

**PROPUESTA PARA EL RE-USO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN**

Isabel del Carmen García Rivera Cód. 76269

Darwin Leonardo León Romero Cód. 77658

Giovanni Sierra Quintero. Cód. 76097

**UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA INTERNACIONAL
BOGOTÁ, D.C.**

**PROPUESTA PARA EL RE-USO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN LA
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN EN BOGOTÁ**

Trabajo presentado como opción de grado para obtener el título de especialistas en

Producción y Logística Internacional

Isabel del Carmen García Rivera Cód. 76269

Darwin Leonardo León Romero Cód. 77658

Giovanni Sierra Quintero. Cód. 76097

Asesor: Ingeniero Miguel Ángel Urián Tinoco

Especialista en Ingeniería de Producción

UNIVERSIDAD ECCI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

ESPECIALIZACIÓN EN PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA INTERNACIONAL

BOGOTÁ, D.C.

Agrade a:

Miguel Ángel Urian Tinoco, Universidad ECCI, cuerpo directivo de posgrados en el apoyo y seguimiento continuo a nuestras tesis, la cual será de gran fruto en la continuidad profesional en las actividades cotidianas, lo cual nos enriquece y amplía conocimientos para un mejor futuro.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	11
1 Título	11
2 Problemas de investigación	11
2.1 Descripción del Problema	11
2.2 Formulación del Problema	14
2.3 Sistematización del problema.....	14
3 Objetivos.....	14
3.1 Objetivo General	14
3.1.1 Objetivos Específicos.....	14
4 Justificación y Delimitación	16
4.1 Justificación.....	16
4.2 Delimitaciones.....	18
4.3 Limitaciones	18
5 Marcos de Referencia	19
5.1 Estado del Arte	19
5.1.1 Estado del Arte Nacional	19
5.1.2 Estado del Arte Internacional.....	23
5.2 Marco teórico	27
5.2.1 Economía circular	27

5.2.2	3 Principios y 4 oportunidades de la Economía circular.....	29
5.2.3	Poliestireno Expandido	31
5.2.4	Proceso de Fabricación Poliestireno Expandido.....	32
5.2.5	Proceso de transformación Poliestireno Expandido	33
5.2.6	Propiedades Físicas	34
5.2.7	Propiedades Químicas.....	35
5.2.8	Propiedades Biológicas	36
5.2.9	Comportamiento frente al Fuego	36
5.3	Marco Legal	37
6	Marco Metodológico de la Información	39
6.1	Recolección Información	39
6.1.1	Tipo de investigación	39
6.1.2	Fuentes de obtención de la información.	39
6.1.3	Herramientas	40
6.1.4	Metodología	40
6.1.5	Información recopilada.	41
6.2	Análisis de información	50
6.2.1	Identificación de las fuentes generadoras locales y regionales de EPS (poliestireno expandido) desechado (el consumidor que no es necesariamente el comprador)	52
6.3	Propuesta de Solución	55
6.3.1	Propuesta de solución 1: capacitación	55

6.3.2	Propuesta de selección 2: producción de bloques para la industria de la construcción.....	55
6.3.3	Propuesta de solución 3: margen de retorno a consumidores	64
7	Resultados esperados	65
7.1	Resultados esperados propuesta 1	65
7.2	Resultados esperados propuesta 2	65
7.3	Resultados esperados propuesta 3	66
8	Análisis Financiero	66
8.1	Análisis Financiero.....	66
8.1.1	Análisis financiero propuesta de capacitación	66
8.1.2	Análisis financiero propuesta de elaboración bloques de poliestireno	66
8.1.3	Costos fijos.....	68
8.1.4	Flujo de caja.....	68
8.1.5	Análisis de Indicadores de evaluación Financiera.	68
9	Conclusiones y recomendaciones	70
9.1	Conclusiones	70
9.2	Recomendaciones.....	71
10	Bibliografía	72
11	Anexos	76

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1, Simbología de EPS (reciclario.com.ar, n.d.).....	17
---	----

Ilustración 2 Esquema de Economía Circular (Fundacion Ellen MacArthur, 2012).....	30
Ilustración 3 9 R (Fundacion Ellen MacArthur, 2012).....	31
Ilustración 5 aprovechamiento petróleo; (Anape, s.f.).....	32
Ilustración 6 Imagen de fabricación del Poliestireno Expandido (Anape, s.f.)	33
Ilustración 7 Proceso de transformación del Poliestireno Expandido (Anape, s.f.).....	34
Ilustración 8 tabla de estabilidad química del Poliestireno Expandido (Anape, s.f.)	36
Ilustración 9 Imágenes del proceso de producción de anticorrosivo a partir de EPSd.....	46
Ilustración 10 Imágenes del proceso de producción de asfalto modificado con 2% de EPSd.....	46
Ilustración 11 Relleno Sanitario Doña Juana.....	51
Ilustración 12. Flujoograma del Proceso Productivo.....	64

Índice de Tabla

Tabla 1Empresas de Icopor en Colombia, fuente propia.....	43
Tabla 2Empresas Colombiana reciclan Icopor, fuente propia.....	44
Tabla 3 % Utilización en la industria de la construcción.....	56
Tabla 4 Encuestas Realizadas	57
Tabla 5 Clientes Potenciales	58
Tabla 6 Criterios de selección.....	59
Tabla 7 Tabla de ponderación Proyecto Bodega Ciudad de Bogotá	60
Tabla 8 Estimados de producción.....	60
Tabla 9 Dimensiones de producción.....	61
Tabla 10 Maquinaria y equipos del proceso operativo.....	61
Tabla 11 Cantidades de Materiales e Insumos.....	61

Tabla 12 Costos de Producción.....	67
Tabla 13 Ingresos por Ventas	67
Tabla 14 detalle de Costos Fijos	68
Tabla 15 Flujo de caja.....	69

RESUMEN

El Poliestireno Expandido está generando una problemática ambiental debido a que su proceso de biodegradación es bastante lento, en Bogotá hay una gran ocupación de espacio en los rellenos sanitarios y desbordamiento en residuos de este material en el río Bogotá, la idea es que los generadores realicen un manejo integral de residuos sólidos dándole un re-uso a este material mediante un programa de manejo seguro donde se contemple la disposición final y adecuada donde se incluya la reutilización y reciclaje de este material en este caso contemplaremos la rama de la construcción, fabricando bloques para los sedimentos.

Este material posee propiedades mecánicas favorables para la industria de la construcción, lo cual con su empleabilidad se puede bajar uso de otros materiales que son de mayor costo sin descuidar la calidad en un sedimento.

se plantean propuestas de solución para la problemática de la contaminación por el mal uso final que en la actualidad se le da al EPS, generando propuestas de valor atractivas para entidades inversionistas interesadas en ser amigables con el medio ambiente y a su vez contando con una retribución económica.

Palabras Clave: Poliestireno Expandido, Economía circular (EC), Bogotá, industrias de construcción

ABSTRACT

Expanded Polystyrene (EPS) is generating an environmental problem as a result of a slow biodegradation process. Bogotá has large amounts of sanitary landfills and overflow of this material in Bogota River, the idea of this project is motivating polluting agents to make an integral management of solid waste, giving a re-use of this material through a safe handling program that will be in charge of re-use and recycle, plus, it will administer the final disposition of this material. This paper seeks to address re-use of EPS in the field of building through the manufacture of bricks for grounds.

This material has favourable mechanical properties for the building industry, which with its employability can lower the use of other materials that are more expensive without neglecting the quality of a sediment.

Proposals for a solution to the problem of pollution due to the final misuse that is currently being given to the EPS are proposed, generating attractive value proposals for investment entities interested in being friendly to the environment and at the same time having an economic compensation.

Key words: expanded polystyrene, circular economy (CE), Bogotá, buildings.

Introducción

El trabajo en mención contiene información relevante del EPS (Poli estireno Expandido) en lo que respecta a las propuestas de re uso del mismo como lo son Re-uso, Economía circular, Reprocesamiento, tomando información de los recientes estudios de la ciudad de Bogotá , empresas dedicadas a su uso y entes recicladores interventores , de lo anterior especificando cada propuesta de solución dirigida a tratar el impacto ambiental que del mal uso del EPS , a su vez el no tener el control de su fuente final como desperdicios del mismo, de esta forma generando alternativas de solución a un material poco atractivo para muchos fabricantes empleando nuevas técnicas como lo es la fabricación o aplicabilidad en industria de la construcción.

1 Título

Propuesta para el re-uso del poliestireno expandido en la industria de la construcción

2 Problemas de investigación

2.1 Descripción del Problema

Actualmente académicos como Joe Biernacki, Douglas McCauley y Kathryn García han criticado el uso del poliestireno expandido (icopor) debido a daños que éste genera al ingresar en ecosistemas marinos (Semana, 2015). La naturaleza usualmente rechaza este elemento, cuya degradación está alrededor de 150 años en comparación con otros elementos cuya descomposición es más corta como el papel y el cartón. En consecuencia, a esto, de acuerdo con la BBC Noticias (Por que cada vez mas ciudades prohíben el icopor, 2015) países como Estados Unidos (E.E.U.U.)

poseen ciudades donde está prohibido el uso de envases descartables de poliestireno expandido, entre ellas se encuentra Nueva York, la última en incorporarse al grupo de más de 70 ciudades estadounidenses.

Adicional a lo anterior, se evidencia que uno de los problemas más graves del icopor es el impacto ambiental generado en el ecosistema marítimo, según McCauley para la BCC (2015) este contamina el agua en dos aspectos: mecánico y biológico. El primero se encuentra plasmado en las afecciones generadas en los intestinos de los animales porque al ingerir poliestireno expandido se provocan bloqueos que pueden ser letales, obstruyendo sus intestinos o vías respiratorias. En el aspecto químico, este material absorbe y concentra contaminantes dañinos, generando cambios en el color y apariencia del poliestireno expandido.

Los desechos de poliestireno son una preocupación ambiental, ya que este material al estar hecho de benceno y estireno, componentes cancerígenos y neurotóxicos utilizados en contenedores para alimentos, son una amenaza para la salud humana como lo señaló el Instituto para la Autonomía Local en 1990 (Téllez, 2012, p.17). En el contexto de la ciudad de Bogotá, este material tiene una gran acumulación en el relleno sanitario Doña Juana, río Bogotá, calles y avenidas. Además, como lo confirma alexander Durán es el director de la fundación Verde Natura, que es la única en el país que se dedica a reciclar el icopor. Según Durán, el material les llena muy rápido la carreta a los recicladores, y al final, como no pesa, las plantas de reciclaje les dan muy poco dinero por él. “En un carrito les caben cuatro kilos de icopor, por el que les pagan 400 Por eso no les interesa, prefieren otras cosas”, (Fundación Verde Natura, 2010). Por esto es necesario una concientización sobre el reciclaje en los hogares, negocios e industria, con el fin de que haya menor cantidad de desechos de este material en el ambiente.

.



Figure 1 Relleno Sanitario Doña Juana



Figure 2 Relleno Sanitario Doña Juana 2019 (UAESP, 2019)

Por otro lado, debido a que el poliestireno expandido posee bajo % de biodegradabilidad, una vez llega a los rellenos sanitarios permanecerá en estos, ya que no se ha demostrado que sea reciclable en gran proporción ni tampoco que exista un mercado para este. Lo anterior es producto de que el procedimiento químico basado en la separación de las partículas no es suficiente para descomponer el material en su totalidad, por lo que hay objetos fabricados en poliestireno expandido que después de su uso es imposible transformarlos, por ejemplo: platos de Icopor, un material con un formato distinto que no se puede moldear ya que como su nombre científico lo indica está expandido, necesitando de un proceso adicional el cual se basa en la aplicación de

partículas de poliestireno virgen que servirán para realizar un nuevo proceso de expansión y transformación.

2.2 Formulación del Problema

¿Cómo reducir la contaminación por acumulación de Poliestireno Expandido en la ciudad de Bogotá a través de su reutilización en la industria de la construcción?

2.3 Sistematización del problema

¿Qué impacto tendría proponer estrategias de sensibilización y culturización de la comunidad para el adecuado uso del reciclaje como mecanismo de reducción del consumo de Poliestireno Expandido en Bogotá?

¿Es la aplicación de la economía circular el modelo económico adecuado para utilización de los desechos del poliestireno expandido?

¿De qué modo ayudaría la reutilización del poliestireno expandido a la industria de la construcción?

3 Objetivos

3.1 Objetivo General

Generar una propuesta para reducir la contaminación por acumulación de Poliestireno Expandido en la ciudad de Bogotá a través de su reutilización en la industria de la construcción.

3.1.1 Objetivos Específicos

Proponer estrategias de sensibilización y culturización de la comunidad para el adecuado uso del reciclaje como mecanismo de reducción del consumo de poliestireno expandido en Bogotá.

Aplicar el modelo de economía circular como solución, para la mejor utilización de los desechos del poliestireno expandido, en aras de cambiar la situación medioambiental actual en la ciudad, teniendo en cuenta los indicadores internacionales propuestos en los objetivos de desarrollo sostenible.

Dar un uso a la reutilización del poliestireno expandido en la industria de la construcción teniendo en cuenta con propiedades físicas y mecánicas adecuadas.

4 Justificación y Delimitación

4.1 Justificación

El EPS (Poliestireno Expandido) es un plástico derivado del petróleo, característica fundamental que lo califica y lo pone dentro de los planes de gobierno a de todos los países o la mayoría de ellos, para el manejo de residuos, debido a que su uso está creciendo de manera significativa, cifras de crecimiento mundial fueron valoradas en US \$32.000 Dólares en 2014 y se espera que el alcance US \$42.000 Dólares en 2020 creciendo a un CAGR (Tasa anual compuesta de crecimiento) de aproximadamente 4,5% en los años 2015 a 2020, en término mundial el EPS (poliestireno expandido) se situó en el mercado en 17,5 millones de toneladas en 2014.

El aumento de la demanda en bienes de consumo es paralelo al aumento de la demanda en materiales para empaque y embalaje, con mayor fuerza en países como China, Brasil, Sudáfrica, India, etc. Con el aumento de la industria farmacéutica, bebidas y alimentos se espera que este crecimiento también lo obtenga el EPS, a su vez la iniciativa en los planes de gobierno como se explicaba anteriormente son prioridad, así mismo acerquen al fabricante como principal fuente de generación de elementos contaminantes, implementando biodiversidad en alternativas para la reutilización de este producto, con crecimiento y atracción al mercado mundial.

La industria de embalaje domina el mercado del poliestireno y Poliestireno Expandido, con el 40% del volumen total del mercado consumido en el año 2014, principalmente por el modelo de empaque del segmento eléctrico y El EPS se utiliza en múltiples industrias tales como electrónica de consumo (línea blanca y marrón), muebles, juguetes, construcción, industria de alimentos y herramientas, que de acuerdo con los especialistas es un elemento con numerosas aplicaciones, creando confianza en los sectores debido a sus ventajas, como:

Aislamiento térmico, pues su mayor concentración es aire, es decir en una partícula el 98% es aire atrapado en su interior, soporta temperaturas de -190 a 85°C, es decir su comportamiento es estable ante el frío y el calor, resistiendo a heladas y a la putrefacción, es maniobrable (manipulable), y no absorbente de líquidos; no contamina, es inerte, reciclaje; No contiene agentes que dañen la capa de ozono, no produce irritación, no afecta las vías respiratorias, puede ser personalizado se adapta a cualquier forma, como el EPS es ligero, es decir el 98% es aire, es fácil transportar, tiene características de amortiguación asegurando el almacenaje y el transporte. En la construcción reduce la pérdida de calor considerablemente, dando como resultado edificios con mucho menor energía, No se pudre y es duradero, siendo efecto hasta su vida útil (no pierde características físicas) *si no es expuesto al calor.*

Este trabajo de grado se enfocará en el reciclaje del poliestireno que se identificará con el símbolo y el número de la figura.



Ilustración 1, Simbología de EPS (reciclario.com.ar, n.d.)

Se evidencia que la opción de prohibir el uso del EPS es casi imposible, la mejor alternativa es reciclar con el fin de disminuir los desechos biodegradables, es por eso que en Colombia muy pocas plantas se encargan de reciclar este producto, porque al ser liviano y voluminoso, genera unos costos indirectos para el procesamiento, en Colombia solo se recupera el Icopor industrial o

expandido (Icopor de pepa gruesa utilizado en embalaje y la construcción), el extruido o de comida es complicado de reciclar a sí mismo no genera interés entre los empresarios.

Es de vital importancia concientizar del gran impacto ambiental que están generando los residuos sólidos producidos por la industria y uso de los habitantes de la ciudad de Bogotá. Este producto es utilizado cotidianamente de manera masiva y momentánea, (para proteger electrodomésticos, empacar alimentos o tomar bebidas calientes), por ello la importancia y urgencia de reutilizarlo.

Debido a que no hay control alguno por parte de las entidades gubernamentales, y no existe un uso racional del Poliestireno Expandido, surge la necesidad de reutilizar el volumen de los residuos sólidos generadores de contaminación para ser ecológicamente amigables. Sin embargo, las empresas que trabajan en la reutilización o reprocesamiento de dicho material no saben qué hacer con estos residuos, y es poca la conciencia, disposición y voluntad de reciclar.

4.2 Delimitaciones

La propuesta de este proyecto de grado se hará en las instalaciones de la Universidad ECCI, como documento de investigación el cual se contempla el proceso de logística inversa “proceso en el cual el material ya cumplió su primera fase y se aprovechara como fuente de reciclaje, para su reutilización en la industria en la construcción” como un método de reducción de la contaminación en Bogotá, a causa del Poliestireno Expandido (EPS).

4.3 Limitaciones

Las limitaciones definidas en este proyecto de grado se basan en la información que se obtuvo en las estadísticas de desechos en Bogotá, la cantidad de toneladas que terminan en el vertedero de basura Doña Juana (ver adjunto 8). Por lo que se decidió realizar una propuesta que contribuya a reducir la contaminación a causa del poliestireno expandido en Bogotá.

Tiempo: con el fin de hacerle seguimiento al ciclo productivo y al ciclo de disposición final, se tuvieron en cuenta estudios como proyectos de investigación, adicionalmente se investigaron las pocas empresas enfocadas en la reutilización del EPS, estas mismas limitadas en acceso y recorrido por sus diferentes formas de reutilización, acondicionamiento, procesos y clientes finales.

Costos: estas empresas investigadas no comparten costos de reutilización, logística y producción, por ello se examinaron estudios realizados por estudiantes para elaboración de proyectos de grado.

5 Marcos de Referencia

5.1 Estado del Arte

5.1.1 Estado del Arte Nacional

5.1.1.1 Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios.

En la Universidad de Manizales se planteó una monografía, en la cual se realiza un modelo para reducir el volumen de poliestireno expandido a través de del reciclaje termo-mecánico, el resultado es una resina que reduce el espacio de ocupación de este material. (Quintero, 2013)

Lo anterior agrega a este proyecto otra manera de mitigar la contaminación por ocupación del espacio en rellenos sanitarios, ya que por medio del modelo propuesto es posible utilizar la resina resultante a nivel industrial en la sustitución o modificación de materiales, lo que genera el re-uso eficaz del poliestireno expandido sin afectación al medio ambiente.

5.1.1.2 Logística inversa un proceso de impacto ambiental y productividad

En el año 2010 el ingeniero industrial Rodrigo Andrés Gómez, publicó un análisis de logística inversa desde un enfoque conceptual, en el que incluye la relación de gestión de cadena y

suministro verde. Como resultado de este trabajo, se identificó la importancia de la logística inversa como estrategia para la protección del medio ambiente, adicionalmente, se evidenció la existencia de decretos y normas que regulan la gestión de los residuos en Colombia (Gomez Montoya Rodrigo Andres, 2010). Con este trabajo se puede visualizar el marco conceptual de la logística inversa, y permite conocer la regulación ambiental inicial para los residuos sólidos en el plano nacional.

5.1.1.3 Aprovechamiento de residuos industriales de poliuretano termoestables en la elaboración de paneles para terminados constructivos, a partir de patente brasileña.

En esta tesis Juan Sánchez y Oscar González, se basan en una monografía de Sao Pablo, donde se abarca la ejecución de láminas en base de poliuretano termoestable. Los autores, teniendo en cuenta la monografía, describen la mezcla de polímeros con resinas naturales para crear láminas que tengan en cuenta el aspecto medioambiental y en este sentido permitan en el campo de la ingeniería, el uso de nuevos materiales alternativos que puedan disminuir costos garantizando una resistencia igual o mayor a las materias primas convencionales en el ámbito de la construcción. (Juan Sebastian Sanchez, Oscar Daniel Gonzalez, 2017).

Esta tesis nos aporta los diferentes métodos de reciclaje y reutilización que hacen en varios productos, entre esos los paneles para construcción en Colombia. Lo que evidencia la posibilidad real, de brindar alternativas ecológicamente amigables en las materias primas que se usan en la rama de la construcción en el país. Igualmente genera una concientización acerca del uso no óptimo que se da a los materiales en Latinoamérica y por supuesto en Colombia, visibilizando los problemas que se generan a partir del poco aprovechamiento de los residuos.

5.1.1.4 Síntesis y caracterización de la mezcla polipropileno-poliestireno expandido reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes.

En este trabajo, las autoras hacen referencia a que el polipropileno es una de las materias primas principales en la industria de las autopartes, evidenciaron en una mezcla de este componente y poliestireno expandido reciclado una alternativa y realizaron ensayos térmicos mecánicos para verificar la viabilidad. El resultado fue la comprobación de las propiedades térmicas, reflejando un ahorro en los insumos y una alternativa como sustituto para la fibra de vidrio. (Daylin Julieth Betancourt S.Johanna Karina Solano M., 2016).

Esta tesis nos aporta otra manera de reusar el poliestireno expandido, ya que a través de los ensayos en los cuales se sustituyó la fibra de vidrio con la mezcla de polipropileno-poliestireno expandido en la producción de autopartes, se comprobó la viabilidad de la incorporación de un residuo a un proceso productivo. Adicionalmente, se visibilizó un ahorro significativo con la sustitución del material y se abrió un campo de estudio con un sinnúmero de posibilidades para la creación de nuevos materiales.

5.1.1.5 Investigación de mercados aplicada a la gestión de poliestireno expandido en la ciudad de Pereira.

En esta tesis se observa la problemática ambiental creada por el poliestireno expandido, la autora presenta estudios de mercado de la ciudad de Pereira y expone la posibilidad de crear una organización para el acopio del poliestireno expandido, mostrando lo que están haciendo en algunos países para el reciclaje del EPS. (Contreras, 2015).

El proyecto muestra el desafío de implementar el sistema de logística inversa en Colombia, aportando casos de empresas con sistemas de logísticas inversas viables como lo son de grandes

compañías como Cisco, Xerox, que están comprometidas con la sostenibilidad del medio ambiente.

5.1.1.6 Obtención de un recubrimiento anticorrosivo a partir del poliestireno expandido reciclado

En el año 2013, los autores Ismael Benítez y Jorge Andrés Vélez realizaron una tesis planteando un diseño experimental que desarrolla diferentes formulaciones con el poliestireno expandido reciclado y otros químicos aditivos, en el resultado se obtuvieron propiedades anticorrosivas satisfactorias donde se destacó una de las formulaciones, se comparó el recubrimiento obtenido con uno comercial en cuanto a su eficiencia y capacidad para la prevención y control de la corrosión, de lo cual se pudo concluir que el recubrimiento desarrollado en este proyecto es más eficiente en el control de la corrosión. (Ismael de Jesus Benitez, Jorge Andres Velez, 2013).

Esta tesis nos aporta una manera de reusar el poliestireno expandido, ya que a través de los diseños se hizo un ahorro significativo y es posible la sustitución del material, lo cual abre un campo para los productos creados a partir del material reciclado.

5.1.1.7 Análisis de alternativas para la gestión ambiental de los residuos de demolición y construcción (RCD), en la ciudad de Bogotá a partir del ciclo de vida y la economía circular.

En el año 2017, el autor Jorge Beltrán visualiza la problemática de los residuos de demolición y construcción en Bogotá y hace un análisis de documentos y políticas para llegar a formular alternativas para el manejo de RCD, apuntándole a la disminución de los materiales necesarios, reduciendo de esta manera los desechos (Jorge Beltan, 2017). Esto aporta al trabajo una regulación actual en cuestión de residuos de demolición y construcción.

5.1.2 Estado del Arte Internacional

5.1.2.1 Uso de Bloques de Poliestireno Expandido en terraplenes

En el año 2014, el Ing. Carlos Geovanny Almeida Ávila de la Universidad Central de Ecuador planteó un proyecto en el expone el desarrollo de los bloques de poliestireno expandido en el área de la construcción, compara las especificaciones según normas ASTM, se hacen ensayos de comprensión, flexión, absorción y placa sobre bloques de poliestireno expandido y se comprueban las propiedades mecánicas de los bloques expandidos fabricados a nivel nacional, determinando si los mismos pueden soportar cargas de tráfico (Almeida Avila, Carlos Geovanny, 2014).

Con este proyecto evidenciamos la posibilidad real de brindar alternativas ecológicamente amigables y se reafirma que las condiciones del poliestireno expandido son aptas para la industria de la construcción.

5.1.2.2 Publication material & Desing

En el año 2016, los autores Ferrándiz-Mas, Sarabia, Ortiz, Cheeseman y García-Alcocel plantearon evaluar la reutilización del poliestireno expandido para obtener morteros de cemento liviano, se estudiaron cuatro factores a varios niveles: tipo de EPS (dos niveles), contenido de EPS (dos niveles), mezcla de aditivos (tres niveles) y tipo de cemento (tres niveles), el efecto de los factores e interacciones en las propiedades fue modelado y analizado. Los resultados demuestran cómo se pueden manipular los factores y las interacciones sinérgicas para fabricar morteros ligeros que cumplan con las normas relevantes de la Unión Europea (UE). Estos morteros contienen hasta un 60% de residuos de EPS, bajas cantidades de aditivos y bajo contenido de Clinker CEM III. . (V. Ferrándiz-Mas,L.A. Sarabia,M.C. Ortiz,C.R. Cheeseman,E. García-Alcocel, 2016).

5.1.2.3 La utilización del poliestireno expandido en obras de geotecnia

En el 2014 se realizó una tesis donde se planteaba el estudio de múltiples soluciones constructivas en el campo de la geotecnia evidenciando grandes ventajas como la reducción de asentamientos y el aumento en la uniformidad de la superficie. Esta tesis no solo apoya el estudio de la incorporación del poliestireno expandido en las cimentaciones, sino que promueve su aplicación ya que el uso de este material reduce el peso estructural sin quitar rigidez (Dávila Martín, José Miguel, 2014).

Esta investigación a través del análisis del poliestireno expandido y su posible aplicación como sustituto de un terraplén en situaciones determinadas y material ligero en sistemas de contención de tierras, comprueba desde la rama de la geotecnia que los bloques de EPS pueden ser usados de forma eficaz y viable en las cimentaciones, lo cual representa una alternativa la cual el poliestireno expandido puede ser reusado en el campo de la construcción.

5.1.2.4 Recycling of Expanded Polystyrene from Packaging

En este artículo del 2010, Samper, Garcia-Sanoguera, Parres, y López plantean que, de acuerdo con los resultados obtenidos de un análisis térmico e infrarrojo, el poliestireno expandido no se degrada durante el proceso de restablecimiento y mejora sus propiedades térmicas. Asimismo, los autores presentan pruebas de tensión donde se evidencia que tanto el poliestireno virgen como el reciclado tienen un comportamiento mecánico similar, lo cual permite concluir que en algunos procesos industriales es posible usar el poliestireno reciclado sin afectar en gran medida la composición del producto final e incluso reduciendo los costos de este. (Samper, 2010)

Este trabajo aporta un esquema de reciclaje de poliestireno que permite el re-uso de este en los métodos tradicionales de procesamiento del plástico, permitiendo la reducción del volumen de este material, además de proveer una alternativa viable sustentada en experimentos térmicos y pruebas mecánicas.

5.1.2.5 Reciclado del poliestireno expandido en instituciones educativas para su uso como impermeabilizante

Actualmente existen diversas empresas que se dedican a reciclar el unicel para la elaboración de productos como alternativa para disminuir desechos del mismo e incluso hay proyectos que lo proponen como un sustituto del impermeabilizante comercial, algunos de los cuales Juárez describe brevemente a continuación: realizar un impermeabilizante a base de unicel reciclado y solvente, en éste caso acetona, haciendo una investigación de mercado con el fin de comercializarlo, la acetona es un buen material para este proceso pero resulto un poco caro conseguirlo por lo que se descartó este solvente. Según Alberola, se creó un impermeabilizante con unicel y acetato de etilo con el fin de reciclar el material. Conseguir el acetato no fue fácil, y utilizarlo para grandes cantidades de unicel no lo hizo conveniente, por lo que se descartó. De acuerdo con Sosa se desarrolló un aislante térmico a base de unicel y thinner, aunque en esta investigación el thinner que se utilizó era de buena calidad y se adaptó el solvente que se pudo conseguir, el cual fue de segunda, pero funcional para la experimentación. (Xochitl Samantha, Delgado-Hernández, Sheila Genoveva, Pérez-Bravo, Juan Yared, Wong-Gallegos, 2018).

Esto aporta que las aplicaciones y procesos en lo que respecta a su re-uso en la industria del poliestireno expandido hagan énfasis en emplear solventes que activen la descomposición celular para hacerlo maleable.

5.1.2.6 Estudio técnico y económico de una vivienda social utilizando ladrillos de Poliestireno Expandido.

En el 2010 se comparó una vivienda social construida de paneles de pino con una construida a partir de poliestireno expandido. Como consecuencia de ese estudio, se evidencio que la vivienda construida con ladrillos de poliestireno a pesar de tener mayor costo posee una mayor versatilidad, es más resistente a agentes externos y tiene una excelente aislación térmica acústica. (Javiera Andrea Martinez Vasquez, 2010)

Este trabajo demuestra las ventajas del poliestireno expandido tales como la rapidez de la ejecución de las obras, la solidez, la reducción de mano de obra y maquinaria. Adicionalmente, presenta un avance en el ámbito ecológico ya que al usarse este material se reduce la producción de escombros y se limita el uso de madera.

5.1.2.7 Análisis del Poliestireno Expandido como material de relleno en suelos de alta compresibilidad.

En 2012 los autores Giovanni Ruiz e Iván Ballesteros, realizan una tesis para usar el Poliestireno Expandido como material de relleno para mejorar los suelos, en este realizan varios ensayos, se miden fuerzas hidráulicas, cargas sísmicas, (Giovanny Francisco Ruiz Zapata, Ivan eduardo Ballesteros Intriago , 2012).

Esta tesis nos aporta los ensayos y arroja los resultados del comportamiento del poliestireno expandido como óptimo para las construcciones.

5.1.2.8 Evaluación de alternativas de reciclaje de poliestireno expandido (Duropor)

Los autores hacen una investigación de dos alternativas para reciclar el poliestireno expandido, la primera es producir una resina de intercambio iónico y la segunda un recubrimiento plástico, concluyeron que la resina para recubrimiento es de menor costo en relación con la primera alternativa obteniendo mejores resultados en la aplicación final

(Ing Oscar Giovanni Cordoba, Jacqueline Corado, 2015)

En este trabajo puede aportar alternativas de aplicación con el reciclaje del EPS.

5.2 Marco teórico

Para dar sustento teórico a la investigación se tendrá en cuenta el desarrollo de los temas: poliestireno expandido, Economía circular

5.2.1 Economía circular

El origen de la economía circular proviene del campo de estudio de la ecología industrial que surgió a principios de los años noventa (Ayres, 1994). Luego toma fuerza cuando la fundación Ellen MacArthur en el año 2012, publica unos documentos de apoyo a los gobiernos y empresas para promover la economía circular

Por definición, la economía circular es reparadora y regenerativa, y pretende conseguir que los productos, componentes y recursos en general mantengan su utilidad y valor en todo momento.

Este concepto distingue entre ciclos técnicos y biológicos.

Según la fundación economía circular (Fundacion Economia Circular , 2017) la define como un concepto económico que se interrelaciona con la sostenibilidad, y cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos (agua, energía,...) se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo la generación de residuos. Se trata de implementar una nueva economía, circular -no lineal-, basada en el

principio de «cerrar el ciclo de vida» de los productos, los servicios, los residuos, los materiales, el agua y la energía.

Según la fundación Ellen MacArthur (Fundacion Ellen MacArthur, 2012) la economía circular es un concepto cuyo propósito es ver más allá del actual modelo industrial extractivo, en aras de redefinir la percepción que se tiene de desarrollo económico e implementar tres principios fundamentales el primero, la eliminación de la contaminación y los residuos; el segundo, el uso constante de productos o materiales y el tercero, la regeneración de sistemas naturales

Este concepto desarrollado desde el 2012 nos aporta un modelo económico en el cual prima el medio ambiente y el re-uso constante de los productos, lo que genera un espacio amplio de oportunidades para la implementación de un modelo de economía circular y estrategias innovadoras de reparación o remanufacturado que permitan la restauración de productos, componentes y materiales que en el modelo económico lineal serian desechados

El modelo de economía circular abre las puertas a cientos de oportunidades de que estos residuos se conviertan en materia prima para la generación de nuevos productos, dejando de lado el modelo de obsolescencia programada que existe, en el que muchos productos se hacen para que caduquen en poco tiempo incentivando la economía lineal. Con el objetivo de cambiar el mencionado modelo, es necesario volver a plantear la relación que existe entre economía y medio ambiente.

5.2.2 3 Principios y 4 oportunidades de la Economía circular

5.2.2.1 Principio No 1: Preservar y mejorar el capital natural

Partiendo de que los recursos son limitados y balanceando los flujos de recursos renovables,

5.2.2.2 Principio No 2: Optimizar el uso de los recursos

Esto supone diseñar de modo que pueda repetirse el proceso de fabricación, restauración y reciclaje de modo que los componentes y materiales recirculen y sigan contribuyendo a la economía.

5.2.2.3 Principio No 3: Fomentar la eficacia del sistema

Lo anterior incluye reducir los daños al uso humano, tales como los relacionados con los alimentos, la movilidad, la vivienda, la educación, la salud y el ocio, y gestionar externalidades tales como el uso del terreno, la contaminación atmosférica, de las aguas y acústica, la emisión de sustancias tóxicas y el cambio climático.

5.2.2.4 Oportunidad Económica: por un mayor crecimiento de la actividad productiva, un ahorro sustancial en los costos netos de los materiales utilizados.

5.2.2.5 Oportunidad Ambiental:

Debido a la reducción de emisiones y en el consumo de materiales primarios.

5.2.2.6 Empresarial

Por nuevas y mayores fuentes de utilidades

5.2.2.7 Individual

Pues la ciudadanía tendrá mayores opciones para escoger, a precios más bajos

GUIA DE LA ECONOMIA CIRCULAR

PRINCIPIO

1

Preservar y mejorar el capital natural, controlando los stocks y equilibrando los flujos de recursos renovables
Palancas: Regenerar, desmaterializar, compartir

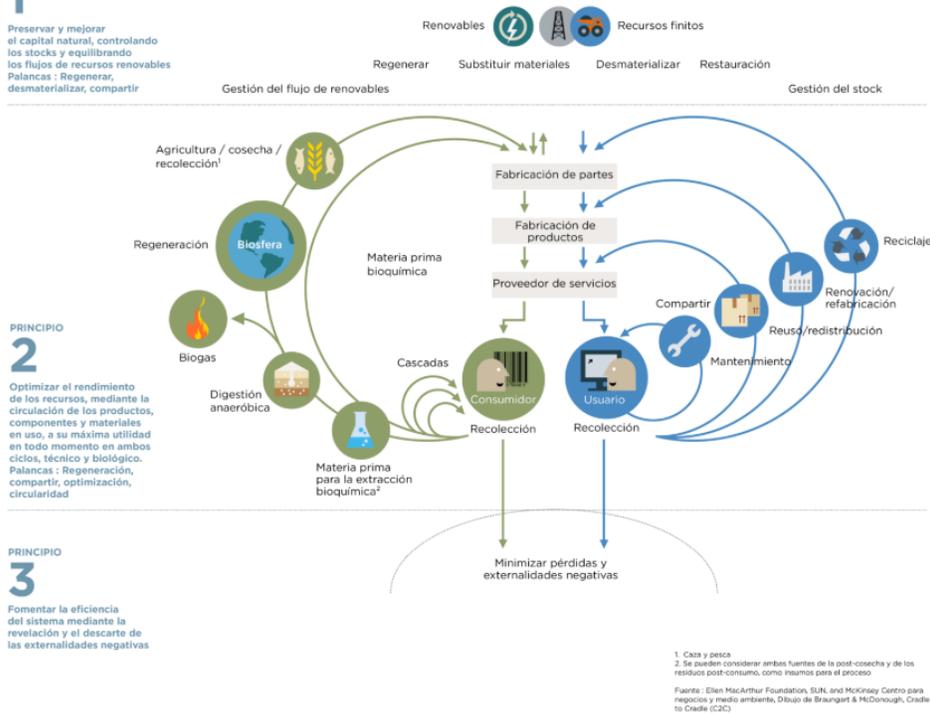


Ilustración 2 Esquema de Economía Circular (Fundación Ellen MacArthur, 2012)

Las 9R' como parte de la economía para aumentar la circularidad en cada paso y mantener el valor económico del producto y material a lo largo de su vida útil. Considerando que la producción de residuos se encuentra en continuo aumento.

Restaurar: actualizar un producto obsoleto para alargar su vida útil

Remanufacturar: Utilizar partes de un producto obsoleto en la manufactura para nuevos bienes.

Reproponer: Utilizar un producto obsoleto o algunas de sus partes para crear productos con funciones diferentes.

Reciclar: Recuperar materiales para reusarlos en productos nuevos.

Recuperar: Generar energía a partir de los residuos no reciclables.

Repensar: Aumentar la intensidad del uso de productos para evitar generar residuos.

Reducir: Aumentar la eficiencia en la manufactura con menos materia prima y energía

Reusar: Reutilizar el producto en buen estado por parte de un segundo dueño

Reparar: Arreglar productos defectuosos para alargar la vida útil.



Ilustración 3 9 R (Fundacion Ellen MacArthur, 2012)

5.2.3 Poliestireno Expandido

El Poliestireno Expandido de acuerdo con Anape es "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" La abreviatura Poliestireno Expandido deriva del inglés Expanded Polystyrene conocido también como Poliestireno Expandido o corcho blanco.

Este material es utilizado en el sector de la construcción, debido a sus propiedades que permiten realizar aislamiento térmico, y acústico y aplicaciones diversas en diferentes sectores de la industria. (Anape, s.f.).

5.2.4 Proceso de Fabricación Poliestireno Expandido

De la transformación del Poliestireno Expandido se obtiene el Poliestireno Expandido (Poliestireno Expandido). La materia prima es un polímero del estireno (hidrocarburo C₈H₈, compuesto químico, incoloro y aromático que se utiliza en la preparación de polímeros y que estos mismos se emplean como cauchos sintéticos) contiene a su vez un disolvente muy volátil y saturado como el “pentano”. El Poliestireno Expandido es derivado del petróleo, solo el 6% se dedica a la fabricación de productos químicos y un 94% a la fabricación de combustibles para transporte y calefacción.



Ilustración 4 aprovechamiento petróleo; (Anape, s.f.)

En el procesamiento de gas natural y de petróleo se obtiene el etileno y variedad de compuestos aromáticos, donde a partir de estos dos procesos se obtiene el “Poliestireno Expandido”.

Este estireno monómero, líquido oleoso transparente, dincoloro o amarillo utilizado para la fabricación de Poliestireno Expandido, que junto con el “pentano” sufre un proceso de polimerización en un reactor con H₂O, dando lugar al Poliestireno Expandido, materia prima de partida para el Poliestireno Expandido.

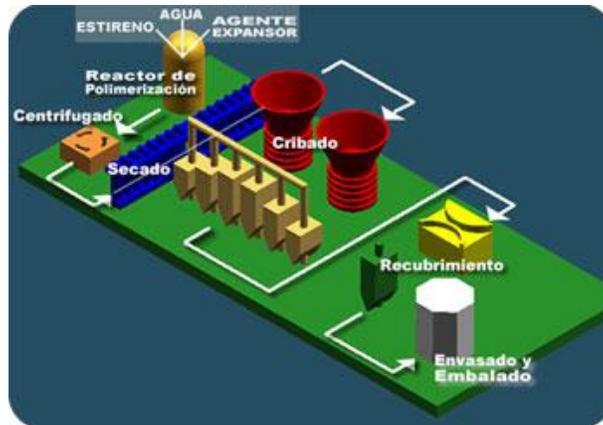


Ilustración 5 Imagen de fabricación del Poliestireno Expandido (Anape, s.f.)

5.2.5 Proceso de transformación Poliestireno Expandido

El proceso de transformación del Poliestireno Expandido se fundamenta en tres etapas.

1^{ra} etapa: Pre-expansión.

La materia prima ingresa como plástico de poliestireno bolitas de Icopor, estas se expanden dentro de una cámara de vapor, que a su vez se calienta en unas máquinas especiales denominadas pre-expansores, con vapor de agua a temperaturas situadas entre aprox. 120 y 200°C haciendo que las bolitas de Icopor provocan que el pentano de las bolitas se escape con lo que entra aire dentro y las bolitas se inflan hasta alcanzar 40 veces su tamaño original.

En el proceso de pre-expansión, las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas ligeras de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior.

2^a etapa: Reposo intermedio y estabilización.

Al enfriarse las partículas recién expandidas se embolsan en sacos enormes, se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Este proceso se desarrolla durante el reposo intermedio del material pre-expandido en silos ventilados. Al mismo tiempo se secan las perlas.

3ª etapa: Expansión y moldeo final

En esta etapa las perlas pre expandidas y estabilizadas se transportan a una máquina de formación de bloques (moldes), cuando más bolitas se colocan en la maquina por metro cubico más denso será el producto, donde nuevamente se les comunica vapor de agua y las perlas se sueldan entre sí este proceso tiene una duración de 20 min. Aproximadamente dependiendo de la densidad, es importante el pesado después de este proceso para asegurar que cumpla las especificaciones, dependiendo la densidad los bloques pueden pesar hasta 200 kilos de esta forma se pueden obtener grandes bloques (que posteriormente se mecanizan en las formas deseadas como planchas, bovedillas, cilindros, etc..) o productos conformados con su acabado definitivo dependiendo lo requerido por el cliente.



Ilustración 6 Proceso de transformación del Poliestireno Expandido (Anape, s.f.)

5.2.6 Propiedades Físicas

La resistencia del Poliestireno Expandido se evalúa bajo las siguientes propiedades.

Densidad: Los productos y artículos acabados en Poliestireno Expandido - Poliestireno Expandido se caracterizan por ser extraordinariamente ligeros, aunque resistentes. El “KNAUF Therm Th39SE su densidad mínima se sitúa en los 13.5 kg/m³.

Aislamiento Térmico: los productos y materiales de Poliestireno Expandido - Poliestireno Expandido presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío. La mayoría de sus aplicaciones están directamente relacionadas con esta propiedad, por ejemplo, cuando se utiliza como material aislante de los diferentes cerramientos de los edificios o en el campo del envase y embalaje de alimentos frescos y perecederos como las familiares cajas de pescado.

Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno). De todos es conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico.

La capacidad de aislamiento térmico de un material está definida por su coeficiente de conductividad térmica λ que en el caso de los productos de Poliestireno Expandido varía, al igual que las propiedades mecánicas, con la densidad aparente.

5.2.7 Propiedades Químicas

El Poliestireno Expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas sustancias. En la siguiente tabla se detalla más información acerca de la estabilidad química del Poliestireno Expandido.

Sustancia activa	Estabilidad
Solución salina (agua de mar)	Estable: El EPS no destruye con una acción prolongada
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: El EPS no destruye con una acción prolongada
Lejías	Estable: El EPS no destruye con una acción prolongada
Ácidos diluidos	Estable: El EPS no destruye con una acción prolongada
Ácido clorhídrico (al 35%), ácido nítrico (al 50%)	Estable: El EPS no destruye con una acción prolongada

Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Soluciones alcalinas	Estable: El EPS no destruye con una acción prolongada
Disolventes orgánicos (acetonas, esterres,...)	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable: El EPS se contrae o se disuelve
Aceites de parafina, vaselina	Estable: El EPS no destruye con una acción prolongada
Aceite de diésel	No estable: EL EPS se contrae o se disuelve
Carburantes	No estable: EL EPS se contrae o se disuelve
Alcoholes (metanol y etanol)	Estable: El EPS no destruye con una acción prolongada
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o puede ser atacada su superficie.

Ilustración 7 tabla de estabilidad química del Poliestireno Expandido (Anape, s.f.)

5.2.8 Propiedades Biológicas

El Poliestireno Expandido no constituye substrato nutritivo alguno para los microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. No obstante, en presencia de mucha suciedad el Poliestireno Expandido puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo.

Los productos de Poliestireno Expandido cumplen con las exigencias sanitarias y de seguridad e higiene establecidas, con lo que pueden utilizarse con total seguridad en la fabricación de artículos de embalaje destinados al contacto alimenticio. El Poliestireno Expandido no tiene ninguna influencia medioambiental perjudicial. Se pueden adjuntar a los residuos domésticos o bien ser incinerados. En cuanto al efecto de la temperatura, mantiene las dimensiones estables hasta los 85°C. No se produce descomposición ni formación de gases nocivos.

5.2.9 Comportamiento frente al Fuego

Los productos de Poliestireno Expandido, al ser expuestos a temperaturas superiores a 100°C, empiezan a reblandecerse lentamente y se contraen, si aumenta la temperatura se funden. En

ausencia de un foco de ignición los productos de descomposición térmica no se inflaman hasta alcanzar temperaturas del orden de los 400 - 500 °C.

Un material tratado con agentes ignifugantes (auto extingüible) se contrae si se expone a una llama. Sólo empezará a arder si la exposición se prolonga, a una velocidad de propagación muy baja, las llamas se propagan sólo en la superficie del material. Para calibrar las diferentes situaciones de riesgo que comporta el empleo de Poliestireno Expandido, deben tenerse en cuenta factores derivados de su contenido, su forma y su entorno.

5.3 Marco Legal

En la legislación colombiana actualmente se está trabajando en dos acuerdos de ley acerca de la prohibición del Icopor.

Decreto 482 de 2003 Por el cual se adopta la Política de Producción Sostenible para Bogotá, D.C (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2003).

En la resolución 1407 de julio de 2018, el ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible “por lo cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plásticos, vidrios, metal y se toman otras determinaciones”.

También según acuerdo 417 del 17 de diciembre de 2009 “Por medio del cual se reglamenta el comparendo ambiental en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones”. (Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, 2018).

Icontec con la norma NTC 1359 norma que tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir las espumas rígidas de Poliestireno Expandido. (Norma Técnica Colombiana, 1974).

Icontec Norma NTC1426 tiene como objeto establecer los requisitos que debe cumplir el poliestireno expandible utilizado en la elaboración de espumas rígidas y cuerpos moldeados (Normas Técnicas Colombiana , 1978).

La norma ISO14001 invita a las organizaciones a gestionar de manera proactiva su impacto medioambiental mediante el compromiso de evitar la contaminación, respetar la legislación y fomentar la mejora continua. (ISO14001:2015, 2015).

CONPES 3874/2016 Política Nacional para la gestión de Residuos Sólidos, aportan a la transición de un modelo lineal hacia una economía circular, a través de la gestión integral de residuos sólidos. (Consejo nacional de Política Económica y Social, 2016).

6 Marco Metodológico de la Información

6.1 Recolección Información

6.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se contemplará en este proyecto de grado y que tiene como finalidad lograr alcanzar los objetivos propuestos como son la reducción de contaminación en Bogotá y la reutilización del Poliestireno Expandido en la industria de la construcción, es documental e investigativa debido a que estudiaron los diferentes procesos para reciclar EPS desechado en Bogotá, se identificaron las empresas que fabrican EPS a nivel nacional, los métodos, materia prima y canales de distribución de las empresas que fabrican EPS.

6.1.2 Fuentes de obtención de la información.

6.1.2.1 Fuente de información primaria

La investigación del trabajo está basada en la observación de las actividades de la empresa ya creadas para el reciclaje del poliestireno expandido, fábricas de poliestireno, fábricas dedicadas a la construcción.

6.1.2.2 Fuentes de información secundarias

Para este proyecto serán definidos los métodos que aplican a cada uno de los objetivos de desarrollo del mismo, definiendo sus actividades y herramientas para el desarrollo final del entregable, la cual será soportada en métodos de investigación como trabajo de grado, artículos científicos de revistas indexadas en las bases de datos de la Universidad ECCI , el cual nos permitió analizar la información y determinar la mejor opción definida en este documento como viabilidad del producto reciclable de EPS, para la industria de la construcción.

6.1.3 Herramientas

Dentro de este proyecto de investigación se utilizan las siguientes herramientas.

Entrevistas

Tabulación de información

Diagrama de Pareto

6.1.4 Metodología

En este proyecto de grado se basa en la necesidad de aportar como sociedad e industria a la reducción de la contaminación a través de los diferentes productos elaborados en Poliestireno Expandido, por medio de la reutilización en la industria de la construcción.

Para el desarrollo del objetivo uno (Proponer estrategias de sensibilización y culturización de la comunidad para el adecuado uso del reciclaje como mecanismo de reducción del consumo de poliestireno expandido en Bogotá) se realizará una campaña de sensibilización a la comunidad y las empresas con fin de crear conciencia sobre el daño por ocupación de este material en los rellenos sanitarios, proponemos actividades y espacio de promoción con temas de gestión ambiental, con enfoque en reciclaje de poliestireno expandido.

Para el desarrollo del objetivo dos, (Aplicar el modelo de economía circular como solución, para la mejor utilización de los desechos del poliestireno expandido, en aras de cambiar lados, acción medioambiental actual en la ciudad, teniendo en cuenta los indicadores internacionales propuestos en los objetivos de desarrollo sostenible.) aplicaríamos los conceptos de la economía circular para reducir el despilfarro de recursos naturales.

Por último, para el objetivo tres, (Dar un uso a la reutilización del poliestireno expandido en la industria de la construcción debido a que cuenta con propiedades físicas y mecánicas) basándonos en aplicaciones útiles como el método herramientas de ingeniería, donde identificamos el ciclo de vida del EPS, justificado en las etapas establecidas del ciclo (fabricación, distribución, reciclaje, transformación, aplicación en la industria), económicas, sociales y ambientales.

6.1.5 Información recopilada.

Con el levantamiento de la información que incluye el ciclo de vida del EPS, y el proceso reciclaje escogido, rediseñaremos un proceso que se adapte a las condiciones locales y regionales (producto para uso de la industria de la construcción), el producto obtenido de este proceso determinara la validación de del diseño donde se realizarán análisis técnico, social, ambiental y económico.

Se identificaron las empresas que fabrican y distribuyen productos de Icopor (EPS) en Colombia y que están legalmente constituidas. Seguidamente se identificaron empresas que reutilizan el EPS (producen EPS con 50% nuevo y 50% reutilizado principalmente para el sector construcción) y empresas que fabrican otros productos con EPS reciclado. Con base en lo anterior se hizo el análisis del EPS a partir del concepto del ciclo de vida.

Empresas productoras:

EMPRESA	LOGO
<p>Es una empresa del sector industrial dedicada a la producción y comercialización de producto moldeado de Icopor, produce y comercializa neveras y tanques de productos a temperatura constante (transporte de alimentos y medicamentos), inicia su producción en el año 2007, ubicada al norte de Cali</p>	 <p>(Thermopor, s.f.)</p>
<p>Planta de transformación de Poliestireno Expandido, su principal producto fabricación de casetón, inicia operaciones a finales de 2005.</p>	 <p>(Macropor, s.f.)</p>
<p>Es una empresa que da solución en formas versátiles del poliestireno expandido, en las líneas de Cadena de frío, Empaques, Agroindustria y Construcción, ubicada en Bogotá.</p>	 <p>(Icoformas, s.f.)</p>
<p>Empresa de comercialización y producción de Poliestireno Expandido, productor de pentano y agente expansor utilizado para el EPS, ubicado en Tocancipá, productor sector agrícola, construcción, infraestructura.</p>	

<p>Se encarga de la fabricación de productos de EPS, sector construcción, industria y comercial (perlas para relleno, cajas de Icopor para frutas) ubicada en Manizales</p>	 <p>ISOPOR Fabricamos icopor desde 1988</p> <p>(Isopor, 2019)</p>
<p>Organización especializada en la fabricación y comercialización EPS, amplia gama de productos, sector de la construcción (casetones), sector comercial, sector industrial (aislantes térmicos y acústicos), sector decoración (manualidades), ubicada en Palmira.</p>	 <p>(Palmipor, 2019)</p>

Tabla 1 Empresas de Icopor en Colombia, fuente propia

Empresas dedicadas a la recuperación del Icopor:

EMPRESA	LOGO
<p>Organización que se encarga de la recuperación y reciclaje del Icopor, fábricas útiles escolares (reglas escolares, entre otros), ubicada en Bogotá</p>	 <p>(Fundación Verde Natura, 2010)</p>
<p>Compañía especializada en la fabricación de productos en Icopor reciclado para el sector de la construcción y la decoración. Uno de sus principales objetivos de la</p>	 <p>(Ikoportex, s.f.)</p>

<p>compañía es el reciclaje limpio de EPS para la fabricación de casetón, Ubicada en Bogotá.</p>	
<p>Compañía especializada en la fabricación de productos e insumos para el sector de la construcción a partir de poliestireno expandido reciclado está ubicada Medellín desde 2012</p>	<div data-bbox="906 596 1089 747" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="959 856 1143 890">(Aglopor, s.f.)</p>

Tabla 2 Empresas Colombiana reciclan Icopor, fuente propia

6.1.5.1 Declaración del diseño

Se diseñó un proceso industrial que permite tomar grandes volúmenes de Poliestireno Expandido desechado (EPSd), de baja densidad, limpio y lo convierte en un compuesto tipo resina/aditivo para procesos industriales conocidos y estandarizados de gran escala. El primer proceso al que se incorpora EPSd es la fabricación de una resina para pintura anticorrosiva, basado en una investigación realizada por (Ismael de Jesus Benitez, Jorge Andres Velez, 2013). El segundo proceso consiste en preparar asfalto modificado incorporando un aditivo de EPSd. Estos productos quedan rediseñados cuando se incluye el compuesto de EPSd con d-limoneno en su proceso de producción.

6.1.5.2 Proceso de diseño

Como resultado de investigaciones y encuestas sobre reciclaje de poliestireno y de los criterios de selección se diseñó una resina/aditivo a partir de EPS desechado disuelto en un solvente orgánico tipo terpeno (d-limoneno). Un anticorrosivo está compuesto de resina, aditivos y pigmentos. La resina considerada es el resultado de la investigación de Ingeniería Química de (Ismael de Jesus Benitez, Jorge Andres Velez, 2013) quienes sugieren los porcentajes óptimos de TiO₂ y ZnO. Los experimentos realizados muestran que el EPSd disuelto en d-limoneno junto con los aditivos de Titanio y Zinc cumple con el objetivo de proteger el hierro de la oxidación. También se muestra que un 100% de EPS desechado se incorpora en la pintura generando un impacto positivo al medio ambiente. Algunas fotografías del proceso se presentan en la imagen 9 imágenes del proceso de producción de anticorrosivo a partir del EPSd

	
Peso de limoneno para disolución	Peso de eps triturado para disolución

	
<p>Peso de TiO_2 y ZnO para mezcla</p>	<p>Sustancia final anticorrosiva.</p>

Ilustración 8 Imágenes del proceso de producción de anticorrosivo a partir de EPSd

Asfalto calentado a 140°

Peso 98% asfalto en balanza

Ilustración 9 Imágenes del proceso de producción de asfalto modificado con 2% de EPSd

De otro lado, una mezcla asfáltica se compone de asfalto (bitumen) y agregados de roca. El asfalto considerado en este rediseño es tipo 60/70 donde se reemplaza un 2% en masa por el aditivo de EPSd. En este asfalto modificado también se incorpora el 100% del volumen de EPSd en el asfalto generando también un impacto positivo sobre el medioambiente. Algunas fotografías del proceso de modificación del asfalto 60/70 con EPSd disuelto en d-limoneno se muestran en la ilustración 10 imágenes del proceso de producción de asfalto modificado con 2% de EPSd.

6.1.5.3 Requerimiento de desempeño

Los requerimientos, procedimientos, equipos, materias primas para el diseño del proceso de aditivo, la producción de asfalto modificado y la pintura anticorrosiva se muestran a continuación:

6.1.5.4 Producción de un compuesto de EPSd con d-limoneno.

Se requiere mezclar 1.67 gramos de d- limoneno por cada gramo de EPSd de baja densidad fragmentado en cubos de aproximadamente 1 cm³ para que sea fácil su disolución.

6.1.5.5 Producción pintura anticorrosiva

Los elementos requeridos para el diseño de este proceso son: 2.9 % de dióxido de Titanio (TiO₂), 17.1 % de óxido de Zinc (ZnO), y una proporción de 80% de compuesto de EPSd con d-limoneno que en este producto actúa como resina.

6.1.5.6 Producción de asfalto 60/70 modificado.

Se requiere asfalto 60/70 proveniente de Barrancabermeja (100% asfalto) y compuesto de EPSd con d-limoneno que en este producto actuará como aditivo modificador del asfalto. Se debe calentar hasta 140 °C y reemplazar 2% en masa de asfalto por 2% en masa de aditivo de EPSd. Dos condiciones de aplicación son: verter la mezcla inmediatamente y mantener la temperatura

de la mezcla entre 125 y 140 °C mientras se hace el vertimiento. Ensayos y comparar los resultados con los valores de asfalto 60/70 convencional bajo estos mismos ensayos.

6.1.5.7 Pruebas de rendimiento

Para garantizar que el diseño cumpla con los requerimientos de desempeño, se desarrollaron las siguientes pruebas:

6.1.5.7.1 Para el proceso de fabricación del compuesto de EPSd con d-limoneno:

Se valida con las pruebas realizadas sobre los dos productos desarrollados con este compuesto, la pintura anticorrosiva donde el compuesto actúa como resina y el asfalto modificado donde el compuesto actúa como aditivo.

6.1.5.7.2 En el diseño y fabricación de pintura anticorrosiva con compuesto de EPSd con d- limoneno

Se hizo una prueba que consistió en pintar tres varillas de hierro nuevas por sus extremos dejando el centro de la varilla sin pintar. A la primera de ellas se le aplica una capa de la pintura anticorrosiva desarrollada, a la segunda dos capas y a la tercera tres capas. Posteriormente se dejaron a la intemperie por cerca de un mes observando periódicamente su nivel de oxidación en función del tiempo.

6.1.5.7.3 Rediseño y fabricación de asfalto 60/70 modificado con compuesto de EPSd disuelto con d-limoneno

Se realizó la caracterización física para el asfalto modificado con el compuesto aditivo, mediante tres ensayos: ensayo de penetración, ensayo punto de ablandamiento y ensayo pérdida de masa (RTFO). Posteriormente, se compararon los resultados de estos tres ensayos con los valores arrojados para asfalto 60/70 convencional con estas mismas pruebas. Así se determina el cumplimiento de las características físicas del asfalto modificado. A continuación, se listan los equipos e instrumentos de laboratorio requeridos para estos ensayos:

Ensayo de penetración: Estufa para calentar el asfalto, termómetro infrarrojo que permita medir la temperatura a la que se debe hacer la prueba (Temperatura = 25 °C), aguja estándar 100g, cronómetro para medir el tiempo de penetración (tiempo = 5 s).

Ensayo de punto de ablandamiento: Para este ensayo se requieren dos discos horizontales de asfalto, dos anillos de cobre, dos balines de acero (3,5g) y un termómetro para medir las temperaturas durante la prueba (Inicio T = 5 °C y luego calentar a razón de 5 °C por minuto).

Ensayo de pérdida de masa (RTFO): Los elementos que se requieren para este ensayo son:

Un horno rotatorio de película delgada, una balanza, botellas cilíndricas especiales para el horno y un cronómetro

6.1.5.7.4 Restricciones

Las restricciones que se definieron para este proyecto son: el tiempo y el costo. No se contó con presupuesto y tiempo suficientes para contratar pruebas químicas y reológicas adicionales en laboratorios especializados que dieran más información sobre el comportamiento del aditivo de EPSd en el asfalto modificado; así mismo no se cuenta con información sobre costos logísticos para la recolección del EPSd, por lo tanto, se asumirán como cero, pero es importante resaltar que en futuro alguien debe asumir estos costos de recolección.

6.1.5.7.5 Cumplimiento estándar.

En la producción de compuesto de EPSd con d-limoneno se observaron todas las normas y condiciones de trabajo de laboratorio en química de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. El manejo de los insumos, los productos y los métodos experimentales cumplieron los requisitos de seguridad y de adecuado manejo de residuos contaminantes y peligrosos.

En particular las pruebas de fabricación de asfalto modificado se rigen por las normas

AASHTO T49 y ASTM D5, AASHTO T53 y ASTM D36, las cuales brindan los procedimientos necesarios para los ensayos realizados que evaluaron la caracterización física del asfalto 60/70 modificado con respecto al asfalto 60/70 convencional.

En los tres procesos realizados, el compuesto de EPSd con d-limoneno, la pintura anticorrosiva y el asfalto 60/70 modificado se cumplieron con todas las normas ambientales establecidas en los laboratorios de química y central de mezclas de la Pontificia Universidad Javeriana Cali. Adicionalmente para los desarrolladores de este Proyecto de Diseño de Ingeniería Industrial es muy importante la reducción de los impactos negativos de los productos en el medio ambiente como se puede observar a lo largo de este documento. Se destaca que el 100% del EPSd que se utiliza en las pruebas se incorpora completamente (100%) en los productos.

6.2 Análisis de información

Para poder obtener información sobre la disposición final de los productos de poliestireno expandido (EPS), se realizaron tres métodos de investigación en campo: encuestas a consumidores de EPS, entrevistas a empresas que fabrican EPS (vía telefónica), e investigación a empresas locales. (ver anexo 7 Ficha técnica de encuesta).

De acuerdo con lo anterior, y con relación al primer punto de obtención de la información “encuesta a consumidores de productos de Icopor (EPS)” se determinó que los consumidores de Icopor en gran proporción son los que utilizamos para empaques de alimentos los cuales desechamos rápidamente en basureros locales (Canecas), a lo cual se refiere a consumidores que no limpian estos empaques, solo los descartan en el tarro de la basura más cercano, por ende terminan en el relleno sanitario Doña Juana (figura 11), por otra parte, de acuerdo a información suministrada por los ingenieros constructores, algunas empresas como Armadillos S.A, Macropor, Induyorjac S.A.S, retornan Icopor utilizado en obras civiles para ser procesado

(triturado) adicionarle calor y moldear lo que usualmente llaman tortas y posteriormente enviarlo a China para ser utilizado como materia prima, los desechos que no son utilizados (reutilizados o reciclados) se envían directamente con los demás escombros a los rellenos sanitarios autorizados. En el caso del Icopor utilizado en la industria de tecnología embalaje de electrodomésticos muy pocos son utilizados en los hogares o desechado directamente.

Los desechos de poliestireno expandido procedentes de almacenes de grandes superficies como son Éxito, Jumbo, La 14, Alkosto, Olímpica, entre otros, y centros comerciales, restaurantes, hospitales, terminan en el rellenos sanitario autorizado en este caso “el relleno sanitario Doña Juana” ya que estas empresas tienen un plan de recolección de residuos que ayudan y aportan a la naturaleza en el tema de reciclaje, en los hogares que no cuentan con temas y esquemas de organización en el reciclaje, muchos de ellos acaban en lagos, ríos, mares que afectan el ecosistema de manera potencial.



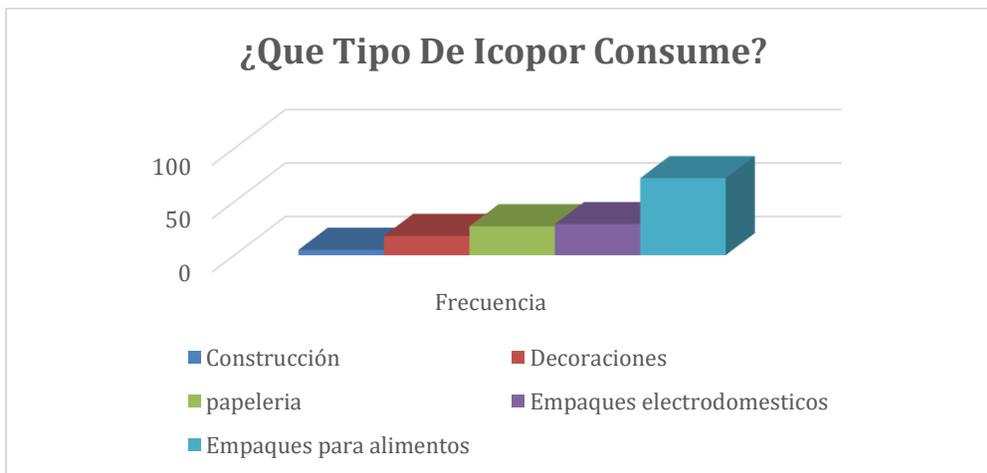
Ilustración 10 Relleno Sanitario Doña Juana

6.2.1 Identificación de las fuentes generadoras locales y regionales de EPS (poliestireno expandido) desechado (el consumidor que no es necesariamente el comprador)

Se realizó una encuesta para determinar e identificar el comportamiento de los consumidores de Icopor en la ciudad de Bogotá, Esta consistió en 6 preguntas aplicadas por medio virtual, la población encuestada fue de 101 personas. La presentación de la encuesta se encuentra en el anexo 1, donde a continuación se discuten los resultados.

¿Qué tipo de Icopor consume?

Tipo de Icopor	Frecuencia	% participación sobre la muestra
Construcción	5	4,95%
Decoraciones	18	17,82%
papelería	27	26,73%
Empaques electrodomésticos	29	29,00%
Empaques para alimentos	72	72,00%



De acuerdo con el resultado de los encuestados el tipo de icopor más utilizado son los empaques para alimento con el 72%, si bien este tipo de empaque es suministrado por un tercero no es propiamente utilizado a favor de la utilización o consumo de alimentos, es más por salubridad y

empresa tercera lo cual su utilización o medio de empaque lo realiza con este producto, más higiénico, mejor presentación, disminución de peso y transporte de alimentos, mejor utilidad. Es de aclarar que la población utilizada para el desarrollo de la encuesta son personas del común, donde se asume que la frecuencia de compra de productos que su empaque es icopor (EPS), es baja, comparada con el consumo de icopor presentes en los alimentos.

Frecuencia de utilización tipo de Icopor en la “Construcción”			Frecuencia de utilización tipo de Icopor en la “decoración”		
Escala	Número de personas	Frecuencia	Escala	Número de personas	Frecuencia
1	94	93,07%	1	64	63,37%
2	3	2,97%	2	20	19,80%
3	3	2,97%	3	10	9,90%
4	2	1,98%	4	6	5,94%
5	4	3,96%	5	3	2,97%

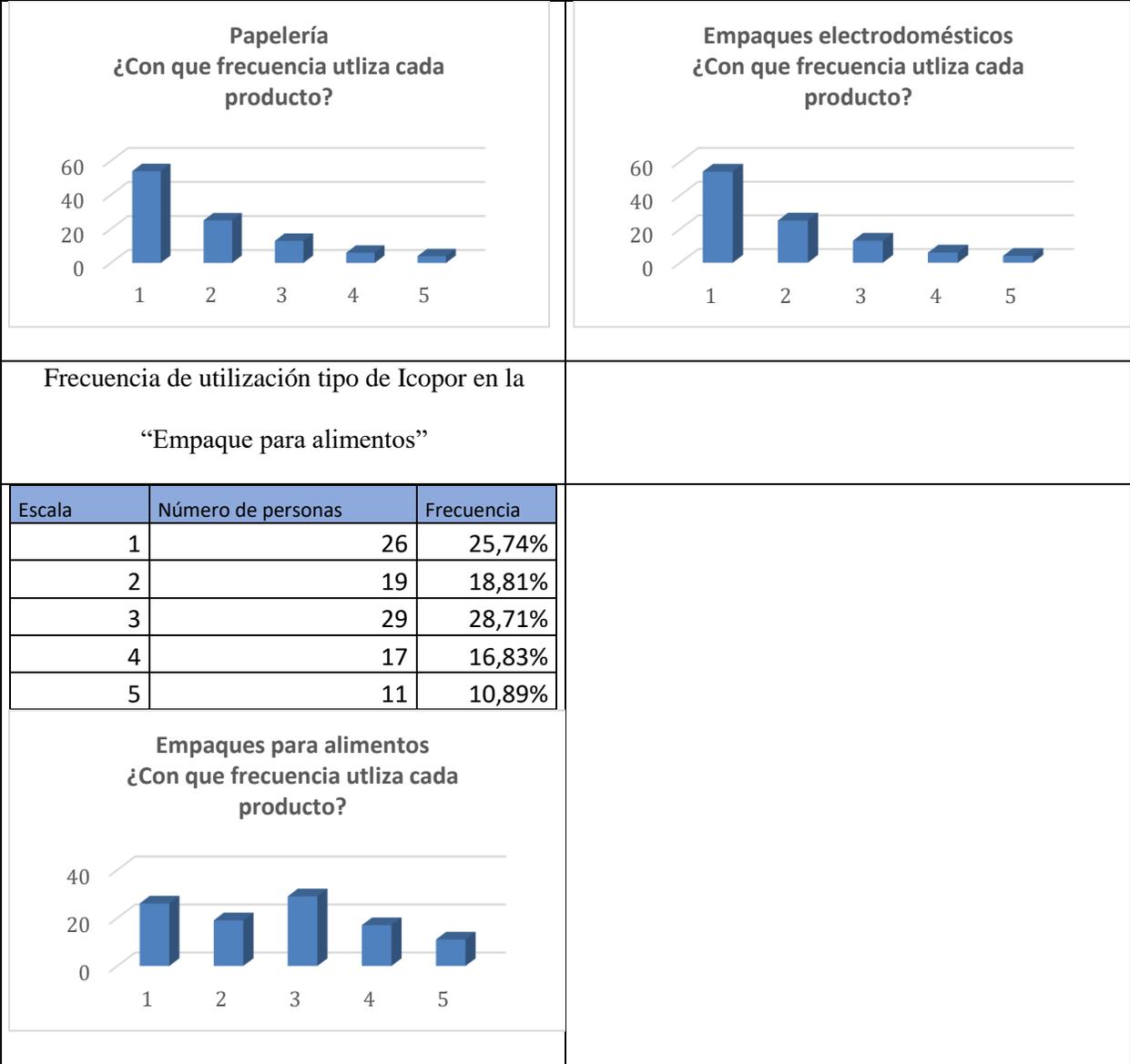
Frecuencia de utilización tipo de Icopor en la “Papelería”			Frecuencia de utilización tipo de Icopor en la “Electrodomésticos”		
Escala	Número de personas	Frecuencia	Escala	Número de personas	Frecuencia
1	54	53,47%	1	54	53,47%
2	25	24,75%	2	25	24,75%
3	13	12,87%	3	13	12,87%
4	6	5,94%	4	6	5,94%
5	4	3,96%	5	4	3,96%

Construcción
¿Con que frecuencia utiliza cada producto?

Escala	Número de personas	Frecuencia
1	94	93,07%
2	3	2,97%
3	3	2,97%
4	2	1,98%
5	4	3,96%

Decoración
¿Con que frecuencia utiliza cada producto?

Escala	Número de personas	Frecuencia
1	64	63,37%
2	20	19,80%
3	10	9,90%
4	6	5,94%
5	3	2,97%



Los resultados generados por la encuesta muestran que el icopor utilizado para la construcción su participación es muy baja, debido a que el usuario final son las empresas de construcción y arquitectura, su utilidad se base obras civiles, su conocimiento de la utilidad del icopor en esta industria es muy exclusivo y no está a conocimiento de las personas del común, pocos sabemos que esta industria su mayor fuente de elaboración de piezas son base del Icopor (EPS).

El poliestireno expandido para decoraciones también es poco utilizado por las personas del común ya que su frecuencia muestra un indicador muy bajo, puede ser por falta de conocimiento o porque su uso no es frecuente, pues en el mercado existe muchos elementos decorativos para la decoración de interiores a base del icopor, sus precios son cómodos y su utilización es muy común como son los cielos rasos, cenefas, techos, paredes falsas entre otros, que a simple vista brindan un aspecto agradable, que también son de fácil acceso para las personas del común

6.3 Propuesta de Solución

6.3.1 Propuesta de solución 1: capacitación

Se propone a los grandes consumidores del EPS brindar acompañamiento en sus procesos, capacitando al personal de la compañía y a los ciudadanos en general, acerca de la importancia del uso y destino final del material que se tendrá en cuenta como desperdicios, esto con el fin de generar conciencia y así lograr tener un manejo adecuado en la disposición final, para esto debemos crear un programa para aprovechar los residuos del poliestireno expandido y consiste en clasificar los residuos desde la fuente generadora, es necesario invitarlos a participar en la preservación y la recuperación del medio ambiente, esta participación se debe hacer desde la fuente separándolos.

6.3.2 Propuesta de selección 2: producción de bloques para la industria de la construcción.

El plástico de un solo uso pasa a ser reutilizado partiendo de la premisa que todos los envases sean reutilizables, reciclables, se aumentaría la reutilización, recolección y reciclaje

Para la reutilización del poliestireno expandido en la industria de la construcción debido a que cuenta con propiedades físicas y mecánicas.

El material recolectado será tratado en el proceso de Extrusión, proceso en el cual se fabricarán bloques solidos los cuales pueden ser empleados en la industria de la construcción como en cimientos, esto para minimizar costos en materiales rocosos y a su vez contribuir con el medio ambiente ya que el EPS posee óptimas propiedades mecánicas.

Se pueden trabajar dos alternativas de solución en lo que respecta a la reutilización del EPS, esto bien sea como material 100% a base del mismo o también con adición de otros componentes ya sean por ejemplo polímeros, ya que en el proceso de extrusión y por la naturaleza del producto se pueden realizar mezclas de diversos componentes, ya que lo que se está buscando es la reutilización de materiales y que mejor que los plásticos, materiales que aportan alto índice contaminante en el mundo no es tan amplia su reaprovechamiento .

Se identifican en los datos obtenidos que el poliestireno expandido es uno de los productos que se pueden reciclar y reutilizar, debido a su utilización la cual nos muestra que es útil, fácil acceso, y que así mismo cada hogar es consumidor de manera directa e indirecta, sin tener presente las consecuencias que puede ocasionar si este producto no se le da un destino final apropiado.

Material generado por las personas del común.

Tabla 3 % Utilización en la industria de la construcción

Material reciclable/Entidad	Generación %	1-200Kg	201-500Kg	Más de 500Kg	Observaciones
EPS en la industria de la alimentación	73%	32%	24%	65%	Las personas encuestadas y propietarios de estos negocios son conscientes del uso de este material en un 54%, por la Mayor generación de desperdicios de EPS son generados en la industria de la alimentación.
EPS en centros comerciales	83%	37%	27%	20%	La cantidad acumulada de EPS en los centros comerciales, son proporción mayor en almacenes de electrodomésticos y de cadena de restaurantes, este material en un 35% es reutilizado y un 25% que

					no es tratado o acumulado de la mejor manera
EPS industria de la Construcción	100%	54%	39%	7%	La industria de la construcción, este material genera poco desperdicio, pero se utiliza en grandes proporciones, por lo tanto, esta utilización es controlada.
EPS en empresas e instituciones educativas	46%	46%	0	0	Se evidencia que las personas que laboran en empresas e instituciones educativas son una fuente generadora de este producto, pero su reutilización es mayor con un 38% de utilidad.

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.1 Estudio y análisis de la competencia

Este estudio se realizó tomando una muestra mediante llamada telefónica y trabajo de campo en empresas del sector de reciclaje con el fin de consultar precios del mercado actual.

Tabla 4 Encuestas Realizadas

Empresas	Teléfono	Dirección	EPS sucio	EPS Limpio	Recoge en Sitio
Thermopor	3217605507	Soacha	\$ 400	\$ 550	SI
Macropor	3206740586	Vergel	\$ 450	\$ 900	NO
Ikoportex	8121158	Fontibón	\$ 400	\$ 600	SI
Verde natura	3162251	Chapinero	\$ 400	\$ 550	NO
Aglopor	3439210	Puente Aranda	\$ 450	\$ 600	NO

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.2 Análisis de la demanda

Se seleccionaron 20 empresas que utilizan el poliestireno expandido en la construcción, se tomó una muestra del 50% de ellas, se identifican posibles compradores potenciales, con el fin de que el material reutilizado sea comprado y aprovechado dentro del objetivo de esta industria, se evidencia que los precios ofertados dependen de que el material sea transportado y entregado en las instalaciones del cliente o si lo recogen en la planta de tratamiento de IPS (poliestireno expandido).

Respecto al producto los precios ofrecidos son competitivos con respecto al ofrecimiento del mercado.

Tabla 5 Clientes Potenciales

Material	Empresa	Ciudad
Casetón, laminas y cubos	Inmecon S.A.S	Bogotá
Bloques, laminas y casetón	Riaño construcción	Bogotá
Casetón, bloques, laminas, cielo rasas, cubos	OIKOS constructora	Bogotá
Casetón, bloques, laminas, cielo rasas, cubos	Obrecol	Bogotá
Casetón, bloques, laminas, cielo rasas, cubos	Construsaga S.A.S	Bogotá
Casetón, bloques, laminas, cielo rasas, cubos	Instalcom S.A.S	Tabio, Cundinamarca

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.3 Propuesta de valor

Con el fin de llevar una alianza comercial y brindar asesoría y manejo adecuado del material o producto (Poliestireno expandido), y su reutilización en la industria de la construcción, se encontró que el 59% estaría de acuerdo a acceder a esta oferta, en cuanto a la formación se tiene un 19% de aprobación, canecas de basura 12%, los anteriores son beneficios de importancia para el consumidor que motivan a la industria para acceder a seleccionar y entregar el material reciclaje de manera adecuada. Adicional el tratamiento de este material para su destino final se proporciona el transporte a la obra o sitio de utilización, acá tocamos dos fuentes una la generadora y otra la consumidora.

6.3.2.4 Estudio técnico

Este se basará por localidades de la ciudad de Bogotá, identificando las fuentes de mayor generación de producto de poliestireno expandido, que para el proyecto son identificados como proveedores potenciales, requerido para su comercialización.

6.3.2.5 Selección de puntos ponderados por localización.

Tabla 6 Criterios de selección

Criterio	Argumento	Porcentaje
Cercanía de proveedores	Distancia que hay de la localidad donde se ubican las bodegas de almacenamiento del material a los sitios de recolección. Se requiere realizar planeación de ruta, la cantidad y volumen del mismo y si implica gastos de transporte de carga.	20%
Cercanía de Mercado	Los clientes potenciales del proyecto en su mayoría de ellos ubicados en Bogotá y ciudades principales como Cali, Medellín.	10%
Tamaño de la bodega	El tamaño de la bodega es importante por el volumen que ocupa el material recolectado, si ubicamos expendidos los costos en transporte se duplicarían, dando perdidas en el producto.	10%
Disponibilidad de mano de obra	No se requiere mano de obra especializada por lo tanto no es una dificultad encontrar el personal necesario que cubra las zonas de operación.	5%
Vías de acceso	El ítem hace referencia a la facilidad del transporte del material reciclable tanto para la recolección como para la entrega a nuestros clientes.	5%
Aspectos Legales	Este ítem está asociado en mayor medida a los permisos de uso del suelo y posibles licencias ambientales o de riesgo biológico por el tipo de material.	10%
Costo de Transporte	El material con el que se trabaja es material de gran volumen lo que requiere vehículos de carga de mayor capacidad para la recolección y distribución. La recolección es programada y debe realizarse tres veces días a la semana y la distribución una vez por semana, es importante optimizar el valor del flete.	15%
Seguridad	Índice de seguridad en Bogotá es alto, la bodega solo va a tener acceso a cámaras, el material por su volumen y costo en el mercado no es atractivo a los ladrones, y en cuanto a seguridad de la zona esta se puede contemplar con la seguridad por cuadrantes.	5%

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.6 Localización de la bodega donde se ubicará el proyecto

Se elabora una tabla de ponderación con ítems establecidos por localidad en la ciudad de Bogotá, donde nos ayuda a determinar el lugar adecuado para ubicar la bodega o deposito, y según el resultado esta debe ser ubicada en la localidad de Puente Aranda.

Tabla 7 Tabla de ponderación Proyecto Bodega Ciudad de Bogotá

PARAMETRO	Ponderación	FONTIBON		ZONA INDUSTRIAL		PUENTE ARANDA		CHAPINERO		TUNJUELITO		KENNEDY		MARTIRES	
A	0,2	2,5	0,5	3,5	0,7	4	0,8	5	1	1	0,2	1	0,2	3	0,6
B	0,2	5	1	1	0,2	5	0,9	3	0,6	4,5	0,9	4	0,8	3,5	0,7
C	0,1	4,5	0,45	4,5	0,45	5	0,45	4,5	0,45	4,5	0,45	4,5	0,45	4,5	0,45
D	0,1	4	0,4	5	0,5	5	0,45	3	0,3	4	0,4	3	0,3	4	0,4
E	0,05	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25
F	0,05	3	0,15	3	0,15	4	0,2	5	0,2	2	0,1	3	0,15	4	0,2
G	0,1	5	0,5	5	0,5	5	0,5	3	0,3	4	0,4	3	0,3	3	0,3
H	0,15	2	0,3	3	0,45	3	0,45	5	0,7	1	0,15	2	0,3	4	0,6
I	0,05	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	4	0,2	3	0,15
Total	1		3,75		3,4		4,2		4,1		3,05		2,95		3,65

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.7 Determinación capacidad instalada óptima para la bodega

6.3.2.7.1 Tiempo de elaboración de lonas como empaque de Icopor

Tabla 8 Estimados de producción

Elaboración de lonas Peso vs Tiempo		
Material	Peso (kg)	Tiempo (hora)
Eps en pepa	400	2
Eps laminas	500	2
Eps bloques	300	3
Eps varios	500	1,5

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.7.2 Dimensiones de producción

Se debe contar con una máquina compactadora para embalar el material los diferentes tipos de material contemplados en el punto anterior, este material se debe tener semanalmente con el fin de ir evacuando espacio dentro de la bodega, el tiempo de funcionamiento de esta máquina no debe ser inferior a 16 horas diarias durante 6 días a la semana, lo que implica realizar dos (2) turnos de 8 horas.

En la bodega se debe contar min con 3 auxiliares que tiene como funciones recolección de material, cargue y descargue de vehículos, almacenamiento de producto terminado, embalaje y peso de producto, a su vez deben de apoyar en la limpieza y orden de la bodega,

Tabla 9 Dimensiones de producción

Estimación Mensual de producción de lonas y ventas							
Material	# Operarios	Producción Mes Kg	Precio MO Beneficiado (Kg)	Merma	Precio Compra	Precio Venta	Total, Venta Material compactado
EPS limpio	8	32.000	\$ 230	6%	\$ 400,00	\$ 1.700,00	\$ 51.136.000
EPS reutilizado	4	14.000	\$ 230	6%	\$ 300,00	\$ 1.100,00	\$ 14.476.000

6.3.2.8 6.3.1 Capacidad instalada

6.3.2.9 Equipos, máquinas y herramientas proceso operativo

Anexo 02. Costo de Equipos y herramientas. Anexo 03. Fichas técnicas de equipos

Tabla 10 Maquinaria y equipos del proceso operativo.

ACTIVIDAD	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	EQUIPO NECESARIO
1	Ruta de distribución y recolección	Computador
2	Ejecución de la ruta	Vehículo capacidad 2 Ton en adelante
3	Pesado de material en sitio de recolección, carga de material al vehículo	Báscula capacidad superior a 500 Kg
4	Transporte de material recolectado a la bodega	Vehículo capacidad 2Ton en adelante
5	Descarga de material	Ninguno
6	Clasificación de material por zona	Ninguno
7	Inspección y preparación del material para embalaje	EPS:
8	Compactación del material	Compactadora capacidad 500Kg
9	Embalaje de material	Ninguno
10	Pesaje de material	Báscula capacidad superior a 500 Kg
11	Almacenamiento de material	Transpaleta Manual y estibador

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.9.1 *Materiales e insumos*

Para garantizar el proceso se requiere garantizar los insumos para el proceso de producción

Tabla 11 Cantidades de Materiales e Insumos

Insumos	Valor	Cantidad	Pacas compactadas
----------------	--------------	-----------------	--------------------------

Láminas de Cartón	\$350	3 kg	1
Alambre Galvanizado	\$4.000	1 kg	2
Lonas (Globos)	\$ 8.000	100	NA

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.9.2 Proceso productivo

Etapa	Descripción de la actividad
Ruta de Recolección	Planeación, programación y ejecución de la ruta de recolección en los puntos pactados de acuerdo con citas programadas con cada uno de los puntos recolectores de reciclaje, este mismo va con capacidad min de recolección
Descargue y clasificación del material recolectado	Una vez el vehículo completa su capacidad, se procede a realizar el descargue del material en la bodega de acopio, ubicando en sus respectivas áreas de disposición y beneficiado.
Limpieza y beneficiado del material recolectado	El material se encuentra clasificado por tipo (poliestireno sucio y limpio), se inician el proceso de alistamiento requerido para llevar a cabo el embalaje y venta
Compactación y embalaje del material	El operario inicia el proceso colocando una lámina de cartón en el piso del cajón de la máquina, procede a depositar el material, se activa la máquina y baja el embolo que hace presión durante 10 minutos para liberar espacio y continuar llenando el cajón hasta lograr el peso deseado de la lona, finalmente se coloca otra lámina de cartón encima y se sujeta con alambre galvanizado. Se traslada con el transpaleta manual al área asignada para ser entregado al cliente. Ver Anexo 06. Capacidad hombre en el proceso productivo.

Fuente: Elaboración propia

6.3.2.9.3 *Control de calidad de la operación.*

El proceso de calidad del producto terminado es realizado en cada puesto de trabajo del beneficiado, donde se realizan actividades de limpieza de impurezas, retiro de etiquetas y cualquier otro tipo de objeto, garantizando que el producto cumple con los requisitos mínimos exigidos por el cliente.

6.3.2.9.4 *Mantenimiento de equipos y maquinaria*

Vehículo: Este vehículo su contrato es por prestación de servicios, a lo cual el mantenimiento va por cuenta del contratista, para dar cumplimiento a la ley, mensualmente para su respectivo pago se recibirán los documentos que certifican que el vehículo se encuentra el día (Soat, revisión tecno mecánica, planilla de pago de aportes entre otros)

Cuchilla Oz para corte manual: Este se realiza un mantenimiento preventivo que consiste en afilar cada una de sus caras, y cada vez que se desgasta luego del preventivo se realiza cambio de cuchilla, esta puede ser trimestral

Bascula de plataforma: esta balanza es calibrada anualmente por una empresa acreditada y que nos del soporte o certificado respectivo esta tiene un valor aproximado de \$90.000

Prensa compactadora y Transpaleta: El mantenimiento preventivo y correctivo estará a cargo del fabricante, este se realiza de manera periódica (anualmente), los costos van a cargo de la empresa recicladora.

Montacargas: El mantenimiento preventivo y correctivo estará a cargo del propietario contratista, ya que es este equipo está en calidad de alquiler; la empresa se encargará de solicitar los respectivos soportes y certificados de funcionamiento.

6.3.2.9.5 Flujograma de proceso de operaciones

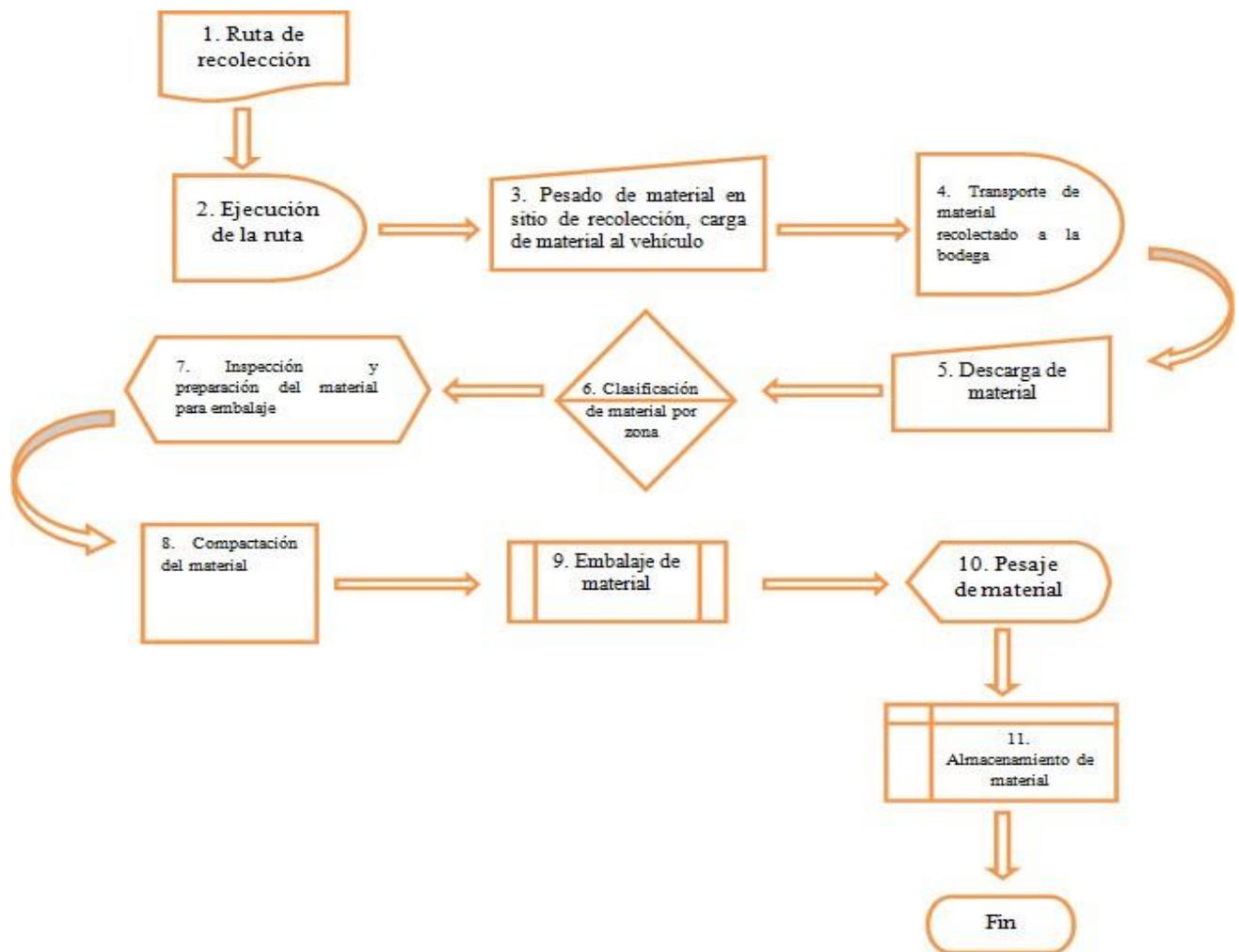


Ilustración 11. Flujograma del Proceso Productivo.
Fuente Elaboración Propia

6.3.3 Propuesta de solución 3: margen de retorno a consumidores

Para la mejor utilización de los desechos del Poliestireno Expandido se propone a las empresas una recolección semanal, en las empresas que desechen el material se les ofrecerá un valor de \$100 pesos por cada kg de esta manera ellos tendrán un valor de retorno, el cual no lo tenían por

no tener una recolección especializada en dicha labor, se recogerá el material el cual se llevara a la planta de reprocesamiento para posteriormente disponer de el en otra aplicación.

Aplicando los principios básicos de economía circular, el EPS nunca se convierte en desperdicio y ofrece una solución a los plásticos de un uso, se eliminaría los envases de plástico innecesarios mediante el rediseño y la innovación.

Pasaría de un solo uso a reutilizar partiendo de la premisa que todos los envases de plástico sean reutilizables, reciclables, se aumentaría la reutilización, recolección de este producto.

7 Resultados esperados

7.1 Resultados esperados propuesta 1

Con las capacitaciones se aumentaría la reutilización, recolección y reciclaje , con esta opción se podría contribuir en mayor proporción con la disminución en agentes contaminantes, se crearía conciencia sobre el daño que este material tiene en el medio ambiente y el espacio por ocupación en los rellenos sanitario se reduciría, en reciclaje de poliestireno expandido es necesario invita a todos a participar en la preservación y la recuperación del medio ambiente que se debe hacer desde la fuente.

7.2 Resultados esperados propuesta 2

Viéndolo desde muchos puntos de vista es un proyecto ambicioso que beneficiara toda la cadena de valor de una empresa, el medio ambiente y en cierta forma se dejara de lado el tabú de que los materiales plásticos son un problema, con la propuesta en mención más que buscar una economía circular viéndolo de este lado se está logrando acoger con más amplitud otros materiales además del EPS, ya que se está contribuyendo con la disminución de índices por acumulación de

materiales plásticos, comenzara a operar la bodega donde se hará la transformación del Poliestireno expandido en bloques para la construcción.

7.3 Resultados esperados propuesta 3

Se está brindando la alternativa de un margen de retorno a una primera inversión como lo es la compra de una materia prima para un procesamiento, con la propuesta de reutilización expuesta se logra además de lograr ahorrar un espacio por acumulación, el brindar la expectativa de recuperar al menos un mínimo valor de dicha primera inversión, abarcando desde una logística circular, hasta la reutilización de un material que no para muchos es un atractivo como fuente de bien lucrativo.

8 Análisis Financiero

8.1 Análisis Financiero

8.1.1 Análisis financiero propuesta de capacitación

Para la implementación de la propuesta 1. se requiere un asesor especializado medio ambiente para junto con un auxiliar realizar todo el plan de capacitación, el tiempo estimado para dicho entrenamiento son tres meses, el primero para realizar el plan y el segundo para ponerlo en ejecución, en este caso como costo adicional se tendrá el valor del asesor por tres meses.

Asesor especializado + auxiliar x 2 meses \$12.200.000.

8.1.2 Análisis financiero propuesta de elaboración bloques de poliestireno

Se determina por los costos de acuerdo con las cantidades de producción estimadas para la viabilidad del proyecto. Para el análisis del proyecto se tienen los siguientes supuestos:

Cada Picador de plástico deberá picar aproximadamente 800 Kg cada semana.

La bodega contará tres auxiliares que serán los encargados de beneficiar EPS y otras actividades asignadas a la operación, los tres realizará empaque y embalaje en el segundo turno. Se les pagará un jornal diario por valor de \$26,041.

El operario encargado de las pacas y el embalaje tendrá salario mínimo legal vigente y su única actividad será el embalaje.

Para el cálculo de costos se supone que 4 trituran EPS limpio y 8 EPS sucio, sin embargo, los 12 operarios serán encargados de triturar y empacar todo el EPS que se producirá.

Tabla 12 Costos de Producción

Material	Cantidad Requerida de MP / Mensual en Kg	Merma	Producción Mensual Kg	Precio de Compra MP	Costo mensual de MP	Precio de MO por KG Beneficiado
EPS limpio	32000	6%	30080	\$ 400	\$ 12.800.000	\$ 230
EPS recuperado	14000	6%	13160	\$ 300	\$ 4.200.000	\$ 230

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Ingresos por Ventas

Material	Cantidad Requerida de MP / Mensual en Kg	Cantidad de Operarios por Material	Costo por operario	Costo Mensual de mano de Obra	Precio de Venta	Ingresos Mensuales
Eps limpio	32000	8	\$ 1.314.496	\$ 10.515.968	\$ 1.700	\$ 51.136.000
Eps recuperado	14000	4	\$ 1.150.184	\$ 4.600.736	\$ 1.100	\$ 14.476.000
Operario embalaje				\$ 1.187.488		
TOTAL GENERAL				\$16.304.192		\$65.612.000

Fuente: Elaboración propia

Resumen de costos fijos analizados anteriormente

Compra de material prima \$ 61.100.000

MO Producción mes \$ 25.657.987

Otros insumos (Alambre, cartón, aceite, guantes, tapabocas, globos) \$800.000

Gastos de Transporte mensual \$3.000.000

8.1.3 Costos fijos.

Estos costos son los inherentes a la planeación y administración del negocio sin depender del nivel de producción estimado.

Tabla 14 detalle de Costos Fijos

Detalle Costos Fijos	Determinación de la inversión inicial	Valor Mensual	Observación
Arriendo bodega mensual		\$ 2.000.000	
Compra de Equipos	\$ 41.180.000	\$ 343.167	Vida útil 10 años
Muebles y Enseres	\$ 1.500.000	\$ 300.000	
Equipos de oficina	\$ 1.200.000	\$ 400.000	
Gastos administrativos mes		\$ 3.100.000	
Honorarios contadores		\$ 1.000.000	Trimestral
Gastos de constitución Legal		\$ 700.000	
Fumigación		\$ 250.000	

Fuente: Elaboración propia

8.1.4 Flujo de caja.

Es el informe financiero presenta el detalle de los flujos de ingresos y egresos de dinero que tiene el proyecto para un periodo de viabilidad de 10 años.

8.1.5 Análisis de Indicadores de evaluación Financiera.

Valor presente neto (VPN): Para el flujo realizado se obtiene un resultado del VPN positivo, lo que determina que el proyecto es rentable (viable) tanto en resultados de la operación con beneficioso para los inversionistas. Se logra recuperar la inversión inicial y se generan utilidades con una tasa de oportunidad esperada del 15%.

Tasa interna de retorno (TIR): El flujo operación nos entrega una TIR (tasa interna de retorno) del 42.91%, para el flujo de caja estimado, obteniendo un resultado superior a TIO definida, lo cual resulta ser un proyecto Elegible.

Relación Costo/beneficio: El resultado de este indicador nos demuestra que por cada peso invertido se obtendrá 4,04 pesos de retorno.

Tabla 15 Flujo de caja

FLUJO DE CAJA OPERACIONAL	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Ingresos por ventas		167.678.000	172.959.857	205.078.318	243.161.252	288.426.935	342.068.586	405.674.587	481.093.696	570.550.899	676.662.275
costos variables		97.751.987	100.831.174	103.856.109	106.971.793	110.320.010	113.717.866	117.209.005	120.795.600	124.504.025	128.338.749
costos fijos		52.830.000	54.494.145	56.128.969	57.812.838	59.622.380	61.458.750	63.345.533	65.283.907	67.288.122	69.360.597
depreciación		4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000
Utilidades antes de impuestos	-	12.438.013	12.976.538	40.435.239	73.718.621	113.826.545	162.233.970	220.462.049	290.356.189	374.100.751	474.304.929
impuestos		4.104.544	4.282.257	13.343.629	24.327.145	37.562.760	53.537.210	72.752.476	95.817.542	123.453.248	156.520.627
utilidad despues de impuestos	-	8.333.469	8.694.280	27.091.610	49.391.476	76.263.785	108.696.760	147.709.573	194.538.647	250.647.503	317.784.302
depreciación	-	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000
Inversiones iniciales	110.880.000										
valor residual											10.295.000
recuperación de capital de trabajo											33.500.000
Saldo flujo de caja operacional	- 110.880.000	12.991.469	13.352.280	31.749.610	54.049.476	80.921.785	113.354.760	152.367.573	199.196.647	255.305.503	366.237.302
sumatoria de flujo de caja	1.279.526.406										
Tasa de oportunidad esperada	15%										
Periodos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo descontado		\$11.296.929,52	\$10.096.242,20	\$20.875.884,20	\$30.902.963,47	\$40.232.429,03	\$49.006.390,92	\$57.280.614,37	\$65.117.737,11	\$72.573.758,14	\$90.528.259,96
sumatoria de flujo de caja descontado	\$447.911.208,93										
VNA()	\$447.911.208,93										
1. Valor presente neto VPN	\$337.031.208,93										
2. Tasa Interna de retorno TIR	42,91%										
3. Relación Beneficio/Costo	4,04										
4. Tiempo de recuperación de la inversión		-\$99.583.070,48	-\$89.486.828,27	-\$68.610.944,08	-\$37.707.980,60	\$2.524.448,42	\$51.530.839,35	\$108.811.453,72	\$173.929.190,83	\$246.502.948,97	\$337.031.208,93

Fuente: Elaboración propia

9 Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

Con este trabajo se realizó un análisis general de la alternativa de reciclaje de poliestireno expandido para la industria de la construcción y se identificó que es viable, según las propiedades fisicoquímicas evaluadas.

Con las capacitaciones de las empresas y ciudadanos en general, se permitirá concientizar a la sociedad para el manejo de los residuos en pro del mejoramiento ambiental, el consumidor tendría un cambio en estilo de consumo hacia un uso responsable de los recursos .

Se identificó que una vez se implemente la economía circular, se deben hacer las mejoras en los procesos de producción para conseguir industrias más limpias y llegar a la eficiencia en la logística de materias primas y de residuos, así generar un cambio en los modelos de negocio y dar la responsabilidad extendida al productor.

9.2 Recomendaciones

La campaña de sensibilización debe ser continua, debido a que actualmente Bogotá no presenta un manejo adecuado de los residuos del poliestireno expandido, no cuenta con cultura, ni infraestructuras necesarias para separar estos desechos desde la fuente.

Se recomienda generar una fuente de información actualizada y oficial sobre los residuos sólidos e indicadores ambientales con estadísticas concretas, ya que realizando este trabajo evidenciamos que las estadísticas están desactualizadas o no existen.

En la norma Icontec GTC 24 no se evidencia el Icopor (poliestireno expandido), en la clasificación de residuos, por lo que se presume que carece de importancia para separar el residuo desde la fuente, acción que sugerimos en el presente trabajo.

Incentivar el estudio y promoción de un modelo económico que tenga en cuenta el concepto de economía circular en la ciudad, ya que de esta manera se podrían generar nuevas estrategias de gestión que permitan el mayor aprovechamiento de los productos que se están generando en el distrito capital.

10 Bibliografía

- Aglopor. (s.f.). Obtenido de Aglopor: <https://gust.com/companies/aglopor>
- Alcaldia Mayor de Bogota. (2003). DECRETO 482 DE 2003.
- Almeida Avila, Carlos Geovanny. (2014). *Uso de bloques de poliestireno expandido en terraplenes*. Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2972>
- Anape. (s.f.). *Asociacion Nacional de poliestileno Expandido*. Obtenido de Proceso de Fabricacion del poliestileno Expandido: <http://www.anape.es/index.php?accion=producto>
- Catherine Gisella Aguilar , Yeraldine Borda Riveros. (2015). *Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos*. Bogota: Universidad Santo Tomas.
- Consejo nacional de Política Económica y Social. (2016). CONPES 3874. *POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS*.
- Contreras, L. K. (2015). *Investigación de mercados aplicada a la gestión de poliestireno expandido en la ciudad de Pereira*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Dávila Martín, José Miguel. (2014). *La utilización del poliestireno expandido en obras de geotécnica*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Daylin Julieth Betancourt S.Johanna Karina Solano M. (2016). *Síntesis y caracterización de la mezcla polipropileno-poliestireno expandido reciclado como alternativa para el proceso de producción de autopartes*. Manizales: Universidad de Caldas.
- dyckhoff,Lackes, Reese. (2003).
- Expandido, A. N. (s.f.). *anape.es*. Obtenido de Proceso de transformación del poliestireno expandible: <http://www.anape.es/index.php?accion=producto&subaccion=proceso-de-fabricacion>

Fundacion Economía Circular . (2017). Obtenido de Economía Circular :

<http://Economíacircular.org/>

Fundacion Ellen MacArthur. (2012). Obtenido de Ecomonia Circular:

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/fundacion-ellen-macarthur/la-fundacion>

Fundacion Verde Natura. (2010). Obtenido de Fundacion Verde Natura:

<https://fundacionverdenatura.org/>

Giovanny Francisco Ruiz Zapata, Ivan eduardo Ballesteros Intriago . (2012). *Análisis del*

poliestireno expandido como material de relleno en suelos de alta compresibilidad. Quito

: Pontificia Universidad Catolica del Ecuador .

Gomez Montoya Rodrigo Andres. (2010). Logistica Inversa un proceso de impacto ambiental y

productividad. *Produccion mas limpia*, 63-76.

Icoformas. (s.f.). Obtenido de Icoformas: <https://www.icoformas.com/>

Ikoportex. (s.f.). Obtenido de Ikoportex: <https://ikoportex.webnode.es/>

Ing Oscar Giovanny Cordoba, Jacqueline Corado. (2015). *Evaluacion de alternativas de*

reciclaje de poliestireno expandido(Duropor). Guatemala: Universidad de San Carlos .

Ismael de Jesus Benitez, Jorge Andres Velez. (2013). *Obtencion de un recubrimiento*

anticorrosivo a partir de poliestireno expandido recilado. Cartagena de Indias:

Universidad de Cartagena.

ISO14001:2015. (2015).

Isopor. (2019). Obtenido de Isopor: <https://isopor.com.co/>

Javiera Andrea Martinez Vasquez. (2010). *Estudio Tecnico y economico de una vivienda socila*

utilizando ladrillos de poliestireno expandido. Valdivia: Universidad Austarl de Chile.

- Jorge Beltan. (2017). *nálisis de alternativas para la gestión ambiental de los residuos de demolición y construcción (RCD), en la ciudad de Bogotá a partir del ciclo de vida y la economía circular*. Bogota: Universidad Militar .
- Juan Sebastian Sanchez, Oscar Daniel Gonzalez. (2017). *Aprovechamiento de residuos industriales de poliuretano termoestables en la elaboración de paneles para terminados constructivos, a partir de patente brasileña*. Bogota: Universidad Catolica .
- Macropor. (s.f.). Obtenido de Macropor: <http://macropor.com/>
- Madariaga, F. J. (2005). *Caracterización de mezclas de residuos de Poliestireno Expandido (EPS) conglomerados con Yeso o escayola, su uso en la construcción*. Barcelona: UNIVERSIDAD POLITÈCNICA DE CATALUNYA.
- Marta Pagan , Karina Tonelli, Sergio Silva, Dirceu da Silva. (2017). *Logística Inversa como Herramienta para la gestión de residuos de los supermercados de venta al por menor*. Sao Pablo: Comité Científico Interinstitucional.
- Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (2018). Resolución 1407. 15.
- Norma Técnica Colombiana. (1974). NTC1359. *Plásticos , espumas rígidas de poliestireno expandido especificaciones*.
- Normas Técnicas Colombiana . (1978). Plásticos ,Poliestireno expandible, especificaciones . NTC1426.
- ONU. (s.f.). Obtenido de ONU: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Palmipor. (2019). Obtenido de Palmipor: <http://www.palmipor.com.co/>
- Quintero Peña, Carlos Humberto. (2013). *Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios*. Universidad de Manizales. Manizales: Universidad de Manizales.

reciclario.com.ar. (s.f.). Obtenido de Poliestireno o PS: <http://reciclario.com.ar/indice/plastico-2/poliestireno/>

Rogers & Tibben-Lembke. (2003). *RLEC Reverse Logistics Executives council*, p9.

Samper, M. &.-S. (2010). Recycling of Expanded Polystyrene from Packaging. *Progress in Rubber Plastics and Recycling Technology*, 83-92.

Sandra Alfonso, Miriam Facio, Ingrid Luis . (2010). *Diseño del sistema logístico de la cadena de abastecimiento del desperdicio y deshecho de vidrio en Colombia para exportar a Chile*. Bogota: Universidad del Rosario.

Thermopor. (s.f.). Obtenido de <https://thermoporcali.com/>

UAESP. (22 de mayo de 2019). *Youtube*. Obtenido de Disposicion de Residuos En el RDSDJ: https://www.youtube.com/watch?v=N_u8SzRd7bc

V. Ferrándiz-Mas,L.A. Sarabia,M.C. Ortiz,C.R. Cheeseman,E. García-Alcofel. (2016). Diseño de morteros de cemento livianos a medida que contienen poliestireno expandido de desecho mediante métodos estadísticos experimentale. *Material Desing*, Volumen 89, page 901-912.

Xochitl Samantha, Delgado-Hernández,Sheila Genoveva, Pérez-Bravo,Juan Yared, Wong-Gallegos. (2018). *Reciclado del poliestireno expandido en instituciones educativas para su*. Queretaro: Universidad Politécnica de Altamira.

11 Anexos

Anexo 1. Encuesta

El Icopor medio de utilización

Somos estudiantes de posgrado de producción y logística internacional de la Universidad ECCI de Colombia, estamos realizando nuestro proyecto de grado, el cual consiste en realizar una breve encuesta que se describe a continuación, donde se trataran puntos de la vida cotidiana o laboral en el tema de utilización y reciclaje del poliestireno expandido (EPS), conocido como icopor, por lo que nos gustaría saber algunos datos de su consumo.

¿Cuál es tu ocupación actual?

Ama de casa

Estudiante

Empleado

Independiente

¿En qué rango de edad se encuentra?

18-25 años

26-35 años

36-50 años

Más de 51 años

¿Utiliza o ha utilizado el Icopor?

Si

No

¿Qué tipo de Icopor consume?

Papelería

Construcción

Decoraciones

Empaques para electrodomésticos

Empaques para alimentos

De acuerdo con el numeral anterior de un rango de 1 a 5 con qué frecuencia utiliza el producto

Producto	1	2	3	4	5
Papelería					
Construcción					

Decoraciones					
Empaques para electrodoméstico					
Empaques para alimentos					

En el momento de desecharlo usted.

- Lo reutiliza
- Lo guarda
- Lo destruye
- Lo bota
- Lo regala a un reciclador

Anexo 02. Costos de Equipos y Herramientas

Equipos y Maquinaria			
Herramienta	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total
Cuchillas para corte	10	\$ 19.000	\$ 190.000
Básculas de plataforma	2	\$ 450.000	\$ 900.000
Transpaleta Manual (estibador)	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
Prensa compactadora hidráulica	1	\$ 42.000.000	\$ 42.000.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03. Ficha Técnica de Equipos

BASCULA DE PLATAFORMA	
	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
DESCRIPCION	REQUERIMIENTO
CARACTERISTICAS	Funciones de Peso, Precio, Total y Cálculo de Cambio
	Indicador de acero inoxidable con display usuario y cliente
	Plataforma plegable 100% portátil y fácil de guardar
	100% visibilidad en cualquier tipo de iluminación. Cuenta con pantallas de cristal líquido con iluminación integrada.
	Calcule el peso neto - La función TARA le permitirá restar el peso del recipiente en dónde coloca la mercancía, obteniendo así el peso neto del producto.
DATOS TECNICOS	Modelo: BAPCA-500
	Capacidad: 500 kg
	División mínima: 50 g
	Material del plato: Acero de Carbono
	Medidas del plato: 50 x 60 cm
	Entrada de corriente: 110 Vca 60 Hz
	Batería recargable: 4 Vcc 4 Ah
Clase: Media III	
GARANTIAS	1 Año contra cualquier defecto de fabricación
PROVEEDOR	CONDICIONES
	Entregado en funcionamiento en el almacén
	Capacitación sobre instrucciones de manejo y mantenimiento preventivo.
	Manuales originales en español

TRANSPALETA MANUAL



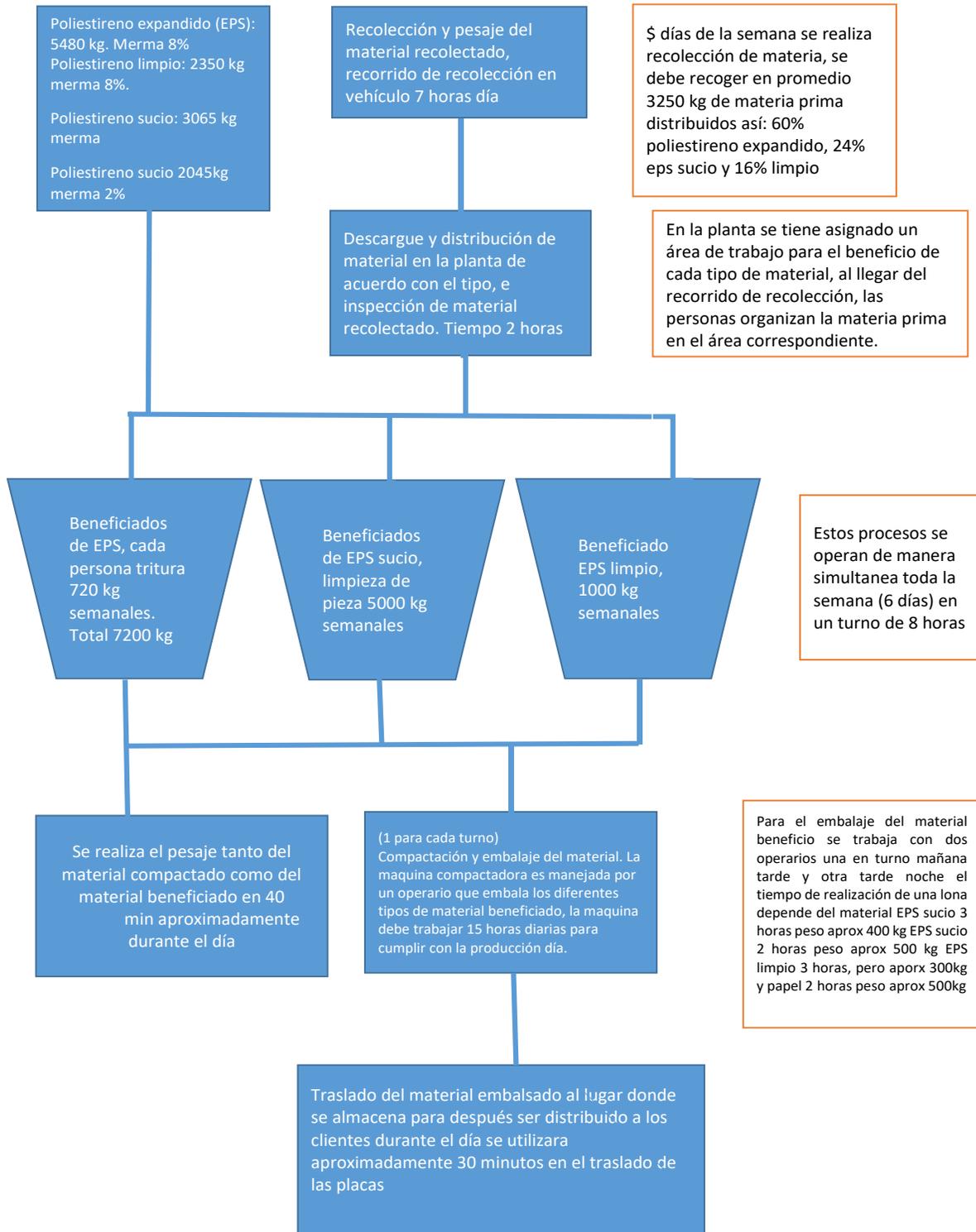
ESPECIFICACIONES TECNICAS

DESCRIPCION	REQUERIMIENTO
CARACTERISTICAS	Transpaleta manual de perfil bajo para 1500 kg. Gracias a su diseño especial permite usarla para maniobrar con palets bajos.
	Construida en chapa de acero plegada que aporta una gran robustez
	Equipada con rueda de timón en goma y rodillos en wulkollan.
	El sistema de elevación se realiza mediante una bomba hidráulica de simple efecto, equipada con una válvula de sobrecarga.
	La elevación se produce bombeando con el timón, y el descenso al liberar la válvula del grupo hidráulico, con lo que se consigue un descenso uniforme.
	Tirador ergonómico para su fácil manipulación.
	Rango de temperaturas de trabajo de -20°C a +40°C.
DATOS TECNICOS	Referencia TH0005
	Capacidad de carga (kg) 1.500
	Altura de elevación máxima (mm) 165
	Altura mínima de elevación (mm) 51
	Altura del timón (mm) 1.230
	Dimensiones horquillas (mm) 160x60
	Longitud horquillas (mm) 1.150
	Anchura total (mm) 540
	Rodillos delanteros (Ø x espesor) (mm) 50x70
Diámetro rueda timón (mm) 180	
GARANTIAS	1 año de garantía contra cualquier defecto de fabricación
PROVEEDOR	CONDICIONES
	Entregado en funcionamiento en el almacén
	Capacitación sobre instrucciones de manejo y mantenimiento preventivo.
	Manuales originales en español

 <p>CUCHILLA HOZ</p>	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
DESCRIPCION	REQUERIMIENTO
CARACTERISTICAS	Cuchilla metálica en forma de media luna y un mango para poder dirigirla. Hecha de hierro en aleación con cobre, se ancla a la pared
GARANTIAS	3 meses por defectos de fabricación
PROVEEDOR	CONDICIONES
	Capacitación sobre instrucciones de manejo y mantenimiento preventivo.

 <p>PRENSA COMPACTADORA VERTICAL</p>	
ESPECIFICACIONES TECNICAS	
DESCRIPCION	REQUERIMIENTO
CARACTERISTICAS	Modelo: PH004-40X30X48-30T Prensa hidráulica vertical para enfardar materiales blandos como papel. Cartón, plástico y materiales orgánicos.
DATOS TECNICOS	Capacidad: 30 toneladas Ancho de la cámara: 48" Fondo de la cámara 30" Alto de la cámara: 48" Boca de alimentación 29" Sistema hidráulico: Bomba de 22/5.5 GPM. Tanque de 25 galones. Aceite Hidráulico # 46 Sistema de mando: Controlado por PLC. Tablero de control para ciclo automático Y manuales, pilotos indicadores Sistema eléctrico trifásico 220/440 con capacidad de 35 amperios, es necesaria una caja de protección térmica a una distancia no mayor de dos (2) metros de la máquina.
GARANTIAS	1 Año contra cualquier defecto de fabricación
PROVEEDOR	CONDICIONES
	Entregado en funcionamiento en el almacén Capacitación sobre instrucciones de manejo y mantenimiento preventivo. Manuales originales en español

Anexo 05 Capacidad hombre en el proceso productivo



Anexo 06

Etapa	Descripción de la actividad
Ruta de Recolección	Planeación, programación y ejecución de la ruta de recolección en los puntos pactados de acuerdo a citas programadas con cada uno de los puntos recolectores de reciclaje, este mismo va con capacidad min de recolección
Descargue y clasificación del material recolectado	Una vez el vehículo completa su capacidad, se procede a realizar el descargue del material en la bodega de acopio, ubicando en sus respectivas áreas de disposición y beneficiado.
Limpieza y beneficiado del material recolectado	El material se encuentra clasificado por tipo (poliestireno sucio y limpio), se inician el proceso de alistamiento requerido para llevar a cabo el embalaje y venta
Compactación y embalaje del material	El operario inicia el proceso colocando una lámina de cartón en el piso del cajón de la máquina, procede a depositar el material, se activa la máquina y baja el embolo que hace presión durante 10 minutos para liberar espacio y continuar llenando el cajón hasta lograr el peso deseado de la lona, finalmente se coloca otra lámina de cartón encima y se sujeta con alambre galvanizado. Se traslada con el transpaleta manual al área asignada para ser entregado al cliente. Ver Anexo 06. Capacidad hombre en el proceso productivo.

Flujo de caja

Fuente: Elaboración propia

FLUJO DE CAJA OPERACIONAL	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5	año 6	año 7	año 8	año 9	año 10
Ingresos por ventas		167.678.000	172.959.857	205.078.318	243.161.252	288.426.935	342.068.586	405.674.587	481.093.696	570.550.899	676.662.275
costos variables		97.751.987	100.831.174	103.856.109	106.971.793	110.320.010	113.717.866	117.209.005	120.795.600	124.504.025	128.338.749
costos fijos		52.830.000	54.494.145	56.128.969	57.812.838	59.622.380	61.458.750	63.345.533	65.283.907	67.288.122	69.360.597
depreciación		4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000
Utilidades antes de impuestos	-	12.438.013	12.976.538	40.435.239	73.718.621	113.826.545	162.233.970	220.462.049	290.356.189	374.100.751	474.304.929
impuestos		4.104.544	4.282.257	13.343.629	24.327.145	37.562.760	53.537.210	72.752.476	95.817.542	123.453.248	156.520.627
utilidad despues de impuestos	-	8.333.469	8.694.280	27.091.610	49.391.476	76.263.785	108.696.760	147.709.573	194.538.647	250.647.503	317.784.302
depreciación	-	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000	4.658.000
Inversiones iniciales	110.880.000										
valor residual											10.295.000
recuperación de capital de trabajo											33.500.000
Saldo flujo de caja operacional	- 110.880.000	12.991.469	13.352.280	31.749.610	54.049.476	80.921.785	113.354.760	152.367.573	199.196.647	255.305.503	366.237.302
sumatoria de flujo de caja	1.279.526.406										
Tasa de oportunidad esperada	15%										
Períodos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo descontado		\$11.296.929,52	\$10.096.242,20	\$20.875.884,20	\$30.902.963,47	\$40.232.429,03	\$49.006.390,92	\$57.280.614,37	\$65.117.737,11	\$72.573.758,14	\$90.528.259,96
sumatoria de flujo de caja descontado	\$447.911.208,93										
VNA()	\$447.911.208,93										
1. Valor presente neto VPN	\$337.031.208,93										
2. Tasa Interna de retorno TIR	42,91%										
3. Relación Beneficio/Costo	4,04										
4. Tiempo de recuperación de la inversión		- \$99.583.070,48	- \$89.486.828,27	- \$68.610.944,08	- \$37.707.980,60	\$2.524.448,42	\$51.530.839,35	\$108.811.453,72	\$173.929.190,83	\$246.502.948,97	\$337.031.208,93

Anexo 7 Ficha técnica encuesta.

FICHA TECNICA ENCUESTA	
METODOLOGIA	Encuesta con entrevista personal.
OBJETIVO	Determinar e identificar el comportamiento de los consumidores de Icopor en la ciudad de Bogotá
CIUDAD	BOGOTA-LOCALIDADES
TAMAÑO DE LA MUESTRA	101 persona
EDAD PERSONAS ENCUESTADAS	Mayores de 18 años
PERIODO DE LA ENCUESTA	AÑO 2019
MES DE LA ENCUESTA	MAYO
ELELABORACION DE ENCUESTA	ISABEL GARCIA DARWIN LEON GIOVANNI SIERRA
FORMA DE RECOLECCION DE LA MUESTRA	Encuestas a consumidores de EPS, entrevistas a empresas que fabrican EPS (vía telefónica), e investigación a empresas locales.

Anexo 8

La Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP, cuenta con un informe de resultados de una caracterización realizada por parte del concesionario CGR DOÑA JUANA S.A. E.S.P, para residuos de construcción y demolición (RCD) contaminados con residuos sólidos urbanos (RSU), dicha actividad se efectuó en los meses de abril, septiembre y noviembre del año 2016, con el objeto de determinar las características cualitativas y cuantitativas de éstos residuos e identificar su composición desde el conocimiento de su contenido, propiedades y cantidad potencial a ser aprovechados, cuyos resultados fueron los siguientes:

Caracterización			Caracterización (Mezcla de tres RBL)				
19-abril-2016			27-septiembre-2016				
Macro 33 - Micro 31101			HORA	VEHÍCULO	CONCESIONARIO	MACRORUTA	MICRORUTA
N°: OCK553 - Placa: OCK553 Aguas Bogotá			12:10	OCK578	AGUAS DE BOGOTÁ	23	21104
Fecha y Hora Entrada 19/04/2016 09:57:44			12:35	VOB521	CIUDAD LIMPIA	10	13
Material	Peso (Kg)	%	12:55	SB847	ASEO CAPITAL	313	651
Plástico	13,56	0,25	Material		Peso (Kg)	%	
Lona		0,00	Plástico		8,46		0,08
Cartón	1,91	0,03	Lona		21,55		0,20
Madera	120	2,19	Chatarra		4,97		0,05
Agregado reciclado de RCD	8610	66,04	Madera		61,58		0,57
Liantas	1635	79,91	Agregado reciclado de RCD		9020		83,31
Otros (copor, papel, tapetes, pasto, vidrio, textiles orgánicos)	85,96	1,57	Liantas		1635		15,10
Total	5466,43		Otros (textiles, orgánicos)		75,05		0,69
			Total		10826,61		

Fuente: CGR Doña Juana S.A. E.S.P., 2016

Caracterización (Mezcla de tres RBL)				
30-septiembre-2016				
HORA	VEHÍCULO	CONCESIONARIO	MACRORUTA	MICRORUTA
17:58	OCK553	AGUAS DE BOGOTÁ	33	31102
13:27	SIS847	CIUDAD LIMPIA	313	651
13:19	OCK621	AGUAS DE BOGOTÁ	23	11102
Material	Peso (Kg)		%	
Plástico	20,87		0,28	
Lona	39,70		0,53	
Chatarra			0,00	
Madera	26,20		0,35	
Agregado reciclado de RCD	7340,00		97,81	
Uñas			0,00	
Otros (textiles, papel, tapetes)	77,50		1,03	
Total	7494,07			

Fuente: CGR Doña Juana S.A. E.S.P., 2016

Caracterización			Caracterización		
15-nov-16			15-nov-16		
Macro 23 - Micro 21104			Macro 10 - Micro 22		
N°: OCK573 - Placa: OCK573 Aguas Bogotá			N°: 2710 - Placa: GNK187 Ciudad Limpia		
Fecha y Hora Entrada 15/11/2016 09:02:16			Fecha y Hora Entrada 15/11/2016 12:06:58		
Material	Peso (Kg)	%	Material	Peso (Kg)	%
Plástico	5,10	0,26	Plástico	13,20	0,44
Lona	16,25	0,83	Lona	77,80	0,92
Cartón	0,00	0,00	Cartón	9,40	0,31
Madera	55,50	2,84	Madera	36,30	1,20
Agregado reciclado de RCD	1.870	95,80	Agregado reciclado de RCD	2.920	96,91
Otros (orgánicos, tapetes, textiles, icopor, entre otros)	5,20	0,27	Otros (orgánicos, tapetes, textiles, icopor, entre otros)	6,50	0,22
Total	1.952,05	100,00	Total	3.013,10	100,00

Fuente: CGR Doña Juana S.A. E.S.P., 2016

Con base en las caracterizaciones efectuadas a los residuos de construcción y demolición (RCD) contaminados con residuos sólidos urbanos (RSU), se concluyó que en promedio pueden presentar la siguiente composición:

Composición Promedio de los residuos mixtos

TIPO DE MATERIAL	PORCENTAJE (%)
Plástico	0,21
Lona	0,37
Cartón	0,04
Madera	1,04
Agregado reciclado de RCD	86,08
Llantas	11,37
Chatarra	0,02
Otros (orgánicos, tapetes, textiles, icopor, entre otros.)	0,87
Total	100 %

Fuente: CGR Doña Juana S.A. E.S.P., 2016

Cantidades susceptibles de ser aprovechadas

TIPO DE MATERIAL	PORCENTAJE (%)	Ton susceptible de aprovechar
Plástico	0,21	33,60
Lona	0,37	51,20
Cartón	0,04	6,40
Madera	1,04	166,40
Agregado reciclado de RCD	86,08	13772,80
Chatarra	0,02	32,0

Fuente: CGR Doña Juana S.A. E.S.P., 2016

Es de aclarar que para la fecha del reporte de la información y como tal dentro del marco del proyecto sobre el cual se realizó la caracterización, las llantas no se incluyeron como parte del material a aprovechar; de acuerdo con lo anterior, se estimaron las cantidades susceptibles de ser aprovechadas, con respecto al ingreso promedio mensual al área de aprovechamiento, correspondiente para la fecha de la caracterización a 16.000 Ton.

Dentro de la caracterización realizada y la información antes referenciada no se tiene contemplado el poliestireno expandido (eps) icopor de manera individual pero si se encuentra inmerso dentro del grupo de otros residuos (icopor, papel, tapetes, pasto, vidrio, textiles y orgánicos); sin embargo en atención a que la solicitud indica que se requieren datos sobre los residuos que se disponen en el Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ, anexo al presente envío los últimos resultados de las caracterizaciones allegadas a la unidad realizadas por CGR para residuos sólidos urbanos (RSU).