías diferentes: termoplásticos y termoestables. Con respecto a los termoplásticos, se identifican por ser moldeables y remodelables cuando están expuestos al calor; lo cual permite su reciclaje final del uso, dando la posibilidad de ser controlado su desecho a mediano plazo. Los termoestables pierden sus características al ser fundidos impidiendo su transformación (Elías y Jurado, 2009).

Ahora bien, dentro de los termoplásticos, destacamos para nuestro proyecto investigativo el EPS, debido a que este material se puede reutilizar para otros fines después de su uso. Al respecto conviene darle énfasis al producto, proceso de fabricación, características y propiedades de este, con el cual se va a tener más claridad del mismo.

Para eso hay que dar dirección a la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (Anape), la cual fija una explicación oportuna de lo anteriormente mencionado. La siguiente gráfica muestra el proceso de fabricación del mencionado material.

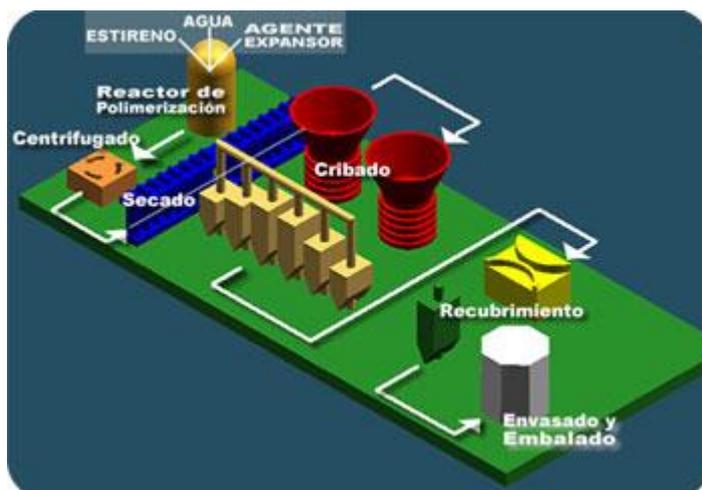


Figura 4. Proceso de fabricación de Poliestireno Expandido (EPS). Obtenida de (Anape, 2020)

A continuación, se relacionan algunas cualidades importantes del EPS que lo hacen destacar o diferenciar de los demás plásticos:

Tabla 1.

*Cualidades del poliestireno expandido***CUALIDADES DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO**

-
- | | |
|---|----------------------------|
| ● Resistencia al envejecimiento | ● Resistencia química |
| ● Versatilidad y facilidad de conformado | ● Resistencia mecánica |
| ● Excelente aislamiento térmico | ● Carácter higiénico |
| ● Amortiguación de impactos | ● Resistencia a la humedad |
| ● Facilidad de manipulación e instalación | ● Ligereza |
-

Nota. Elaboración propia adaptada de: (Anape, 2020).

De la Tabla 1, resaltamos que el EPS es uno de los plásticos más funcionales para cualquier industria, motivo por el cual su consumo es elevado y su colocación final es de arduo retratamiento.

En Colombia, el poliestireno de propósito general y de alto impacto, incluido el poliestireno expandido, forman parte de las resinas plásticas de mayor uso en el país, representando al menos el 95% del tonelaje de materias plásticas procesadas, cifra completamente alarmante porque como se sabe, el país no cuenta con un manejo responsable de estos desechos.

Ahora bien, hablando de la capacidad instalada que posee el país para la producción de resinas plásticas, esta pasó de 1,33 millones de toneladas en el 2015 a 1,34 millones de toneladas para el 2017, de las cuales, la producción de poliestireno durante este trienio se mantuvo en 110 mil toneladas cada año.

Por otro lado, la importación de poliestireno expandido en el país, pasó de 15.773 toneladas en el año 2015 a 16,716 toneladas para el 2016 y disminuye a 15.650 toneladas para el 2017, véase en las tablas 1 y 2 del informe elaborado por Acoplásticos para los años 2018-2019 (Acoplásticos, 2018-2019, p.101-104).

Cabe resaltar que las importaciones de EPS en el país, son únicamente para consumo por parte de las diferentes industrias, teniendo como principal proveedor a Taiwán, China, Estados Unidos, México, entre otros, estos para los años mencionados anteriormente.

De las cantidades producidas a nivel nacional, su consumo fue de 73 mil toneladas en el 2015, 78 para 2016 y 71 para 2017, el resto de producción fue con fines a la exportación (Acoplásticos, 2018-2019, p.115-120).

2.5.5. Recuperación del poliestireno.

Cada vez se avanza de manera positiva en la recuperación del EPS para darle una nueva vida útil, devolviéndolo a la cadena productiva e incentivando el restablecimiento de este material.

En este sentido es importante rescatar el trabajo de López de Mesa (2011), donde se busca la utilización del material convirtiéndolo en “materia prima industrial producida a partir de la recuperación del poliestireno- EPS o poliestireno expandido, mediante la implementación de tecnologías limpias, comercializadas a menor costo” (p. 31).

En esta investigación, citando a Tejada, se da claridad que el EPS se puede reciclar de múltiples maneras y para varios usos. Dentro de los procesos mecánicos podemos encontrar la fabricación de nuevas piezas de EPS, es decir, convertir el material de nuevo para lo que fue hecho y darle un segundo uso; también sirve para la mejora de suelos a través de la trituración y mezcla con sustrato que ayudará a tener un mejor drenaje y circulación de aire, inclusive sirve como material auxiliar de compostaje.

Por último, este autor se refiere a la producción de granza de PS, en esta mediante un proceso de fusión o sintetizado al material recuperado se puede obtener de nuevo el componente inicial el poliestireno compactado PS, el cual puede utilizarse como materia prima de bolígrafos o carcasas incluso como sustituto de madera en los mobiliarios públicos (López de Mesa, 2011, p. 38-39).

Otro de los tipos de recuperación que se pueden dar a este material según Tejada por medio mecánico, es el de energía, de manera que, incinerando adecuadamente y en instalaciones apropiadas, con alto nivel de temperatura, además procurando que las emisiones de gases y vapores sean bajas o nulas, se podrá obtener combustibles limpios.

Para concluir en dicho estudio se exponen las 4R para completar su proceso de uso de materiales, en este caso la disposición del EPS después de su uso:

1. Reducción: se refiere a la minimización de materiales nuevos para la construcción de más poliestireno expandido, de tal manera que sean aprovechados los residuos y así por medio de mezclas entre estos dos seguir produciendo.
2. Reutilización: por ejemplo, como agente “acondicionador del suelo” (López de Mesa, 2011. p. 92), para los semilleros y demás.
3. Reciclaje: realización de nuevos artículos a partir de la recuperación del material.
4. Recuperación: por medio de la incineración para la generación de energía en forma de calor, sin tener que recurrir a la utilización de combustibles fósiles (p. 92).

El sistema de reciclado aparte de hacerse de manera mecánica también se puede hacer de manera química y por aglutinamiento. Aquella se basa en la solubilidad, donde por medio de vertimientos químicos compatibles al material se pueden dar nuevos usos como pinturas anticorrosivas a base de EPS. Mientras que esta consiste en “precalentar las partículas de plástico en una cesta rotativa, para que al girar a altas velocidades se precalienten las partículas y estas se unan para formar un solo bloque de material, minimizando volumen, pero consumiendo mucha energía” (Contreras, 2015. p. 24).

2.5.6. Sostenibilidad.

La sostenibilidad es un concepto que aún está en formación, pues este puede confundirse con el significado de lo sustentable, debido a que se le han adherido variedad de definiciones por parte diferentes enfoques políticos, económicos, sociales e ideológicos.

De un lado se tiene que lo sustentable agrupa de manera armoniosa lo económico, lo social y lo ambiental, mientras que de otro se tiene que la sostenibilidad trata cada uno de estos enfoques de manera individual; este término desde su aparición ha venido perdiendo valor por el uso deleznable que la mayor parte de las entidades empresariales le da, y que su aplicación no resulta más que ser un cliché para ser nombradas como responsables (Zarta, 2018).

En relación con lo anterior, los primeros indicios que se tienen de sostenibilidad o sustentabilidad, recaen en el informe denominado “Nuestro futuro común” publicado en abril de 1987 por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD), conocido también como informe Brundtland.

En dicho escrito, mencionan el desarrollo sostenible definido de la siguiente manera, “está en manos de la humanidad hacer que el desarrollo sea sostenible, es decir, asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” ONU (como se citó en Zarta, 2018, p. 415).

La anterior definición ha sido objeto de mucha controversia pues, para muchos, es imposible ser sustentable de la manera descrita en el informe, mientras que otros dicen que la sostenibilidad o la sustentabilidad no han existido nunca pues, se creían los recursos infinitos y a raíz de eso la industria ha venido creciendo y desarrollándose, pero a costa de la disminución de los recursos.

Para dar sustento a lo anterior, Naredo (como se citó en Macedo, 2005), menciona que “el binomio “desarrollo-sostenible”, constituye una contradicción, una manipulación de los “desarrollistas”, de los partidarios del crecimiento económico que pretenden hacer creer en su compatibilidad con la sostenibilidad ecológica” (p.58).

Ejemplo que tiene poca discusión si se visualiza la situación actual del mundo, donde los recursos naturales son explotados de manera acelerada y las industrias generan contaminación en el aire como los gases de efecto invernadero, en el agua al verter químicos peligrosos y desechos sólidos que atentan contra la fauna y en el suelo al enterrar grandes cantidades de basura no permitida en rellenos sanitarios, etc.

Lo dicho hasta aquí supone que, en la situación actual en la que se vive, la insostenibilidad permanece sólida y en crecimiento. Por su parte la economía sostenible se podría efectuar, pero hablando solamente en términos de desarrollo, sin involucrar el crecimiento o todo aquello que considere un aumento en el consumo de recursos finitos.

Esto se debe a que el desarrollo es un factor indispensable para la sociedad y para el mundo, a esto se aduce que el conocimiento como parte fundamental del crecimiento es algo que crece cada día y la vida depende y está acostumbrada a ello.

Por otra parte, la sostenibilidad o sustentabilidad debe abarcar los siguientes aspectos:

(...) la sustentabilidad tiene que ver con lo finito y delimitado del planeta, así como con la escasez de los recursos de la tierra. Con el crecimiento exponencial de su población. Con la producción limpia, tanto de la industria como de la agricultura. Con la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales. (Zarta, 2018, p.412).

Hoy en día este término tiene un mayor alcance, el mejor ejemplo de ello son los Objetivos de Desarrollo Sostenible instaurados en el 2015 por la ONU, al aprobar la agenda 2030. Estos son 17 objetivos creados con el fin de “traer al mundo varios “ceros” que cambien la vida, lo que incluye pobreza cero, hambre cero, SIDA cero y discriminación cero contra las mujeres y niñas” (PNUD, 2020).

2.6. Marco conceptual

2.6.1. Plásticos expandidos.

Dentro de la cantidad de tipos de plástico existentes en el planeta, se encuentran los plásticos expandidos, los cuales son

(...) plásticos alveolares o espumados, por ejemplo, el PVC, poliuretano, polietileno, etc., creados por la introducción de células o alvéolos de gas inerte (aire, dióxido de carbono, nitrógeno, hidrocarburos, etc.) en alguna etapa de su fabricación. Se usan como aislante del calor o como relleno entre paneles en la construcción debido a su baja densidad; también, debido a su blandura son utilizados en empaquetado y como goma espuma. (Elías, 2009).

2.6.2. Poliestireno (PS).

Dentro del plástico expandido se encuentra el poliestireno expandido, el cual es un “plástico fabricado a partir del estireno. Es rígido, duro y frágil. Tiene buenas propiedades ópticas, es transmisor de luz, tiene estabilidad dimensional, baja absorción de agua y conductividad térmica reducida” (Elías, 2009).

2.6.3. Residuos sólidos.

El consumo desaforado en el mundo genera grandes cantidades de residuos sólidos que resultan ser

(...) todo tipo de materiales, productos de desecho o todo lo que provenga de una planta de tratamiento de basuras, de una depuradora o de una instalación de control atmosférico, o cualquier otro material desechado incluidos sólidos, líquidos, semisólidos o materiales con contenido gaseoso resultantes de una actividad industrial, comercial, minera o agrícola. Pueden clasificarse según la naturaleza de su origen (agrícolas, forestales, mineros, industriales, etc.), por el lugar de producción (urbanos, hospitalarios, etc.) y por el tipo de materiales (plásticos, envases, embalajes de cartón, neumáticos, etc.). (Elías, 2009).

2.6.4. Economía circular.

Se entiende por economía circular “un ciclo de desarrollo continuo positivo que preserva y aumenta el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema, gestionando stocks finitos y flujos renovables.” (Cerdá y Khalilova, 2016). Según Cerdá y Khalilova la diferencia con la economía lineal radica en la utilización de los recursos en su tercer paso que es tirar, sin contemplar devolverlo a la cadena productiva, o solo desechando el material, sino también el potencial humano y los recursos naturales finitos.

Para Cerdá y Khalilova, (2016) la economía circular se apoya en tres principios fundamentales:

- Preservar y aumentar el capital natural, controlando los stocks finitos y equilibrando los flujos de recursos renovables.
- Optimizar el rendimiento de los recursos, circulando siempre productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad, en los ciclos técnico y biológico.
- Promover la efectividad del sistema, haciendo patentes y proyectando eliminar las externalidades negativas.

Complementando la definición anterior según Yuan (como se citó en Prieto-Sandoval, et al. 2017)

La EC es un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo

sostenible. Es por eso que este modelo se apoya en el principio de las 3 Rs (Reducir, Reusar, Reciclar), aplicable a todo el ciclo de vida de los productos. (p. 86).

2.6.5. Logística inversa.

Este término tiene muchos significados, ya que abarca muchas actividades pertenecientes con el medio ambiente, veamos cómo algunos autores definen lo que se entiende como logística inversa. En primer lugar, revisemos la definición que propuso Balli (s.f):

El proceso de planificar, implementar y controlar eficientemente el flujo de materias primas, inventario en curso, productos terminados y la información relacionada con ellos, desde el punto de consumo hacia el punto de origen con el propósito de recapturarlos, crearles valor, o desecharlos. (p.8).

Posteriormente encontramos la definición que sostiene Rojas, Salazar, Sepúlveda, Sepúlveda y Santelices, (2006) que la logística inversa:

Se encarga de la recuperación y reciclaje de envases, embalajes y residuos peligrosos, así como de los procesos de retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos e inventarios estacionales. Incluso se adelanta al fin de la vida del producto, con objeto de darle salida en mercados con mayor rotación. (p.3).

Por lo anterior, la logística inversa ha tomado fuerza durante los últimos años ya que las organizaciones obtienen grandes beneficios tanto económicos como ambientales, ya que esta herramienta logra ventajas competitivas frente a los adversarios.

2.6.6. Tratamiento de residuos.

En la actualidad, las empresas se deben preocupar por los residuos que su operación expide, es así como el tratamiento de residuos resulta ser la “operación o conjunto de operaciones de cambio de las características físicas, químicas o biológicas de un residuo para reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contiene, recuperar materias o sustancias valorizables, facilitar su uso como fuente de energía o favorecer su eliminación” (Elías, 2009).

2.6.7. Reducción.

Se habla que el consumo actual es elevado, llegando al extremo del consumismo en masa, lo que puede llegar a perjudicar a futuro varios factores como los recursos, las personas y la economía, es por ello que “promover el consumo consciente, el consumo ambientalizado, el consumo que da cuenta de los costos ambientales tanto como de los meramente económicos”, (Lara, 2008, p. 46) es uno de los objetivos de la reducción, término incluido en las 3 R's.

Para complementar la definición anterior Walter Pardavé propone que es una alternativa para proteger los individuos y su calidad de vida reduciendo “la utilización y el consumo de

materias primas y energía, recurriendo a fuentes renovables y minimizando los residuos durante el ciclo de vida de los productos” (Pardavé y Gutiérrez, 2007).

2.6.8. Reutilización.

La reutilización, otro término de las 3 R's requiere de inventiva y “... además de ello necesita de mayor definición y atención. Una vez que el objeto-mercancía ha cumplido con su función primaria, debemos darle un nuevo empleo” (Lara, 2008, p. 47). De tal manera que los elementos desechados pueden llegar a tener una segunda oportunidad reduciendo así la cantidad de ellos en botaderos, vertederos y demás lugares donde muy probablemente tendrán un proceso lento y complejo de descomposición.

Por otra parte “El reutilizar productos y sus envases, empaques y/o embalajes es una muestra de la vía compatible de la protección de la naturaleza, puesto que se impide que se consumen materias primas y energías vírgenes para fabricar nuevos productos” (Pardavé y Gutiérrez, 2007).

2.6.9. Reciclaje.

Una definición bastante acertada nos indica que reciclar es “un término empleado de manera general para describir el proceso de utilización de partes o elementos de un artículo, tecnología, aparato que todavía pueden ser usados, a pesar de pertenecer a algo que ya llegó al final de su vida útil” (Elías, 2009).

2.6.10. Reutilización.

Muchos productos que después de su uso son desechados en espacios poco adecuados, tienen la posibilidad de ser reutilizables, esta definición abarca el “proceso de minimización de generación de residuos consistente en recuperar productos utilizados que de otra manera se convertirían en productos de desecho” (Elías, 2009).

2.6.11. Sostenibilidad.

Como la palabra lo dice, se debe establecer una sostenibilidad en los diferentes factores que mantienen en pie a la sociedad, estos son la comunidad, la empresa y el medio ambiente; ante la urgente necesidad de encontrar una estabilidad a causa del mal manejo que se le da a los recursos naturales y la desfavorable contaminación que se genera por parte de las industrias, así mismo sucede con la desigualdad que impera en la población, pues la distribución de los recursos se hace de manera inequitativa, formando pequeños grupos que ejercen el poder, y grandes poblaciones con carencia de recursos que les permitan obtener una mejor calidad de vida.

Así pues, la sostenibilidad o desarrollo sostenible tiene una amplia gama de definiciones, por un lado, es definido por López (2006) como:

(...) el resultado de un equilibrio entre tres principios: la disponibilidad de los recursos naturales como son, cantidad y calidad del agua, lo mismo de la tierra, el aire y la biodiversidad; la calidad de vida de la gente en cuanto al desarrollo social y la calidad o nivel económico de la región o el sector. (p.37).

Por otro lado, aparece Elías (2009) definiendo la sostenibilidad como “característica de un proceso o estado que se puede mantener indefinidamente/ Capacidad de satisfacer las necesidades de actuales generaciones sin disminuir el potencial de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias”.

Ahora bien, en la actualidad, se encuentran los Objetivos de Desarrollo Sostenible creados en el 2015 con el fin de dinamizar el estado actual de los países más desfavorecidos, al buscar un beneficio que mejore las condiciones de cada pueblo y con esto se disminuya la pobreza, desigualdad, el déficit económico, la exclusión, las guerras internas y el alto impacto ambiental, entre otros fines expresados de manera individual en cada objetivo.

2.7. Diseño metodológico

2.7.1. Tipo de investigación.

La metodología que se propone será descriptiva de enfoque Cualitativo, donde inicialmente se realizará una revisión documental o estado de arte basados en trabajos de grado, libros, revistas, estudios, páginas web, artículos y base de datos. En estos se podrá verificar el estado actual de los impactos ambientales generados por los residuos de un solo uso, en este caso de poliestireno expandido.

También se realizará el mismo proceso para documentar las iniciativas que se han desarrollado utilizando este material como insumo buscando mitigar la problemática.

Documentar en la legislación colombiana todo lo concerniente a la utilización de los plásticos de un solo uso, así como convenios y acuerdos que se ajusten la nación en este tema.

Exponer e indagar sobre economía circular y sus diferentes etapas y procesos.

Con base en todo lo anterior y teniendo en cuenta el ámbito social, económico y ambiental, se evalúan iniciativas para la utilización de residuos de poliestireno expandido de vuelta a la cadena de producción.

2.7.2. Método.

El método utilizado en esta investigación será de tipo descriptivo-interpretativo, en el cual se realizará una recolección de datos a través de la revisión documental, se hará un análisis y descripción de los mismos a través de un benchmarking y finalmente se ejecutará la adecuada evaluación e interpretación de los resultados y reporte de los mismos, con base en una matriz

de Leopold, con el fin de profundizar significados y contextualizar el fenómeno que se está trabajando.

2.7.3. Fuentes y técnicas de recolección de la información.

Como se trata de una revisión documental, las principales fuentes de información son: base de datos, Repositorios de Universidades Nacionales e Internacionales, Google Books e instituciones de análisis y estadísticas de impactos ambientales a causa de la producción y consumo de todos los tipos de plásticos, entre otras plataformas cuyo objeto es la búsqueda de trabajos de investigación, trabajos de grado, y demás.

Durante la investigación se encontraron trabajos de grado donde se explica de manera detallada los problemas ambientales que ocasiona el poliestireno expandido, para identificar los principales impactos y así filtrar las mejores alternativas de solución a esta dificultad que se ha venido presentado desde hace mucho tiempo.

Finalmente, serán visibles en unos apartados de este trabajo, la evaluación de las propuestas para la reducción de residuos de un solo uso por medio de herramientas de diagnóstico y los beneficios tanto económicos, sociales y medioambientales que tendrá la sociedad haciendo una buena ejecución de estos.

2.7.4. Cronograma de actividades.

Tabla 2.

Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	MESES							
	MARZO		ABRIL				MAYO	
	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 1	SEMANA 2
AMPLIACIÓN DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA								
AMPLIACIÓN MARCOS DE REFERENCIA								
ELABORACION DEL DISEÑO METODOLÓGICO								
DESARROLLO DEL CAPITULO 1								
DESARROLLO DEL CAPITULO 2								
DESARROLLO DEL CAPITTULO 3								
AMPLIACION DE INTRODUCCION Y JUSTIFICACION								
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES								

Nota: elaboración propia

3. Capítulo 2. Problemáticas relacionadas a los residuos de un solo uso (poliestireno expandido)

El primer capítulo se enfocará en el reconocimiento de los numerosos problemas ambientales, sociales, de salud y de incumplimiento legal, provocados por el consumo de poliestireno expandido en industrias como la construcción, alimentos y embalaje de electrodomésticos.

Tomando en consideración al EPS, este tipo de plástico es un material derivado del petróleo que está determinado como un recurso mineral no renovable, en virtud de que su regeneración es mucho más lenta en cotejo con el ritmo de consumo.

Según la Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje, et al. (s.f.) “se estima que entre un 5% y un 7% de la producción mundial de este recurso, es destinado a la producción de este material (p.20); es evidente que su consumo va provocando paulatinamente alteraciones en el medio ambiente y así mismo ocasionando su deterioro, sin posibilidad de restauración.

Por otro lado, en la producción del poliestireno expandido se utilizan los agentes espumantes con el fin de obtener una estructura espumada, según Téllez (2012) explica que “estos agentes actúan de diferentes maneras dependiendo del aditivo usado para su generación” (p. 26).

En el caso del icopor se usa habitualmente un agente espumante que contiene clorofluorocarbonos o CFC, los cuales son una sustancia segura, no inflamable y económica, la cual se usa como refrigerante para diferentes aplicaciones industriales, pero esta sustancia al entrar en contacto con la luz solar libera cloro afectando así la capa de ozono y a su vez contaminando el aire.

Dentro de los usos más frecuentes del EPS podemos encontrar la elaboración de entresijos, paneles, tejados, rampas, cubiertas entre otros, también como relleno de base estructural y para absorber el ruido que se produce del exterior en el caso de los edificios, por último. Es evidente que el poliestireno expandido es utilizado para múltiples propósitos lo cual ha llevado a plantearse como un grave problema a través del tiempo.

3.1. Problemáticas medioambientales

Ahora bien, uno de los métodos más eficaces para identificar el impacto ambiental que efectúan los productos, es el análisis del ciclo de vida del mismo, o también llamado eco balances, en estos se evalúa cada etapa de su vida útil, siendo así, se toma en consideración el consumo de energía, contaminación acuífera, atmosférica y residuos sólidos desechados después de su uso, etc.

Numerosos estudios demuestran que el EPS no representa una amenaza mayor para el agua, el aire, la tierra, etc., o que su impacto ambiental es comparable con el consumo de otros tipos

de plástico de un solo uso. Pero sin duda, representa una gran desventaja para la fauna marítima, siendo la que se ve más amenazada después del fin del ciclo de vida de este material por el mal manejo de los residuos.

Entonces, la manera en la que llega a afectar este material a los individuos que residen en estos ecosistemas, se da porque se producen al año al menos unas 100 toneladas de poliestireno expandido, de las cuales el 10% termina en el mar de distintas maneras. El problema radica en que este material no tiene un periodo de descomposición corto como otros tipos de plástico, sino por el contrario el EPS no tiene un periodo de degradación definida (Pérez, 2009).

De manera que las macropartículas que genera su descomposición son de difícil detección según el informe de Greenpeace, et al. (2019), sobre la situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente.

Los lugares que más se han visto afectados por la acumulación de residuos de un solo uso, son los océanos donde se estima que en un futuro existirán más de estos elementos que peces que allí habitan actualmente, afectando especies no solo endémicas sino migrantes de todo tipo, tanto en sus recorridos como en su dieta, causando incluso atragantamiento en muchas de ellas (p. 9).

Allí se desglosa una importante recopilación de estados, donde la exposición ultravioleta, la humedad y el calor derivan en un nuevo ciclo para estas partículas a través de su ingreso en la dieta de los animales y por consiguiente de los seres humanos quienes se alimentan de ellos; por ende “la comida de mar es la principal fuente de consumo de microplásticos, teniendo en cuenta que globalmente, estos alimentos proveen a casi tres billones de personas con el 20% de su consumo de proteína animal” (p. 10).

En Colombia, otro ecosistema de cuidado son los manglares, conexiones únicas y esenciales en el desarrollo de algunas especies, que se están viendo agobiadas por el estancamiento de materiales plásticos, sobre todo de poliestireno expandido que altera gravemente estos lugares, a estas conclusiones ha llegado el informe de situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente (p. 9).

Al profundizar el manejo de residuos sólidos, se tiene que una falla en la gestión de los rellenos sanitarios y demás sitios de disposición de basuras; la carencia de tratamientos técnicos e irregularidades, así como la falta de medidas correctivas hacia estos sitios son uno de los retos más grandes del país (sociedad, empresa, estado), donde se deben recabar en alternativas que contribuyan a reducir en gran medida el volumen de desechos; dado que la mezcla del icopor con otras sustancias incrementa los gastos de transformación (Téllez, 2012).

3.2. Problemáticas de salud

Dentro de la caracterización anterior se hizo hincapié en algunos problemas de salud asociados con el medio ambiente, sin embargo, en el presente acápite se ampliará la situación actual entre las sustancias químicas que contiene el EPS, y sus afecciones sobre el estado de las personas que entran en contacto con él.

Las sustancias químicas que contiene el EPS también provocan efectos sobre la salud de los seres humanos, debido a que está compuesto por diferentes aditivos que al ser expuestos a distintos cambios de temperatura provocan que el EPS libere componentes peligrosos a los alimentos y así mismo llegar al organismo de las personas, lo que afecta al sistema llegando a provocar enfermedades como el cáncer. Por esta razón diferentes entidades internacionales de salud como la Organización Mundial de la Salud (OMS) se han enfocado en estudiar este tipo de materiales, ya que aún no se tiene claro los efectos que provoca a largo plazo.

Dando claridad a la anterior problemática de salud y en base en el artículo Guerra al poliestireno en estados unidos (s.f) se puede decir que una de las causas más probables

“Es que el poliestireno se obtiene de la polimerización del estireno, y este compuesto puede migrar de los envases a los alimentos y así llegar a nuestro organismo, donde se metaboliza principalmente en estireno 7,8 óxido, un compuesto que está clasificado como genotóxico y carcinogénico”. (Anape, s.f, p.1).

3.3. Problemáticas sociales

Sumado a las problemáticas descritas, es importante anotar que el incremento en los asentamientos de las personas, en mayor medida a áreas urbanas, y a la ya referida dependencia para con los plásticos, traducido en el aumento de la industrialización y consecuentemente en la producción de desechos por causa de los mismos.

Las fallas en la planeación de grandes ciudades, como Bogotá, generan que el fenómeno de producción afecte en mayor medida, es decir, una ciudad que alberga más de ocho millones de habitantes, donde el consumo diario de plásticos es alto y por ende también de los desechos que se derivan (tanto en hogares como en las industrias), y que tiene un sistema ineficiente de separación de basuras y de igual forma de reducidas estrategias de aprovechamiento útil de estos elementos, causa que esta situación vaya adquiriendo la connotación de insostenible.

Esta situación se agrava si tenemos en cuenta la cantidad de población en condición vulnerable, personas y familias que como forma de ingreso se ocupan de la recolección y separación de los materiales y elementos objetos de esta investigación; quienes aducen que el poco ingreso que representa el EPS genera la poca recopilación y aprovechamiento, por lo que

el impacto negativo comienza una cadena larga y extensa de males para nuestros ecosistemas, redes hídricas, vegetación y seres vivos.

Se ha evidenciado que en Colombia existen aproximadamente 18.000 mil Recicladores, los cuales toman un papel muy importante durante el ciclo de vida de los productos materiales que generan algún servicio.

En su mayoría las personas que se dedican a esta labor viven en la extrema pobreza, por ello el gobierno ha implementado diferentes programas para reconocer el trabajo de esta población, sin embargo, uno de los problemas álgidos con el reciclaje del EPS es su alta voluminosidad y poca densidad, que se traduce en bajos ingresos y elevados gastos. Por eso es importante implementar estrategias o alternativas que generen beneficios a los diferentes actores que allí convergen.

3.4. Problemáticas legales

En cuanto a la parte reglamentaria, es necesario resaltar que algunos plásticos son menos contaminantes que otros, de modo que impera la necesidad de implementar control global y local de esta problemática que atenta en contra de la vida de millones de especies de fauna existente.

Los países, incluyendo Colombia, poseen leyes y políticas enfocadas al manejo de los residuos luego de su disposición final, pero su cumplimiento es insuficiente, llevando a provocar grandes daños ambientales.

En consecuencia, no es posible hablar de mitigación o producción limpia, dado que desde la propia fabricación del elemento en sí, no se contempla el uso que se dará después de desechado. Los canales de acopio, pueden ser una de tantas alternativas visibles para quienes, como consumidores y, muchas veces sin dimensionar el daño que se está causando, no los utilizan.

A causa de la mala gestión que se le ha dado a los residuos sólidos, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), expidió la resolución 1407 de Julio de 2019 “Por medio de 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”, para dar orden a todos los productores y comercializadores de empaques y envases incluidos de plástico, generar, implementar y sostener actualizado un plan de gestión para la devolución post-consumo, en el cual se debe incluir la alternativa de nuevo uso.

Estas entidades tienen como plazo hasta diciembre del 2020 para presentar dicho plan, y se estima que para comienzos del 2021 se debe dar inicio a la presentación de los informes sobre cumplimiento por metas ya establecidas. El no cumplimiento de lo anterior llevará a sanciones

por parte de la Asociación Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) establecidas en la ley 1333 de 2009.

Además, el Congreso de Colombia expide la Ley 1973 de 2019 “Por medio de la cual se regula y prohíbe el ingreso, comercialización y uso de bolsas y otros materiales plásticos en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina e Islas menores que lo componen, y se dictan otras disposiciones” se prohíbe el ingreso, comercialización o uso de cualquier tipo de plástico incluido el poliestireno.

De manera análoga, existe la resolución conjunta número 1558 de año 2019, “por la cual se prohíbe el ingreso de plásticos de un solo uso en las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales Colombia y se dictan otras disposiciones”.

De modo que, la legislación mencionada sirve para generar una cultura de no consumo de plásticos de un solo uso en el ancho del territorio, con el objeto de disminuir impactos e impartir educación ambiental a la población respecto al cuidado de los recursos con los que se dispone y que tienen fecha de caducidad.

Sin embargo, en muchos espacios naturales, turísticos y demás, la realidad contrarresta la buena intención plasmada en la mencionada normatividad, dado que están arraigados malos comportamientos, deficientes conocimientos en cultura ciudadana y conciencia ambiental.

Evidentemente en Colombia encontramos decretos y leyes que involucran la gestión de los residuos de un solo uso, lastimosamente son muy pocos los que inciden realmente en el uso, fabricación y disposición de residuos de EPS, entre estos el proyecto de ley (PL) No.035 del Congreso de la República de Colombia (2019) que actualmente se encuentra en debate, el cual teniendo como fin prohibir radicalmente todos los envases producidos con EPS como alternativa para reducir el impacto negativo que estos producen en el medio ambiente. Con base en este proyecto se han venido presentando otros similares con el mismo objeto.

Se puede señalar que otra iniciativa planteada con respecto a este tema es el PL No. 071 del Congreso (2019), el cual establece “una prohibición del uso y desecho de plásticos de un solo uso en áreas protegidas y 5 territorios naturales como humedales, páramos, ríos, playas, bosques, parques y reservas naturales”, pensando en proteger y conservar los ecosistemas y especies que se encuentran en estos lugares.

Igualmente, los proyectos No. 066 y No. 080 adoptan diferentes medidas para reducir medida el volumen de estos plásticos a través de la reutilización o transformación, para mejorar la calidad de vida.

Se aclara que los proyectos de ley anteriormente mencionados se encuentran suspendidos ya que se han realizado múltiples ajustes para poder someterlos a votación y por ende

sancionarlos. Es evidente que la normatividad es fundamental para extender la responsabilidad desde el productor hasta el recolector de este tipo de plásticos, a través de incentivos que promuevan la innovación y la investigación con la intención de seguir produciendo, pero mejorando los procesos de separación, aprovechamiento y tratamiento de residuos.

4. Capítulo 3. Iniciativas existentes para mitigar (recuperar) los residuos de un solo uso (poliestireno expandido)

En este capítulo desarrollaremos la descripción, análisis y comparación, a través de la herramienta *benchmarking*, de las 21 alternativas pre-seleccionadas que versan sobre el uso y reutilización del poliestireno; para lo cual, se identificaron diferentes parámetros para aplicar, estos fueron establecidos desde diferentes ángulos o áreas que permitieron su posterior evaluación.

Dicha evaluación se realizó mediante la calificación de las alternativas de 1 a 10, siendo 1 con menor impacto y 10 con mayor impacto; este mecanismo apreciativo permitió escoger siete alternativas por su trascendencia. A continuación, se plasma el proceso ya descrito:

4.1. “Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado”

Esta iniciativa, formula a través del EPSr (Poliestireno expandido *reciclado* “r”) obtenido principalmente del embalaje de equipos, el desarrollo de una resina que permite al papel Kraft conseguir una mayor firmeza manteniendo su capacidad de flexionarse; esto a partir de la aplicación de una a tres capas para luego hornearlo y de esta forma lograr una nueva aplicación del EPS. Esta resina se usó en madera como barniz con el fin de discutir otros posibles usos. Aun así se decantó su aplicación para el cartón tipo Kraft, debido a que adquirió resistencia a la humedad, lo que facilita el transportar de mariscos congelados, entre otros. Esta resina no solo ayuda con este aspecto, sino que genera una mayor flexibilidad y estabilidad en la fuerza de presión, en este trabajo se concluyó que:

(...) el estudio desarrollado del papel Kraft con la resina de poliestireno reciclado, se puede asumir de buena afinidad, reflejado en el aumento de propiedades con la interacción de la matriz/fibra del arreglo. Pruebas mecánicas a tensión mostraron potencial en el aprovechamiento del EPSr como resina aplicada en papel, con aumentos significativos de resistencia y deformación, donde la primera capa de la resina fue la que logró el aumento de propiedades más importante, comparado con las otras dos capas aplicadas posteriormente (Carrillo, et al. 2014).

Teniendo claro el proceso utilizado por esta alternativa, se muestra a continuación su *benchmarking*:

Tabla 3.

Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Aumentos de espacios libres de eps en rellanos sanitarios. Disminución de la contaminación visual. Disminución de contaminación atmosférica que se genera por la quema del poliestireno al aire libre.	- Para la fabricación de estos aceites orgánicos (limoneno) muchas veces se utilizan diluyentes de origen sintético o derivados de petróleo y por lo tanto pueden poseer efectos secundarios.	- Empresas de electrodomésticos y afines que generan residuos de EPS - Comunidad cercana a los botaderos de basura por disminución en contaminación visual - Consumidores de electrodomésticos - Comerciantes y transportadores de mariscos y pescados que se transporten en caja	Eps post-consumo proveniente de embalaje de electrodomésticos	Económico: Disminución de costos a transportadores de mariscos. Generación de ingreso a recicladores. - Social: Disminución de contaminación visual en espacios de botaderos de desechos. Adaptación de la cultura del reciclaje para los consumidores de electrodomésticos. Ambiental: Aprovechamiento de espacios en rellenos sanitarios, disminución de varios tipos de contaminación.	Si	Si	5

Nota. Elaboración propia

4.2. “Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo”

En esta iniciativa, para el desarrollo del recubrimiento se utilizó una cantidad constante de octoato de cobalto como aditivo y distintas cantidades de poliestireno expandido reciclado, limoneno, dióxido de titanio y óxido de zinc como ingredientes complementarios; de esta forma se realizaron un total de 16 formulaciones con estos componentes, poniéndolos a prueba y escogiendo la más óptima; inicialmente se aplicó a tres tipos de placas metálicas y se comparó con un anticorrosivo comercial en una cuarta placa metálica.

Estas cuatro placas fueron ingresadas a una cámara de niebla salina durante un periodo de 125 horas. Transcurrido este tiempo se evaluó el nivel de herrumbre y manchas de corrosión sobre las placas; se observó que de las 16 preparaciones hubo 6 que no presentaron índices elevados de oxidación (aproximadamente un 10%, de las 6), junto con una preparación que mostró los mejores resultados anticorrosivos; mientras que las pruebas realizadas con el anticorrosivo comercial mostraron un 50% de corrosión, haciendo más efectivo el anticorrosivo elaborado a base de EPS.

A continuación, se presenta en Benchmarking de esta propuesta:

Tabla 4.

Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
Disminución de usos químicos y uso de compuestos vírgenes para obtención de anticorrosivos de tipo debido a que el aditivo usado en el recubrimiento de EPS, es natural (Limoneno). Disminución de desechos de materiales metálicos corroídos, ya que dicho recubrimiento aumenta su vida útil. Disminución de contaminación visual de desechos sólidos como (EPS, Residuos metálicos)- Aprovechamiento de EPS post-consumo obtenido de cualquier industria.	- En el momento de la aplicación del anticorrosivo a las placas metálicas, este líquido puede tener contacto con el suelo, agua o aire, generando así un efecto contaminante por los compuestos de fabricación.	- Industria metalmecánica - Recicladores	- Eps post-consumo de cualquier industria	Económico: Disminución en gastos para industria metalmecánica al evitar la renovación de la flota y alargando la vida útil de los elementos. -Reducción de extracción de elementos vírgenes no amigables con el medio ambiente. Social: Generación de empleo par recicladores.	Si	Si	6

Nota. Elaboración propia

4.3. “Reformulación de una pintura a base de poliestireno expandido reciclado”

Mediante el diseño de una pintura a base de EPSr, este proyecto "mostró un cumplimiento con los parámetros de compatibilidad establecidos para la producción de pinturas, sí como la adherencia en superficies, textura, resistencia a la deformación, viscosidad y acabado sobre las superficies" (Alvarado, et al. 2019, p. 1), para la obtención de este material fue necesario realizar disolución precipitación. La materia prima se obtuvo de "poliestireno expandido generado en las calles y basureros" (p. 2); con esto se buscó "reducir costos de producción a escala industrial, así mismo la utilización de solventes que no dañen el ambiente, sean baratos y que tengan la capacidad de disolver al unicel" (p. 2). Se relaciona el respectivo Benchmarking:

Tabla 5.

Reformulación de una pintura a base de poliestireno expandido reciclado

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
<ul style="list-style-type: none"> - Disminución en usos de solventes perjudiciales para el medio ambiente. - Disminución en la contaminación visual al ser recuperado de calles y botaderos de basura. - Disminución en la contaminación hídrica y alimentaria. - Química verde o sustentable 	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> - Industrias de pinturas y solventes. - Recicladores 	<ul style="list-style-type: none"> Eps post-consumo obtenido en calles y basureros 	<p>Económico: Reducir costos de producción a las industrias de pintura y también aumento de ingresos a los recicladores.</p> <p>Ambiental: Disminución en la contaminación tanto visual como hídrica provocados por el poliestireno expandido.</p> <p>Social: Alternativas de pinturas amigables para el medio ambiente para la sociedad</p>	Si	Si	7

Nota. Elaboración propia

4.4. “Recuperación del poliestireno expandido (EPS) con aceite esencial de naranja”

Por medio de procesos y mezclas del EPSr con aceite esencial de naranja se buscó la disolución de los desperdicios y residuos de EPS para con ello mitigar su impacto en el medio ambiente. El autor de este proyecto llegó a la conclusión que se debe mezclar "(...) el 50% de aceite y 50% de poliestireno para lograr su disolución sin generación de residuos" (p. 60) y agrega Lozada (2017) que, "El tiempo empleado en el proceso de recuperación total del poliestireno expandido, evaluado en la muestra idónea M4 en aceite esencial de naranja fue de 20.2 minutos, considerado por la evaluación de la muestra 1:1 siendo esta proporción la ideal de la investigación" (p. 25). En la tabla 6 se encuentra el Benchmarking:

Tabla 6.

Recuperación del poliestireno expandido (EPS) con aceite esencial de naranja

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	de Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Recuperación de un pequeño porcentaje de poliestireno expandido en los vertederos. - Solvente natural (Aceite de naranja).	No aplica	- Recicladores y centros de acopio	- Eps post-consumo de embalaje y empaques.	Económico: Puede haber una generación de ingresos para los recicladores. Social: Puede haber una inclusión por parte de gobierno para involucrar tanto a consumidores como recicladores. Ambiental: Optimización de espacios en los vertederos, rellenos y demás.	Si	No	3

Nota. Elaboración propia

4.5. “Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus posibles aplicaciones”

Esta investigación realizada por estudiantes de Diseño de la Universidad de la República de Uruguay, buscaba darle una nueva utilidad a los residuos de EPS, decidieron trabajar con un 50% de material destinado a la construcción y el otro 50% destinado al empaque de productos alimenticios. Allí se optó por mezclar mediante procesos físicos y mecánicos de laboratorio el EPS con los solventes Metil etil cetona (MEC) y acetona para lograr su objetivo; estos materiales son económicos y se consiguen de manera fácil en el mercado.

Con estas pruebas se quería buscar un material plástico y a la vez sólido estructuralmente. En su primera fase de disolución fue evidente en el vertimiento y secado la formación de burbujas; para solucionar esto se procedió a la eliminación de las mismas por medio de adición de cargas de aserrín y arena reduciendo casi en su totalidad el aire retenido en el material. De esta manera se definió el aserrín y la acetona como los elementos más adecuados para la realización de un nuevo material a base de EPSr. Luego de este proceso y al encontrar un nuevo material resistente se enfocaron en idear aplicaciones pertinentes; después de varios procesos de transformación dispusieron que era adecuado como insumo para el desarrollo de mobiliario urbano sustituyendo la madera o el concreto. Continuando con la estructura de los numerales anteriores, se presentarán a partir de este punto, la descripción de las alternativas y las tablas de los Benchmarking:

Tabla 7.

Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus posibles aplicaciones

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de contaminación visual por los desechos de EPS de la construcción al ser aprovechados para el nuevo material. - Uso de materiales naturales y orgánicos (aserrín, acetona y arena) y no compuestos químicos perjudiciales para el medio ambiente para la disminución de la densidad del EPS. - Disminución de contaminación hídrica por el aprovechamiento de los residuos de EPS usados en la industria alimenticia. 	<ul style="list-style-type: none"> - En la fabricación de las banquetas y mobiliarios, el uso del Metil etil cetona, puede ser inflamante si no se usa de manera controlada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Industria de la construcción al tener una alternativa de uso del EPS que les representa una utilidad nula. - Industria de los alimentos al tener una alternativa de contribuir con el aprovechamiento de sus desechos de envase. - Sociedad y comunidad al tener la posibilidad de disfrutar de nuevos mobiliarios (parques públicos, banquetas, etc.) elaborados con productos reciclados en su sector. - Recicladores al tener la posibilidad de venta del EPS encontrado en los sitios a los que acuden para la obtención de desechos reutilizables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Eps post-consumo obtenido de la industria de la construcción y alimentaria. 	<p>Económico: La realización de este proyecto es económico para aquel que lo tome como un proyecto personal, debido a que sus materiales son de fácil acceso en el mercado y adicionales son económicos, mejora la calidad de vida de las partes involucradas.</p> <p>Ambiental: Disminuye la contaminación ambiental por el aprovechamiento de residuos sólidos como el EPS, Aserrín y Arena.</p> <p>Social: Mejora la calidad de vida de aquellos sectores en los que se implementa el mobiliario.</p>	Si	Si	10

Nota. Elaboración propia

4.6. “Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje”

La pregunta de investigación que plantea Agudelo, et al. (2017) es:

(...) ¿Cuál es el proceso de reciclaje de EPSd más adecuado, según las condiciones locales y regionales, que permita transformar este poliestireno expandido desechado en materia prima de segunda mano para nuevos productos y en consecuencia contribuya a la disminución del impacto medioambiental y social del EPS? (p. 8).

Dentro de su investigación se hace un compilado de diferentes alternativas tanto de reciclaje, como de alternativas de uso del EPSr, es importante rescatar que escoge “(...) el diseño de proyecto de resina/aditivo a partir de EPSd y dlimoneno es innovador, pertinente, urgente, podría ser sostenible y económicamente viable” (p. 11). Esta alternativa trabaja estos tres temas, fabricación del compuesto de EPSd con d-limoneno, diseño de pintura anticorrosiva con compuesto de EPSd con d-limoneno y re-diseño de asfalto 60/70 modificado con compuesto de EPSd disuelto con d-limoneno:

Tabla 8.

Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
<ul style="list-style-type: none"> - Reutilización de desechos de EPS de cualquier industria - Mejoramiento de vías en mal estado a partir del asfalto creado a base de EPS, podría evitar derrumbes y demás accidentes geológicos. - Disminución en los usos de anticorrosivos industriales que perjudiquen el ambiente, pues existe la alternativa de reemplazo a partir de la pintura anticorrosiva creada a base de EPS. 	<ul style="list-style-type: none"> - En la aplicación de la pintura anticorrosiva puede haber algún contacto con el suelo, agua o aire y este genera un efecto contaminante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Recicladores - Industria metalmecánica - Industria vial o de carreteras - Comunidad en la que se aplican los proyectos 	<ul style="list-style-type: none"> - Eps - post-consumo de cualquier industria. 	<p>Ambiental: Reutilización y reciclaje de desechos de EPS abandonados en espacios poco adecuados.</p> <p>Social: Mejoramiento del estilo de vida de las comunidades</p>	SI	Si	10

Nota. Elaboración propia

4.7. “Síntesis y caracterización de la mezcla polipropileno poliestireno expandido (Icopor) reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes”

En esta investigación de Betancourt y Solano (2016) se "sintetizó y caracterizó un material obtenido a partir de la mezcla polipropileno puro-poliestireno expandido (EPS) (icopor) reciclado como una alternativa de aprovechamiento para el icopor dentro del proceso de fabricación de autopartes a modo de sustituto de la fibra de vidrio en el proceso de producción" esto se realizó porque existían pocos estudios de mezcla entre el EPS y el polipropileno, usándose siempre fibra de vidrio. En este caso la adición de PP y EPSr se hizo a través del medio de inyección:

Tabla 9.

Síntesis y caracterización de la mezcla polipropileno poliestireno expandido (Icopor) reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Reutilización del Eps de la industria de electrodomésticos - Disminución de desechos de poliestireno expandido - Control y disminución de material virgen (en este caso fibra de vidrio)	La utilización del polipropileno (derivado del petróleo) es alto contaminante a futuro como residuo, lo que puede llegar a generar problemas más graves de contaminación en el ambiente	- Recicladores - Industria metalmecánica y de autopartes - Consumidores de autopartes	- Embalaje de electrodomésticos EPS	Económico: disminución de costo de autopartes por el nuevo componente. Agilización de la economía de autopartes. Social: Uso de materiales alternativos y provenientes de fuentes de un solo uso (desechables), sacando provecho máximo de elementos como el EPSr. Ambiental: Reincorporación del poliestireno en la cadena productiva, minimizando los impactos negativos que este tiene en el medio ambiente	Si	Si	7

Nota. Elaboración propia

4.8. Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón

Alternativa que empleó el 25% de los residuos de EPS provenientes principalmente del embalaje de los equipos electrónicos del municipio de Holguín, como sustituto del polvo de piedra, se confeccionaron bloques con perlitas de EPS, en sustitución de los áridos de origen natural; se hicieron de tres tipos, uno con el 0% de perlitas de EPS, otro con el 15% y el último con el 25%, fueron ensayados a compresión, absorción, dimensión y masa por 28 días.

Las muestras de bloques ensayadas a compresión axial a los 28 días, para cada dosificación, revelaron resistencias superiores a lo proyectado, considerado por el autor como la principal conclusión; sin embargo la sustitución del 25% es la de mayor impacto ambiental y económico. Con la implementación de los residuos en la producción de bloques, se logra reducir la cantidad de áridos de origen natural en un 25 % y se podría contribuir a mitigar el impacto negativo que ejercen los mismos sobre el medio ambiente:

Tabla 10.

Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
<ul style="list-style-type: none"> - Disminución en la explotación de piedra para la creación del compuesto "Polvo de piedra". - Disminución del 25% (consumo de áridos en el sector) de daños ambientales causados por el uso en de áridos de origen natural en la construcción (edificación e infraestructura). - Disminución de desechos de EPS post-consumo. 	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> - Recicladores. - Industria de la construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> Eps consumo obtenido de embalaje equipos electrónicos 	<ul style="list-style-type: none"> post-del de <p>Económico: Reducción de gastos en la elaboración de los bloques de hormigón para aquellas organizaciones que hagan uso de la alternativa.</p> <p>Ambiental: Disminución del impacto ambiental negativo por causa del uso de áridos de origen natural.</p> <p>Social: Generación de beneficios para la población recicladora, y mejor calidad de vida para las personas que viven en edificaciones hechas de bloques huecos de hormigón a base de EPS, debido a que este cumple con muchas características como aislante térmico y acústico.</p>	Si	Si	10

Nota. Elaboración propia

4.9. Idea-Tec: organización que ofrece pinturas y recubrimientos de varios colores para pisos y muros a base de poliestireno expandido reciclado

Es una empresa que se encarga de reciclar el EPS, para transformarlo en pinturas y recubrimientos. Actualmente, Idea-tec ya ha reciclado más de 12 Ton de plumavit (denominación del EPS en Chile) lo que es equivalente a más de 43.500 m² de superficie pintada. También ofrecen al mercado pinturas de pisos, tráfico y muros; además de sellos vitrificantes con contenido de EPSr. Esto les permite contribuir a la sustentabilidad medioambiental, y a la responsabilidad social empresarial:

Tabla 11.

Idea-Tec: organización que ofrece pinturas y recubrimientos de varios colores para pisos y muros a base de poliestireno expandido reciclado

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Disminuye el volumen de residuos de EPS tanto en vías públicas como de los rellenos sanitario. - Disminución de las reservas del petróleo por el uso de material PET virgen. - Reducción del consumo de energía por fabricación de poliestireno expandido reciclado.	No aplica	-Sector de la construcción. - Recicladores - Industrias de pinturas - Alianzas con otras organizaciones para comprar el EPS que genera su actividad.	Eps post-consumo de cualquier industria	Económico: Generación de ingresos a empresas que obtienen un alto volumen de EPS y también para los recicladores. Ambiental: Disminuye el volumen de residuos de EPS en las calles y en fuentes hídrica. Social: - Incentivar a las industrias y a los ciudadanos la cultura del reciclaje. - Genera empleo.	Si	Si	6

Nota. Elaboración propia

4.10. Reutilización del EPS como abono de suelos

Algunas industrias reutilizan el EPS durante su canal de distribución, por ejemplo, los viveros que consumen semilleros en EPS, y tras la utilización los trituran y los mezclan con el terreno, como agente acondicionador del suelo, mejorando de esta forma su aireación y drenaje.

Tabla 12.

Reutilización del EPS como abono de suelos

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Recuperación de un pequeño porcentaje de poliestireno producido por el Sector agrícola. - Nuevas alternativas para nutrir y drenar los suelos ofreciendo mejores condiciones para los cultivos a partir de un residuo.	- En el largo plazo proporciona un impacto negativo a los suelos con los que se mezclan estas burbujas de icopor, puesto que empieza el periodo de degradación y así mismo a soltar los químicos con los que está elaborado, contaminando así el suelo y el agua del subsuelo, terminando en acuíferos.	Sector agrícola ya que tiene nuevas alternativas de abonos para mejorar su productividad.	Semilleros de poliestireno expando utilizados por los viveros	Social: Disminución de gastos para empresas o personas dedicada al sector agrícola ya que tienen una nueva alternativa para reutilizar este producto. Ambiental: -Mitigar el impacto ambiental que provoca este tipo de material a la atmosfera, fuentes hídricas y a los animales. - Nuevas alternativas para mejorar los suelos a un bajo costo.	- Si	No	4

Nota. Elaboración propia

4.11. Fundación Verde Natura: “eco reglas y eco postes”

Este modelo de gestión, está basado en la innovación, la sostenibilidad y la búsqueda de la eficiencia medioambiental y económica. Con la realización de este proyecto, se ha logrado obtener EPS post-consumo a más de 500 toneladas recuperadas, aproximadamente 46.000 m³ de espacio preservado en rellenos sanitarios, ayudando a alargar su vida útil. Se ha evitado la quema y la disolución en químicos del Icopor, evitando terribles efectos medio ambientales incuantificables.

Se está generando enormes ahorros energéticos, de agua, petróleo y a su vez se evita la emisión de gases de efecto invernadero. El material proveniente de constructoras y laboratorios y otras empresas que lo usen. Las reglas (como material de estudio) son elaboradas a base de la resina del material; lo mismo que los postes, contribuyendo con la preservación de los árboles, pues no absorben ni retienen humedad, no se descomponen y pueden estar totalmente inmersos en agua, se pueden lavar, esterilizar y pesan menos que los postes de concreto:

Tabla 13.

Reglas ecológicas, proyecto denominado eco regla, y postes de electricidad, denominados eco postes.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Disminución de gases de efecto invernadero. - Disminución de la tala de árboles para la creación de postes convencionales. - Disminución en el consumo de agua, energía y petróleo. - Aproximadamente 46.000 m ³ de espacio preservado en rellanos sanitarios. Más de 500 toneladas de icopor recuperado en Colombia.	No aplica	- Industria de la electricidad. - Sector de la educación y demás población que use reglas como útil escolar. - Recicladores	- Eps post-consumo proveniente de constructoras y laboratorios, entre otras.	Económico: Ahorro en gastos para las industrias de electricidad u otras que hagan uso de postes consistentes. Ambiental: Disminución en la tala de árboles, consumo de agua, energía y petróleo. Social: Disminución en contaminación visual a causa de las aglomeraciones de EPS desechado en espacios no aptos.	Si	Si	10

Nota. Elaboración propia

4.12. “Aislación térmica alternativa, reutilizando poliestireno expandido de descarte, orientado a las necesidades de Cooperativas de Reciclado”

Enfocados en viviendas de interés social y autoconstruidas, con fines a mejorar la calidad de vida de las personas que lo conforman y que pertenece a bajos niveles socio-económicos; se recupera el EPS, se tritura y es incluido en los moldes junto con el concreto para la creación de un aislante higro-térmico e implementarlo en paneles aislantes.

El proyecto es realizado por el “Consejo Social de la Universidad Nacional de La Plata (CS-UNLP) y de Cooperativas de Reciclado y trabajo de la región” en La Plata, Argentina. Los beneficios que se obtienen de la creación de este proyecto son mejoramiento de las condiciones térmicas e higrófugas del espacio habitable, reducción del consumo energético necesario para climatización del aire, disminución de las emisiones de poluentes a la atmósfera por quema de combustibles fósiles (gas, leña, otros combustibles líquidos, utilizados) y aumento de la calidad de vida y salud de los habitantes:

Tabla 14.

Aislación térmica alternativa, reutilizando poliestireno expandido de descarte, orientado a las necesidades de cooperativas de reciclado

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Reducción del consumo energético necesario para climatización del aire. - Disminución de la emisiones de poluentes a la atmósfera, por quema de combustibles fósiles (gas, leña, otros combustibles líquidos, utilizados).	No aplica	- Comunidades de bajos niveles socio-económicos y que cuentan con vivienda de interés social. - Recicladores.	- Eps post-consumo proveniente de cualquier industria.	Económico: Se obtiene un panel higratérmico para una comunidad a muy bajos costos que representa altos beneficios. Ambiental: Disminución de consumo energético y quema de combustibles fósiles. Social: Aumento de la calidad de vida y mejora de salud de la comunidad en la que se aplica el proyecto.	Si	Si	10

Nota. Elaboración propia

4.13. “Diseño de un sistema de descanso a partir del reproceso del poliestireno expandido industrial desechado”

Después de hacer un recorrido de información relevante acerca del EPS y describir sus usos (apuntando a la industria de la construcción como uno de los grandes consumidores) y sus formas de reciclaje, en esta investigación se propone realizar mobiliario, a partir de los desechos de EPS; siguiendo la tendencia al respecto que actualmente se sitúa en muebles pequeños, livianos e innovadores, este último, incluye los elementos de fabricación (tendencia verde).

Siguiendo la línea del eco-diseño han optado por la fabricación de sistemas de descanso para el hogar, tomando el EPSd como materia prima a través de la transformación por medio de vapor caliente; después de realizar pruebas al nuevo material recuperado se llegó a la conclusión de que su mercado objetivo son los jóvenes y los adultos contemporáneos, por algunas desventajas que presenta (flexión y durabilidad por presión):

Tabla 15.

Diseño de un sistema de descanso a partir del reproceso del poliestireno expandido industrial desechado.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Disminución de diferentes tipos de contaminación que produce el EPS: atmosférica, por los gases emitidos durante quemas: hídrica y alimentaria, por los desperdicios que disminuirán en lugares como ríos, mares o manglares; del suelo, debido a la reducción de material EPS en rellenos y demás.	No aplica	- Industria de muebles y diseño de los mismos - Industria de telas y confección, quienes directamente se utilizan en la fabricación de muebles Recicladores o centros de acopio Población joven y adultos contemporáneos	- Desperdicio de EPS destinados a la construcción	Económico: Disminución de costos para los fabricantes de muebles. Se debería revisar el sector de espumas y rellenos Social: Contribución al buen descanso a través de estos elementos Ambiental: Disminución de residuos de EPS provenientes de la construcción, lo que se traduce en unos contaminación.	Si	Si	7

Nota. Elaboración propia

4.14. “Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso en la construcción”

En este proyecto realizan una serie de muestras con tres componentes básicos: yeso o escayola, agua, residuos de EPS en distintas proporciones, con el fin de aplicarlas en la fabricación de muestras de placas y paneles similares a los usados en la construcción. Este modelo permite la disolución del EPS con otros componentes, demostrando ventajas respecto de las placas comerciales, porque permite la pérdida de peso y tiene excelente resistencia al fuego, lo que ofrece una opción válida y atractiva para construcciones, especialmente para muros interiores:

Tabla 16.

Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso en la construcción.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
<ul style="list-style-type: none"> - Dar un nuevo uso a plásticos que contaminan el medio ambiente por su mala disposición. - Disminución de contaminación visual provocados por el EPS. - Decrecimiento en el uso de recursos no renovables como el petróleo. - Ahorro de energía ya que es una alternativa donde se recicla por medio de diferentes sustancias. 	<p>El yeso ya que proviene de una piedra, a futuro se puede evaluar otras alternativas para cambiar este material.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - La industria de construcción. - Recicladores. 	<p>EPS Post-consumo de embalaje y empaques.</p>	<p>Social:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nueva alternativa de aglomerados para aplicarla a las placas y paneles que se usan en la construcción. - Con esta nueva mezcla reduce el peso de las placas y paneles reduciendo costos en su traslado. - Posibles ingresos para los recicladores. - Al emplear este tipo de innovaciones se genera más empleo impulsando al país. <p>Ambiental:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reutilización de poliestireno expandido provenientes de envases y embalajes arrojados en lugares no adecuados. 	Si	Si	6

Nota. Elaboración propia

4.15. “Obtención de aglomerados a partir de la reutilización del poliestireno expandido y papel post-consumo”

El objetivo principal de esta iniciativa fue obtener un aglomerado en forma de láminas, utilizando como solución polimérica el EPS post-consumo disuelto en xileno y papel periódico post-consumo como fibra; con el fin de reemplazar las láminas de madera que son utilizadas como tableros, divisiones, pisos y techos entre otros, al ser de bajo costo y fácil acceso a la comunidad en general, así se ayuda a disminuir la tala de bosques.

La oportunidad de obtener nuevos compuestos como los aglomerados, nace de la idea de elaborar madera plástica a partir de materias primas post consumo (Icopor y papel periódico), que permitan tener una fuente de inversión y no logren producir grandes cantidades de desperdicio. Este aglomerado es impregnado en láminas para posteriormente pasar a la etapa de secado y finalmente proceder a realizar el moldeado a través de una prensa hidráulica:

Tabla 17.

Obtención de aglomerados a partir de la reutilización del poliestireno expandido y papel post-consumo.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Esta alternativa da la posibilidad de reciclar dos materiales que son muy usados en la vida diaria el poliestireno expandido y el papel periódico, por el cual reduciría los daños provocados por estos. - Generan un proyecto innovador ya que las láminas son elaboradas con papel periódico lo cual puede ser una excelente alternativa para reemplazar la madera y así ayudar a disminuir la tala de árboles.	No aplica	- La industria de la construcción. - Recicladores. - Empresas dedicadas a la elaboración de tableros aglomerados.	EPS post-consumo de cualquier industria	Social: - Es un proyecto que incentiva el reciclaje, ya que son desechos muy fáciles de adquirir y a un bajo costos. - Para las empresas dedicadas a la elaboración de tableros aglomerados puede ser una excelente opción ya que reduciría los costos de producción. - Es un proyecto que le apunta a la sostenibilidad. Ambiental: - Reducción de la deforestación. - Reducción de EPS en los botaderos, calles, fuentes hídricas, entre otros	- Si	Si	9

Nota. Elaboración propia

4.16. “Evaluación para la obtención de un recubrimiento con resina a base de poliestireno expandido reciclado a nivel laboratorio”

Estrategia enfocada en el diseño de un recubrimiento, conformado en su mayoría por EPS proveniente de los residuos de embalaje, envases de comida y de la construcción; Usando como disolvente el d-limoneno, por ser un componente que proviene principalmente de las cascara de los cítricos, el cual reduce el volumen del EPSr sin alterar su peso; lo mezclan con aditivos y pigmentos para obtener el recubrimiento deseado. Su efectividad se demostró al aplicarlo a unas láminas de Eterboard, donde se evidenció que la resina obtenida cumple las expectativas y que representa a su vez un bajo costo para su producción:

Tabla 18.

Evaluación para la obtención de un recubrimiento con resina a base de poliestireno expandido reciclado a nivel laboratorio.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Aplican un solvente (d-limoneno) de manera natural y biodegradable cumpliendo con las normativas del medio ambiente. Aprovechamiento de EPS post-consumo obtenido de cualquier industria. Disminución en la contaminación atmosférica y vertimientos hídricos	- Para la fabricación de estos aceites orgánicos (limonelo) se utilizan diluyentes de origen sintético o derivados de petróleo y por lo tanto pueden poseer efectos secundarios	Industrias de pinturas y solventes. Recicladores	Se emplearán dos tipos de poliestireno expandido reciclado, poliestireno expandido liviano procedente de puestos de comida ambulantes que utilizan platos desechables de este material y residuo de poliestireno expandido reforzado donado por el depósito de construcción	Económico: - Posibles ingresos a las industrias de pintura y también aumento de ingresos a los recicladores. - Disminución de costos en la producción de pinturas. Ambiental: - Disminución en la contaminación tanto visual como hídrica provocados por el poliestireno expandido. Social: - Alternativas de pinturas amigables para el medio ambiente.	Si	Si	5

Nota. Elaboración propia

4.17. “Estudio para la elaboración de emulsiones a partir de poliestireno expandido post-consumo”

A través del reciclaje fisicoquímico, en el cual se utiliza el xileno, se obtiene una sustancia sumamente viscosa del EPS, esta se puede implementar en emulsiones con buena estabilidad. A esta emulsión se le agregaron ingredientes para obtener una pintura, sustancias como coalín blanco para darle brillo y opacidad, pigmentos minerales para darle color (Morado, rojo y verde) y aceite de linaza para darle una textura plastificante. Durante el proceso investigativo, la obtención de estas pinturas fue puesta a prueba en la aplicación a telas, madera, arcilla y cartón, mostrando que las tres pinturas fueron más efectivas en la tela que en las demás superficies y que las pinturas verde y roja presentan los mejores resultados en todas las superficies:

Tabla 19.

Estudio para la elaboración de emulsiones a partir de poliestireno expandido post-consumo.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
<p>- Pinturas que no utilizan sustancias químicas y compuestos volátiles que perjudican al medio ambiente.</p> <p>- Disminución de contaminación hídrica por el aprovechamiento de los residuos de EPS usados en la industria.</p> <p>- Propone una alternativa de reciclaje que ofrece menos impactos negativos, ya que reduce el uso de fuentes hídricas y energía.</p>	No aplica	<p>- Industria textil.</p> <p>- Industrias que produzcan Cartón y Madera.</p> <p>- Recicladores.</p>	EPS post-consumo de cualquier industria.	<p>Social:</p> <p>Reducción de costos de producción para las industrias encargadas de producir cartón, madera y textiles.</p> <p>Alianzas con organizaciones que desechan Poliestireno expandido.</p> <p>- Oportunidad de beneficiar a los recicladores.</p> <p>Ambiental:</p> <p>Disminución en el uso de químicos que perjudican al medio ambiente y a la salud.</p> <p>Mitigación del uso de energía, agua y tecnología.</p>	- Si	Si	7

Nota. Elaboración propia

4.18. “Elaboración y caracterización físico-mecánica de pre-pregs utilizando poliestireno expandido post-consumo reforzado con fibras de fique”

El proceso del nuevo producto desarrollado por estudiantes de la Universidad Industrial de Santander, apunta a la creación de un nuevo producto mediante la utilización del eps post-consumo obtenido del embalaje de electrodomésticos; este es disuelto en tolueno, con el fin de acoplarlo a las fibras de fique, la aplicación se hacía a través de una prensa hidráulica, la cual funcionaba a una temperatura de 130 °C y una presión de 60Kg/cm² durante 15 minutos cada una, con la finalidad de que el nuevo material muestre una mayor resistencia mecánica (dureza, flexión, tensión, densidad, ignición, resistencia medioambiental y resistencia a soluciones químicas):

Tabla 20.

Elaboración y caracterización físico-mecánica de pre-pregs utilizando poliestireno expandido post-consumo reforzado con fibras de fique.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Disminución en el consumo de agua, energía y petróleo. - Reducción de EPS en lugares pocos adecuados. - Disminución en la contaminación visual (calles y botaderos).	Puede generar un impacto negativo por el tolueno ya que proviene de los hidrocarburos es decir derivado del petróleo	- Industria de los compuestos. - Recicladores	Proviene del uso de embalaje de electrodomésticos que se encuentran en los basureros.	Social: - Nuevos proyectos que dan la posibilidad de vender una materia prima producida por el campo colombiano, así mismo generando ingresos a los campesinos. - Generación de empleo mejorando la calidad de vida de muchas personas. Ambiental: - Disminución en la contaminación visual y ambiental.	Si	Si	7

Nota. Elaboración propia

4.19. “Impermeabilizante ecológico "VIDI": Cuidando el mundo vs el unicef”

Propuesta para la elaboración de un impermeabilizante a base de EPS, mediante la degradación de diferentes compuestos químicos, el impermeabilizante “VIDI”, es un producto que permite contribuir en el reciclado de materiales contaminantes el medio ambiente y es altamente efectivo en su aplicación como impermeabilizante. Para el desarrollo del proyecto realizan una recolección de vasos y platos desechados, los cuales fueron lavados y secados previo retirar los residuos, fueron cortados en pedazos pequeños y combinados con gasolina, acetato de etilo y el óxido ferroso, para luego ser agitados hasta el punto en que se degrada el poliestireno; estando lista la mezcla se le agrega tezontle. Se realizaron las respectivas pruebas aplicando este líquido a un ladrillo y se evidenció que no permitía el paso del agua:

Tabla 21.

Impermeabilizante ecológico "VIDI": Cuidando el mundo vs el unicef.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Disminución de impermeabilizantes que perjudican al medio ambiente y a la salud por sus componentes tóxicos. - Alternativa para incentivar el reciclaje con el fin de implementarlo a un nuevo uso. - Disminución en la contaminación atmosférica y visual provocados por este tipo de plásticos.	Uso de componentes químicos (gasolina, acetato de etilo y el óxido ferroso)	- Recicladores. - Industria de la construcción. - Sociedad.	- Eps post-consumo obtenido de la industria alimentaria.	Económico: Nuevas posibilidades de impermeabilizantes para la industria de la construcción a un costo menor a los que encuentra en el mercado. Social: - Impermeabilizante útil para cubrir goteras, grietas, hendiduras que se presentan día a día. - Productos innovadores que van enfocados a la sostenibilidad. Ambiental: - Disminuye la contaminación ambiental. - Este proyecto incentiva el reciclaje.	Si	Si	5

Nota. Elaboración propia

4.20. “Post-consumo de poliestireno expandido y sierras de pinus elliottii”

Este trabajo investigativo hace un material más resistente al aumentar las propiedades mecánicas del EPS, (Poletto, et al. 2010) y donde se concluyó que este nuevo material "se utiliza para hacer compuestos EPS post-consumo con aserrín" (p.8):

Tabla 22.

Post-consumo de poliestireno expandido y sierras de pinus elliottii.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Disminución de desperdicios y desechos no solo de EPS sino de aserrín - Generación de propuestas amigables con el medio ambiente con base en el material propuesto.	No aplica	- Aserradores - Recicladores	- Industria de la construcción con EPS	Económico: Aumento de ingresos a recicladores por el acopio del material. Social: Aprovechamiento de material para realizar algún tipo de producto Ambiental: Disminución de la contaminación por Eps	Si	No	4

Nota. Elaboración propia

4.21. “Reciclaje de bolas de poliexpán como componente de baterías”

Estudiantes de la Universidad de Purdue, en Indiana (EE.UU.) pertenecientes a los equipos: Vinodkumar Etacheri, Vilas Pol y Chulgi Nathan Hong; propusieron como compuestos de baterías los residuos de EPS provenientes del embalaje de equipos delicados, reemplazando así los ánodos tradicionales "los nuevos ánodos pueden cargar más rápido y ofrecen una capacidad específica más elevada en comparación con los ánodos de grafito disponibles comercialmente" (Residuos profesional 2015). El proceso inicia con el calentamiento de material poroso en condiciones específicas y luego es procesado para su uso en los ánodos "Las partículas de ánodo disponibles comercialmente son unas diez veces más gruesas que en el caso de los nuevos ánodos y tienen una resistencia eléctrica más elevada, lo que incrementa el tiempo de recarga":

Tabla 23.

Reciclaje de bolas de poliexpán como componente de baterías.

Impacto medioambiental	Impacto negativo	Implicación de actores involucrados	Fuentes	Tipo de beneficio	de	Aplica la logística inversa	Aplica la economía circular	Calificación
- Reutilización de bolas o relleno de icopor que mejorará la contaminación que estas piezas tan pequeñas causan. - Reducción de ánodos en la fabricación de baterías, esto alarga la vida útil de las mismas, lo que a largo plazo genera un beneficio ambiental. - Reducción del uso del grafeno para la construcción de dichas baterías	No se da claridad si estas baterías de carga y reutilización o baterías desechables, si se realiza la segunda opción cabe destacar el gran contaminante que estas son, llegando a ocasionar un problema mayor sin mitigación a corto plazo.	- Industria de baterías eléctricas - Centros de acopio o recicladores - Fabricas o empresas que dentro de sus elementos a contemplen el uso de baterías	- Bolas o relleno de icopor - embalaje mercancía delicada	Económico: Bajo costo en producción de las baterías, incentivos e ingresos más altos para los recicladores o empresas que se encarguen de recoger el material de EPSr Social: Aumento de la duración de las baterías, éstas son esenciales y necesarias en la cotidianidad de las personas - Ambiental: Reducción de poliestireno expandido en fuentes donde no son aprovechados		Si	Si	10

Nota. Elaboración propia

5. Capítulo 4. Propuestas para la reducción de residuos de un solo uso (poliestireno expandido) y su beneficio para el medio ambiente

Basado en el análisis y comparación de las alternativas de reutilización del Poliestireno Expandido a través de un benchmarking, desarrollado en el numeral cuarto, se establecen como criterios de evaluación: cumplimiento de economía circular, de logística inversa e importancia y pertinencia de las propuestas. Será calificada en una escala de 1 a 10, siendo uno (1) deficiente y diez (10) excelentes; realizado esto, se seleccionaron las iniciativas que cumplen con los parámetros referidos, las cuales presenten una calificación superior a 8, entendida como sobre sobresaliente, posteriormente serán evaluadas a través de una adaptación de la matriz de Leopold.

A continuación, se presentan las alternativas seleccionadas y su curso dentro del proceso de la matriz Leopold, determinándose así su nivel de beneficio para el medio ambiente.

Tabla 24.

Métrica de evaluación de alternativas para matriz de Leopold.

Magnitud	Importancia
Escala de 1-10, donde 1 representa el menor impacto negativo ambiental y 10 el mayor impacto negativo ambiental	Escala de 1-10, donde 1 representa el menor impacto positivo ambiental y 10 el mayor impacto positivo ambiental

Nota. Elaboración propia

Reglas ecológicas, proyecto denominado eco regla, y postes de electricidad, denominados ecopostes.	Magnitud	Dependencia de recursos naturales	Impacto fauna marina o terrestre	Generación de residuos	Manejo y uso de sustancias peligrosas	Compromiso con la sociedad	Uso de poliestireno expandido reciclado	Ciclo de vida de la propuesta	Calificación
	Importancia								
	Inclusión de los recicladores		3	1	1	2	3		10
			10	10	10	10	9		49
	Alcance de poliestireno expandido posconsumo		3	2	1	1	2		9
			9	10	10	10	9		48
	Economía circular	1	1	1	1	1	2	1	8
		10	10	10	9	10	9	10	68
	Logística inversa	1	2	1	1	2	2		9
		10	9	10	10	9	10		58
Participación Social		2	1		2	2		7	
		10	9		9	8		36	
Beneficio Económico	1		2	2	1	1	1	8	
	10		9	9	9	10	10	57	
Beneficio Social	1	2	1		1	2	1	10	
	10	10	10		10	10	10	60	
Beneficio Ambiental	1	1	2	1	2	1	1	9	
	10	10	10	10	9	10	10	69	
								70	
								445	

Figura 5. Reglas ecológicas, proyecto denominado eco regla, y postes de electricidad, denominados ecopostes. Autoría propia

Aislación térmica alternativa. Reutilizando poliestireno expandido de descarte, orientado a las necesidades de cooperativas de reciclado.	Magnitud	Dependencia de recursos naturales	Impacto fauna marina o terrestre	Generación de residuos	Manejo y uso de sustancias peligrosas	Compromiso con la sociedad	Uso de poliestireno expandido reciclado	Ciclo de vida de la propuesta	Calificación
	Importancia		1	1	1	1	1		5
	Inclusión de los recicladores		9	10	10	10	10		49
	Alcance de poliestireno expandido posconsumo		1	1	3	1	1		7
			10	10	6	10	10		46
	Economía circular	2	1	1	2	2	1	1	10
		10	10	10	10	10	10	10	70
	Logística inversa	3	1	1	2	2	1		10
		7	10	10	10	10	10		57
	Participación Social		2	2		2	1		7
		9	8		9	10		36	
Beneficio Económico	1		2		2	1	1	7	
	9		9		8	9	10	45	
Beneficio Social	1	2	1		2	1	1	8	
	10	9	9		9	10	10	57	
Beneficio Ambiental	1	1	1	1	1	1	1	7	
	10	9	9	10	10	10	9	67	
								61	
								427	

Figura 6. Aislación térmica alternativa, reutilizando poliestireno expandido de descarte, orientado a las necesidades de cooperativas de reciclado. Autoría propia

Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus posibles aplicaciones	Magnitud	Dependencia de recursos naturales	Impacto fauna marina o terrestre	Generación de residuos	Manejo y uso de sustancias peligrosas	Compromiso con la sociedad	Uso de poliestireno expandido reciclado	Ciclo de vida de la propuesta (Tiempo)	Calificación
	Importancia								
	Inclusión de los recicladores		2	1	3	1	2		9
		10	10	4	10	10			44
	Alcance de poliestireno expandido Pos-consumo		2	1	5	1	1		10
		8	8	3	10	8			37
	Economía circular	2	2	1	5	1	2	1	14
		7	10	10	4	10	9	9	59
	Logística inversa	3	1	1	4	1	2		12
		2	8	8	7	10	10		45
Participación Social		3	1		2	3		9	
		6	7		8	7		28	
Beneficio Económico	1		1	3	1	1	2	9	
	8		5	3	7	10	9	42	
Beneficio Social	3	2	1		1	1	2	10	
	4	8	6		10	10	9	47	
Beneficio Ambiental	4	1	1	3	1	1	1	12	
	8	8	9	4	10	10	8	57	
								85	
								359	

Figura 7. Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus posibles aplicaciones. Autoría propia

Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón	Magnitud	Dependencia de recursos naturales	Impacto fauna marina o terrestre	Generación de residuos	Manejo y uso de sustancias peligrosas	Compromiso con la sociedad	Uso de poliestireno expandido reciclado	Ciclo de vida de la propuesta	Calificación
	Importancia		2	2	1	3	4		12
	Inclusión de los recicladores		9	9	10	7	8		43
	Alcance de poliestireno expandido posconsumo		4	2	1	3	2		12
			7	8	8	8	10		41
	Economía circular	4	3	1	1	3	1	2	15
		10	9	10	10	7	10	9	65
	Logística inversa	5	2	1	1	2	2		13
		5	9	10	10	8	10		52
	Participación Social		3	4		3	4		14
		6	7		8	6		27	
Beneficio Económico	1		2	1	1	2	2	9	
	10		9	10	10	9	10	58	
Beneficio Social	3	4	3		2	1	2	15	
	7	6	8		8	9	8	46	
Beneficio Ambiental	3	2	1	2	3	1	2	14	
	8	9	9	5	9	10	10	60	
								104	
								392	

Figura 8. Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón. Autoría propia

Obtención de aglomerados a partir de la reutilización del poliestireno expandido y papel post-consumo.	Magnitud	Dependencia de recursos naturales	Impacto fauna marina o terrestre	Generación de residuos	Manejo y uso de sustancias peligrosas	Compromiso con la sociedad	Uso de poliestireno expandido reciclado	Ciclo de vida de la propuesta	Calificación
	Importancia								
	Inclusión de los recicladores		2	1	3	1	1		8
			9	10	5	9	10		33
	Alcance de poliestireno expandido posconsumo		2	1	3	1	1		8
			9	9	5	9	10		42
	Economía circular	1	2	1	4	2	1	3	14
		10	9	10	6	9	10	7	55
	Logística inversa	3	1	1	3	2	1		11
		3	9	10	5	9	10		46
Participación Social		3	2		2	3		10	
		6	9		7	6		28	
Beneficio Económico	1		4	3	3	1	5	17	
	9		6	5	7	10	6	43	
Beneficio Social	2	2	5	3	3	1	4	20	
	8	8	5	6	8	10	5	50	
Beneficio Ambiental	1	4	3	5	2	1	3	19	
	9	6	5	5	8	10	7	50	
								107	
								348	

Figura 9. Obtención de aglomerados a partir de la reutilización del poliestireno expandido y papel post-consumo. Autoría propia

Reciclaje de bolas de poliexpán como componente de baterías	Magnitud	Dependencia de recursos naturales	Impacto fauna marina o terrestre	Generación de residuos	Manejo y uso de sustancias peligrosas	Compromiso con la sociedad	Uso de poliestireno expandido reciclado	Ciclo de vida de la propuesta	Calificación
	Importancia								
	Inclusión de los recicladores		4	1	4	6	5		20
			5	5	3	5	4		22
	Alcance de poliestireno expandido posconsumo		3	1	4	3	4		15
			6	10	4	7	6		33
	Economía circular		2	1	3	2	3	1	12
			8	10	7	7	8	10	50
	Logística inversa	1	3	1	3	3	4		15
		10	7	10	6	8	8		49
Participación Social		4	1		3	4		12	
		5	8		7	6		26	
Beneficio Económico	1		1	2	2	2	1	9	
	10		10	7	6	7	10	50	
Beneficio Social	1	2	3	4	1	2	1	14	
	10	7	6	6	10	8	10	57	
Beneficio Ambiental	1	3	1	3	1	3	1	13	
	10	8	10	8	10	8	10	64	
								110	
								351	

Figura 10. Reciclaje de bolas de poliexpán como componente de baterías. Autoría propia

Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje	Magnitud	Dependencia de recursos naturales	Impacto fauna marina o terrestre	Generación de residuos	Manejo y uso de sustancias peligrosas	Compromiso con la sociedad	Uso de poliestireno expandido reciclado	Ciclo de vida de la propuesta	Calificación
	Importancia								
	Inclusión de los recicladores		3	2	2	4	2		13
			10	10	5	8	10		43
	Alcance de poliestireno expandido posconsumo		3	2	1	3	1		10
			7	8	8	8	10		41
	Economía circular	7	2	1	1	4	1	4	20
		1	10	9	9	7	10	8	54
	Logística inversa	5	2	1	1	2	1		12
		5	10	10	7	8	10		50
Participación Social		2	5		3	4		14	
		6	7		5	8		26	
Beneficio Económico	6		1	2	6	3	4	22	
	5		7	4	4	6	8	34	
Beneficio Social	3	8	2		6	2	2	23	
	7	1	7		5	8	8	36	
Beneficio Ambiental	4	1	1	2	4	1	2	15	
	7	10	8	9	6	10	8	58	
								129	
								342	

Figura 11. Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje. Autoría propia

Dándole finalización a la evaluación de las alternativas, se procede a ordenarlas de mayormente eficaces a eficaz y aceptable, por ser todas alternativas altamente viables. Como primera selección se tiene en cuenta aquella que presentan una menor magnitud, la cual representa el menor impacto negativo, y, consecuentemente se muestra como la más benéfica al medio ambiente, al tener una importancia inversamente proporcional a la magnitud. Este proceso se realizó de manera descendente.

Tabla 25.

Orden de importancia de las alternativas evaluadas en la matriz de Leopold.

Orden de calificación				
N°	Título	Magnitud	Importancia	Beneficio Ambiental
1	Reglas ecológicas, proyecto denominado eco regla, y postes de electricidad, denominados eco postes.	70	445	Esta alternativa presenta la menor magnitud y la mayor importancia lo que genera un beneficio al medio ambiente teniendo en cuenta factores económicos asociados. A su vez produce una economía sustentable e inclusiva para gran parte de la sociedad tanto en la elaboración y aprovechamiento de la misma. Como beneficios ambientales asociados se puede encontrar: una recuperación de 500 toneladas de poliestireno post-consumo. Un aprovechamiento de 46.000 metros cúbicos de espacios preservados en rellenos sanitarios, adicional se registra una disminución en la quema de icopor, consumo energético, uso de agua y petróleo, evitando la generación de gases de infecto invernadero.
2	Aislación térmica reutilizando poliestireno expandido orientado a las necesidades de cooperativas de reciclado.	61	427	Esta alternativa se presenta como la segunda mejor propuesta en cuanto a baja magnitud y alta importancia ambiental, ya que va dirigida a una población de bajos niveles socioeconómicos, los cuales no disponen de una vivienda 100% habitable dado a que poseen problemas de adecuaciones en las instalaciones que generan un alto consumo de energía y quema de combustibles fósiles. Debido a lo anterior, la alternativa se crea con el objeto de mitigar las problemáticas mencionadas y contribuir con el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios y con la disminución de los impactos negativos que pueda provocar la industria de la construcción y el uso inadecuado de los recursos naturales.
3	Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus	85	359	Esta alternativa se presenta como la tercera mejor propuesta debido a su positiva calificación, lo cual se justifica con: la disminución de tala de árboles para la elaboración de mobiliario, aumento en el uso de materiales

	posibles aplicaciones.			recuperados orientados a mejorar parte del erario público, inclusión de las comunidades activas para la participación en el proyecto y la generación de beneficio colectivo.
4	Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón.	104	392	Esta alternativa se presenta como la cuarta propuesta que genera un beneficio ambiental positivo ya que logra reducir la cantidad de áridos de origen natural en un 25 % reemplazándolos con poliestireno post-consumo derivado del embalaje de equipos electrónicos contribuyendo a mitigar el impacto negativo que genera la fracturación de rocas para la obtención de los áridos naturales. También proporciona beneficios colaterales como la disminución de energía para adecuaciones térmicas y acústicas en los hogares por las propiedades aislantes que posee el material.
5	Obtención de aglomerados a partir de la reutilización del poliestireno expandido y papel post-consumo.	107	348	En quinto lugar, se encuentra esta alternativa que presenta beneficios para el medio ambiente por la disminución de la deforestación al reemplazar la madera utilizada generalmente en los aglomerados por el poliestireno y papel post-consumo proveniente de cualquier industria. Por otro lado al disminuir la tala de árboles se ven beneficiadas las especies que habitan en los ecosistemas que son interrumpidos por la deforestación.
6	Reciclaje de bolas de poliexpán como componente de baterías.	110	351	Se encuentra en el sexto lugar la alternativa que propone el reemplazo de los ánodos de grafito en las baterías recargables, los cuales representan un alto consumo de energía y agua para su recarga, por poliestireno expandido proveniente del embalaje de electrodomésticos delicados, que al ser transformados y aplicados en este producto, disminuyen en altos niveles la problemática mencionada.
7	Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje.	129	342	Finalmente se encuentra este proyecto que contribuye en la disminución de explotación de recursos naturales (piedra, áridos, arcilla, gravilla, arena, entre otros) para la elaboración de carreteras. Por otro lado, busca la optimización en la generación de residuos de materiales

metálicos corroídos, cabe anotar que esta iniciativa no cuenta aún con un estudio a fondo de factibilidad y su aplicación representa costos elevados, sin embargo, los autores proponen esta alternativa como amigable para el medio ambiente.

Nota. Elaboración propia

6. Conclusiones

Las alternativas que consolidaron el desarrollo de esta investigación, entendieron que el EPS post-consumo no posee un adecuado tratamiento final, y por ende, termina en su gran mayoría depositado en rellenos sanitarios; causando una problemática de ocupación innecesaria de espacios a razón de su gran voluminosidad, impidiendo el tránsito de otro tipo de basuras, lo que lleva a que impacten de manera negativa en lugares poco adecuados.

Se identificaron problemas sociales, ambientales, legales y de salud concernientes a la disposición de residuos de un solo uso (EPSd), los cuales llegaron a mostrar que la fauna marina es la más perjudicada por los restos del material, sin menoscabar en las afecciones sobre la fauna y flora terrestre.

Igualmente, la sociedad se ve afectada en cuanto a la contaminación visual, ambiental y de salubridad que puede llegar a generar este residuo, debido a que el ciclo de vida del EPS carece de una administración eficaz que vigile y ejecute procesos que permitan darle un trato final adecuado por parte de las empresas y las personas que lo consumen, aunado al incumplimiento de la reglamentación existente emitida por los mecanismos de control.

Se vislumbró que, de todo el EPSr, ubicado en los diferentes espacios de disposición final, relacionado con la elaboración de nuevas alternativas de uso, es recuperado mayormente aquel que proviene de la construcción y de electrodomésticos; toda vez que éste se encuentra en mejores condiciones de limpieza, cantidad y volumen, contribuyendo en la optimización de recursos (gastos, dependencia de recursos naturales y tiempo, entre otros) para su adecuada preparación y transformación.

De acuerdo a la investigación realizada se hizo notoria la importancia de los recicladores, los cuales poseen conexión directa con los centros de acopio, juntos constituyen una de las partes con mayor relevancia dentro del proceso de economía circular o en toda la cadena de valor para la elaboración de un nuevo producto con materiales recuperados, para así integrar de manera efectiva los diferentes stakeholders.

Se resalta la importancia de la aplicación de la economía circular y logística inversa como ejes transversales para contrarrestar los impactos causados por los residuos de un solo uso, debido a que aquellos abarcan procesos como: acopio, separación, reciclaje, preparación, recuperación y transformación de materiales residuales.

En las propuestas existentes tomadas para la elaboración de la investigación, se reveló que diferentes áreas de conocimiento como: ingeniería ambiental, ingeniería industrial, ingeniería mecatrónica y electrónica, administración de empresas, contaduría, entre otras, enfocan sus esfuerzos a la elaboración de propuestas para el aprovechamiento de residuos de un solo uso

en especial del EPS post-consumo, lo que hace de importancia la multidisciplinariedad en cuanto al estudio de alternativas para el manejo de los residuos del EPS.

Las alternativas propuestas hoy en día para el aprovechamiento de residuos de un solo uso (EPSd), presentan una completa variedad de oportunidades de negocio como de aplicaciones para las diferentes industrias que componen la economía de un país; facilitando procesos, disminuyendo costos y beneficiando al medio ambiente y la sociedad.

De la ejecución del análisis de las propuestas a través de un benchmarking, utilizando criterios como economía circular, logística inversa e impactos ambientales, entre otros, permitió escoger 7 propuestas con mejor calificación por cumplir con los parámetros establecidos. Seguidamente, a través de la adaptación de la matriz de Leopold para realizar una nueva evaluación de las mismas, por lo cual se exhibió a “ Fundación Verde Natura: eco regla, y eco postes” como el mejor proyecto con una calificación de 70 en magnitud y 445 en importancia, lo que traduce, en que apunta a una economía circular incluyendo la sostenibilidad al disminuir en mayor medida el consumo de recursos naturales, la recuperación de residuos y disminución de contaminación ambiental y visual para ofrecer beneficios económicos y sociales, etc.

7. Recomendaciones

Se propone crear espacios comunales en los que se genere debate, cuyo eje central sea la participación ciudadana, y en los cuales se estudien los comportamientos de consumo y disposición final de residuos de todo tipo, para la mejora de prácticas de reciclaje, separación, reutilización y desecho adecuado, y así crear una cultura respecto a los buenos hábitos de desecho responsable.

En igual medida, se recomienda a los rellenos sanitarios ejecutar técnicas de reducción de volumen de EPS por medio de aglutinamiento y trituración mecánica, así mismo promover una actitud activa, propositiva y garante por parte del gobierno, las instituciones gubernamentales, nacionales y territoriales, donde se incluya el control, vigilancia y ejecución para las propuestas derivando en beneficios respalden las prácticas amigables con el medio ambiente.

Se hace necesario que los proyectos de ley que versan sobre el manejo de residuos sólidos y EPS post-consumo, sean tramitados en esta legislatura y tengan mecanismos de cumplimiento para las compañías; adicional a esto, urge la aplicación de las resoluciones que se encuentran vigentes por toda entidad que use o comercialice todo tipo de plástico, incluido el EPS.

En igual sentido se requiere proponer planes económicos o de incentivos para los recicladores y centros de acopio, puesto que cumplen con uno de los papeles más importantes en procesos de logística inversa y de economía circular.

Se sugiere poner en marcha las alternativas de reutilización existentes del EPSd como políticas públicas de economía circular para aquellas industrias que usan el material en grandes cantidades, pero que no cuentan con un programa de retorno en el ciclo de vida de sus productos.

Teniendo en cuenta las recomendaciones mencionadas, se invita a la inversión pública y privada, para contribuir a su mejor ejecución y reconocimiento ante la sociedad de las alternativas destacadas en este trabajo investigativo. Finalmente, pero no menos importante, se destaca la injerencia de la investigación para desarrollo, consolidación y trascendencia de iniciativas como las estudiadas en este documento, estos métodos de evaluación permiten crear estándares de eficiencia, calidad y traen consigo mejora en los procesos de los mismas.

8. Referencias

- Abc pack. (2019). Historia del poliestireno expandido. Abc pack. Recuperado de:
<https://www.abc-pack.com/enciclopedia/historia-del-poliestireno-expandidoeps/>
- Acevedo Pérez, R. B., y Ramírez Pinto, A. (2013). *Estudio para la elaboración de emulsiones a partir de poliestireno expandido post-consumo* (Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander). Recuperado de:
<http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/4211/1/148337.pdf>
- Acoplásticos. (2018-2019). Plásticos en Colombia. Acoplásticos. Recuperado de:
https://www.acoplásticos.org/boletines/2019/pec_2019_2020/pec20.pdf
- Agudelo Agudelo, A., Vega Salguero, A. C., Rodríguez Roa, J. D., Varela Román, J. S., & Benavidez Herrán, A. (2017). Re-diseño de un proceso que permita el reciclaje (Trabajo proyecto de diseño, Pontificia Universidad Javeriana Cali). Recuperado de:
http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/10926/Redisenoproceso_reciclaje.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Alcaldía de Moniquirá. (2017). Campaña de sensibilización para separación en la fuente de residuos. Alcaldía de Moniquirá. Recuperado de: <http://moniquira-boyaca.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/Paginas/Campa%C3%B1a-de-sensibilizacion-para-separacion-en-la-fuente-de-residuos-solidos-.aspx>
- Alvarado, A. J., Hernández, A., Pérez, G., Arce, M., & Márquez, A. (2019). Reformulación de una pintura a base de poliestireno expandido reciclado. Memorias del Congreso Científico Tecnológico de las carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, sistemas y electrónica, Cuautitlan. Recuperado de:
<http://virtual.cuautitlan.unam.mx/CongresoCiTec/Extensos/IA-07.pdf>
- American Chemical Society (23 de Marzo de 2015). Packing Peanut Power Supply [Archivo de vídeo]. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=8UCti2CL2io>
- Anadolu Agency. (2019). Ocho países del Caribe inician prohibición al uso de plástico y poliestireno. Anadolu Agency. Recuperado de:
<https://www.aa.com.tr/es/mundo/ocho-pa%C3%ADses-del-caribe-inician-prohibici%C3%B3n-al-uso-de-pl%C3%A1stico-y-poliestireno/1353756>
- Arandes, J., Bilbao, J., y López, V. (2004). Reciclado de residuos plásticos. Revista Iberoamericana de Polímeros,(5), 1. Recuperado de:
<http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/MAR04/Danilo2004.pdf>

- Arthuz-López, L., y Pérez-Mora, W. (2019). Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial. *Informador Técnico*, 83(2). doi: <https://doi.org/10.23850/22565035.1638>
- Avellaneda Díaz, D. C. (2017). Evaluación para la obtención de un recubrimiento con resina a base de poliestireno expandido reciclado a nivel laboratorio (Trabajo de grado, Fundación Universidad de América). Recuperado de: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6568/1/6092250-2017-2-IQ.pdf>
- Ávila, S., Nieto, M., Jiménez, D., y Osorio, J. (Septiembre de 2011). Análisis del impacto generado en un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos por el aumento de los residuos asociados al crecimiento de la población a través de Dinámica de Sistemas. 9° Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas. Recuperado de: https://www.urosario.edu.co/urosario_files/PortalUrosario/f4/f49dd4da-d09e-49bd-9af9-882bec755eec.pdf
- BC Noticias. (2019, junio 24). Colombia entierra anualmente 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reciclar. BC Noticias Manizales. Recuperado de: <https://www.bcnoticias.com.co/colombia-entierra-anualmente-2-billones-de-pesos-en-plasticos-que-se-pueden-reciclar/> el día 26 de 01 de 2020.
- Berenguer, M., Trista, J., y Deas, D. (2006). El reciclaje, la industria del futuro. *Ciencia en su PC* (3). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181322792005.pdf>
- Betancourt, D. y Solano, J. (2016). síntesis y caracterización de la mezcla polipropileno-poliestireno expandido (icopor) reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes. *Revista Luna Azul*, (43). doi: 10.17151/luaz.2016.43.13
- Bonilla, J. (2014). Política extraccionista de hidrocarburos en Colombia y Ecuador: Crítica desde el análisis Posdesarrollo. *Análisis político* 83. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/anpol/v28n83/v28n83a04.pdf>
- Carrillo, J., Caamal, J., Couoh, J., Gamboa, R., y Cruz, R. (2014). Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado. *Revista Colombiana de Materiales* (5). Recuperado de: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/article/view/19081>
- Castellanos Suárez, Y. R., y Navarro Arana, S. J. (2013). Elaboración y caracterización físico-mecánica de pre-pregs utilizando poliestireno expandido post-consumo reforzado con fibras de fique (Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander). Recuperado de: <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/6024/1/149759.pdf>

- Cempre. (2015). Disposición final de residuos sólidos. En Cempre (Ed.), Residuos sólidos urbanos, manual de gestión integral (pp. 101-154). Uruguay: Adan. Recuperado de: http://www.cempre.org.uy/docs/manual_girsu/capitulo_4.pdf
- Cerdá, E. y Khalilova, A. (2016). Economía circular. Universidad Nacional de educación a distancia. Recuperado de: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>
- Clean Water Action. (2015). Expanded Polystyrene Foam. Facts about Styrofoam. Recuperado de: https://www.cleanwater.org/files/publications/ca/cwa_fact_sheet_polystyrene_litter_2011_03.pdf
- Congreso de la República (19 de Julio de 2019). Por medio de la cual se regula y prohíbe el ingreso, comercialización y uso de bolsas y otros materiales plásticos en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina e Islas menores que lo componen, y se dictan otras disposiciones. [Ley 1973]. [Diario Oficial]. Recuperado de: http://www.acoplasticos.org/boletines/2019/NormasAmbientales/DO_51019_Ley_SanAndres.pdf
- Congreso de la República (20 de Julio de 2017). Por medio del cual se prohíbe la utilización del poliestireno expandido (icopor) en actividades de comercialización de alimentos, se ordena la implementación de un plan nacional de reciclaje del icopor de uso industrial y se dictan otras disposiciones. [Reglamentación uso del icopor]. [Diario oficial]. Recuperado de: <https://congresovisible.uniandes.edu.co/proyectos-de-ley/por-medio-del-cual-se/8884/>
- Congreso de la república de Colombia. (Diciembre 2019). Acumulación de proyectos de ley No. 035, 060, 066, 071 y 080 de 2019 Senado. Bogotá. Recuperado de: <http://www.senado.gov.co/index.php/documentos/comisiones/constitucionales/comision-quinta/proyectos-de-ley/proyectos-de-ley-y-ponencias-periodo-constitucional-2018-2022/listado-de-proyectos-de-ley-en-tramite-legislatura-20-julio-2019-20-julio-2020-1/p-de->
- Contreras Osorio, L. K. (2015). Investigación de mercados aplicada a la gestión de poliestireno expandido en el ciudad de Pereira, año 2015 (Trabajo de grado, Universidad tecnológica de Pereira). Recuperado de:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/5894/65883C764.pdf;jsessionid=E115C0242C5D44435578C6F203849C5C?sequence=1>

El poliestireno expandido y el medio ambiente (s.f.). Recuperado de:

<http://www.anape.es/pdf/EI%20EPS%20en%20el%20Medioambiente.pdf?publicacion=EI%20Poliestireno%20Expandido%20y%20el%20Medioambiente> el 11 de Mayo de 2020.

Elias, C. X. (2009). Diccionario de términos ambientales [e-book]. Recuperado de:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouncsp/reader.action?docID=3228498>

Elias, C. X., y Jurado, L. (2009). Los plásticos residuales y sus posibilidades de valoración [e-book]. Recuperado de:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouncsp/reader.action?docID=3228526>

Empresite. (2020). Empresas productoras de icopor. Empresite el economista américa.

Recuperado de: <https://empresite.economistaamerica.co/Actividad/ICOPOR/>

Espusato E.S.P. (12 de septiembre de 2017). Porque el icopor es un material NO

aprovechable? [Entrada de blog]. Recuperado de:

<http://espusato.gov.co/co/inicio/blog/33-porque-el-icopor-es-un-material-no-aprovechable>

Flórez Bañol, J. (2016). Revisión del estado del arte de la logística inversa y adaptación al estudio técnico para la disposición final del poliestireno expandido (Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira). Recuperado de:

<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6680/62842F634.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Fundación Verde Natura. (2012). Quienes Somos. Fundación Verde Natura Reciclamos

Icopor (EPS) para un mundo mejor. Recuperado de:

<https://fundacionverdenatura.org/index.html>

Gaiker. (2007). Reciclado de materiales: perspectivas, tecnologías y oportunidades. Bizkaiko Foru Aldundia (1). Recuperado de:

<https://www.yumpu.com/es/document/read/14508413/reciclado-de-materiales-perspectivas-tecnologias-y-bizkaia-21>

González, F. J. (2008). Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso en la construcción. Informes de la Construcción, 60 (509). doi: 10.3989/ic.2008.v60.i509.589

Greenpeace. (2005). Basuras en el mar. Greenpeace. Recuperado de [http://archivo-](http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/contaminacion/basuras-en-el-mar.pdf)

[es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/contaminacion/basuras-en-el-mar.pdf](http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/contaminacion/basuras-en-el-mar.pdf)

- Greenpeace Colombia, Universidad de Los Andes y Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública. (2019). Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente. Recuperado de http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf
- Guerra al poliestireno en Estados Unidos (s.f.). Recuperado de: <http://www.anape.es/index.php?accion=area-privada&subaccion=articulos-prensa&idDoc=11> el 24 de Abril de 2020
- Guía de buenas prácticas para el reciclaje de los residuos plásticos una guía por y para las autoridades locales y regionales (s.f.). Recuperado de : <http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2011/08/reciclaje-plasticos.pdf> el 09 de Abril de 2020
- Hachi Quintana, J. G., y Rodríguez Mejía, J. D. (2010). Estudio de factibilidad para reciclar envases plásticos de polietileno tereftalato (PET), en la ciudad de Guayaquil (Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana Ecuador). Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2450/20/UPS-GT000106.pdf>
- Icopor sostenible. (2018). Generalidades del icopor. Icopor sostenible. Recuperado de: <http://icoporsostenible.com/2018/10/26/generalidades-del-icopor/>
- Idea-Tec. (2014). Conoce nuestros productos. Idea-Tec. Recuperado de: <https://idea-tec.cl/productos/>
- Impermeabilizante ecológico VIDI: cuidando el mundo vs. el unicef (s. f.). Recuperado de: https://feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria26/feria384_01_impermeabilizante_ecologico_vidi_cuidando_el_mundo.pdf
- La Logística Inversa: Concepto y Definición (s. f.). Recuperado de: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/46172/Art_Docente_LI_Cast.pdf?sequence=1&isAll owed=y el 02 de Abril de 2020.
- La logística reversa o inversa, aporte al control de devoluciones y residuos en la gestión de la cadena de abastecimiento. (s.f). Recuperado de: <https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Archivos/la%20logistica%20reversa%20o%20inversa%20basilio%20balli.pdf> el 16 de 04 de 2020
- Lara, J. (2008). Reducir, reutilizar, reciclar. Elementos 69. Recuperado de: <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000002460.pdf>
- Llorente Diaz, I.M. (2011). Análisis del ciclo de vida de la ventana de madera (Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Madrid). Recuperado de:

[http://oa.upm.es/10912/1/AN%C3%81LISIS_DEL_CICLO_DE_VIDA_DE_LA_VE
NTANA_DE_MADERA.pdf](http://oa.upm.es/10912/1/AN%C3%81LISIS_DEL_CICLO_DE_VIDA_DE_LA_VE
NTANA_DE_MADERA.pdf)

López de Mesa Oses, S. R. (2011). Fortalecimiento socio-empresarial y capacitación en tecnologías limpias para el aprovechamiento del poliestireno - Eps o poliestireno expandido reciclado y obtención de materias primas de uso industrial en la asociación de recicladores - asoservirec (Trabajo de grado, Universidad Piloto de Colombia).

Recuperado de:

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/3889/00000126.pdf?sequence=1>

López, A.A. (2006). La ruta de la sostenibilidad [e-book]. Recuperado de:

<https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouncsp/reader.action?docID=3164169>

Lozada Alarcón, S. I. (2017). Recuperación del poliestireno expandido (EPS) con aceite esencial de naranja, Lima 2017 (Trabajo de grado, Universidad César Vallejo).

Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/3564>

Macedo, B. (2005). El concepto de sostenibilidad. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe UNESCO Santiago. Recuperado de:

<http://tallerdesustentabilidad.ced.cl/wp/wp-content/uploads/2015/04/UNESCO-El-concepto-de-sustentabilidad.pdf>

Marioni, E., y Chaves, F. (2017). Reciclado del poliestireno expandido para el desarrollo de un material sólido y sus posibles aplicaciones. Montevideo, Uruguay. Farq Uruguay.

Meza, P., Tejada, C., Benítez, I., Vélez, J. y Villabona, A. (2016). Uso de poliestireno expandido reciclado para la obtención de un recubrimiento anticorrosivo. Producción mas limpia 11 (1). Recuperado de:

http://www.lasallista.edu.co/revistas/pl/pl_v11n1/pl_v11n1.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (09 de Octubre de 2019). Por la cual se prohíbe el ingreso de plásticos de un solo uso en las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia y se adoptan otras disposiciones. [

Resolución conjunta número 1558]. [Diario Oficial]. Recuperado de:

http://www.acoplasticos.org/boletines/2019/NormasAmbientales/Diario_oficial_51108_Parques_Nacionales_Naturales.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (26 de Julio de 2018). Por medio de 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 1407].

- [Diario Oficial]. Recuperado de: <http://www.andi.com.co/Uploads/RES%201407%20DE%202018.pdf>
- Mora, L., y Martín, M. (2013). Logística inversa y ambiental: Retos y oportunidades en las organizaciones modernas [e-book]. Recuperado de: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliounesp/reader.action?docID=4870552>
- Moreno González, A. Y. (2018). Economía circular: Crecimiento inteligente, sostenible e integrador (Trabajo de grado, Universidad de ciencias aplicadas y ambientales). Recuperado de: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/954/1/Econom%C3%ADa%20Circular%20-%20Crecimiento%20Inteligente%2C%20Sostenible%20e%20Integrador.pdf>
- Murcia Peraza, D. L., y Perilla Morales, W. Y. (2019). Estudio de prefactibilidad para la creación de una empresa dedicada al aprovechamiento de llantas usadas para la elaboración de muebles ecológicos en el municipio de Chiquinquirá (Trabajo de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia). Recuperado de: <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2596/1/TGT-1210.pdf>
- ONU. (1987). Nuestro futuro común. Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Recuperado de: http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- Pardavé, W. y Gutiérrez, A. (2007). Estrategias ambientales de las 3R a las 10R. Bogotá, Colombia: Coord. Editorial.
- Pérez, J. (2009). Informe de sensibilización sobre los efectos en el medio marino de los restos de Poliespán. Recuperación y reciclaje de los residuos sólidos propios de la actividad pesquera y portuaria. Recuperado de: https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=3R-FISH_Informe_sensibilizacion_EPS.pdf
- PNUD. (2020). Que son los objetivos de Desarrollo Sostenible. Pnud.org. Recuperado de: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Poletto, M., Dettenborn, J., Zattera, A. J., y Zeni, M. (2010). Avaliação das propriedades mecânicas de compósitos de poliestireno expandido pós-consumo e serragem de Pinus elliottii. Revista Iberoamericana de Polímeros 11(3). Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3694132>
- Polyfex. (2017). Aislamientos y Embalajes. Polyfex. Recuperado de: <http://www.polyfex-eps.com/>

- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., y Ormazabal, M. (2017). Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación. Memoria Investigaciones en Ingeniería (15). Recuperado de:
http://www.um.edu.uy/docs/Economia_Circular.pdf
- Puente García, O. D. (2017). Potencialidades de los residuos de poliestireno expandido para la elaboración de bloques huecos de hormigón (Trabajo de grado, Universidad de Holguín). Recuperado de:
<https://repositorio.uho.edu.cu/jspui/bitstream/uho/4807/1/TESIS%20FINAL%20ORIGEN%20DAVID%20PUENTE%20GARCIA.pdf>
- Puntos de Reciclaje . (2019). Rutas de Recolección de Reciclaje localidad Kennedy. Puntos de reciclaje. Recuperado de:
<https://www.puntosdereciclaje.com/colombia/bogota/rutas-recoleccion-reciclaje-localidad-kennedy/>
- Quintero Peña, C. H. (2013). Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios (Tesis de maestría, Universidad de Manizales). Recuperado de:
https://www.academia.edu/35634303/Reciclaje_termo_mecanico_del_poliestireno_expandido_Icopor_como_una_estrategia_de_mitigacion_de_su_impacto_ambiental_en_rellenos_sanitarios
- Residuos profesional. (2015). Reciclan las bolas de poliexpán en componentes de baterías. Residuosprofesional. Recuperado de: <https://www.residuosprofesional.com/reciclan-poliexpan-componentes-baterias/>
- Rodríguez Contreras, J. C. (2015). Manejo Integral de Residuos Sólidos Urbanos Domiciliarios en Colombia: Mitos y Realidades (Tesis de maestría, Universidad Militar Nueva Granada). Recuperado de:
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7349/RodriguezContrerasJua?sequence=1>
- Rojas, J., Salazar, R., Sepulveda, M., Sepulveda, M., y Santelices, I. (2006). Residuos sólidos domiciliarios: logística, una herramienta moderna para enfrentar este antiguo problema. Revista Ingeniería industrial, 5 (1). Recuperado de:
<http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/130/3355>
- Samper, M., Rico, M., Ferrandiz, S., y López, J. (23-24 de Julio de 2008). Reducción y caracterización del residuo de poliestireno expandido. I Simposio Iberoamericano de

- Ingeniería de Residuos, Castellón. Recuperado de:
<http://www.redisa.net/doc/artSim2008/tratamiento/A26.pdf>
- San Juan, G. A., Viegas, G., y Jodra, J. (Agosto de 2018). Aislación térmica alternativa, reutilizando poliestireno expandido de descarte, orientado a las necesidades de cooperativas de reciclaje. X Congreso Regional de Tecnología en Arquitectura (X CRETA), La plata. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71122>
- Superintendencia de servicios públicos domiciliarios y Departamento nacional de planeación. (2018). Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2017. Recuperado de: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf
- Téllez Maldonado, A. (2012). La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política publica en Bogotá. (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia). Recuperado de:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/7080/1/905077.2012.pdf>
- Textos científicos. (2005). Poliestireno expandido. Textos científicos. Recuperado de:
<https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>
- Urrea Restrepo, A. (2009). Diseño de un sistema de descanso a partir del reproceso del poliestireno expandido industrial desechado (Trabajo de grado. Universidad Eafit). Recuperado de:
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/332/Alejandra_UrreaRestrepo_2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Yuan, Z., Jiang, W., Liu, B. y Bi, J. (2008). Where Will China Go? A Viewpoint Based on an Analysis of the Challenges of Resource Supply and Pollution. *Environmental Progress*, 27 (4). doi: 10.1002/ep.10300
- Zambrano Poveda, L. M. (2011). Obtención de aglomerados a partir de la reutilización del poliestireno expandido y papel post-consumo (Trabajo de grado, Universidad Industrial de Santander). Recuperado de:
<http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/5630/1/140911.pdf>
- Zarta Ávila, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa* (28), 409-423. Recuperado de:
<https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>