

**APROVECHAMIENTO DE TERMOPLÁSTICOS -ABS- MEDIANTE EXTRUSIÓN
PARA LA FABRICACIÓN DE ESTIBAS Y POSTES EN LA CIUDAD DE
VALLEDUPAR**



AUTOR:

JAIRO ANDRÉS CAMARGO MUNIVE

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2024

**APROVECHAMIENTO DE TERMOPLÁSTICOS -ABS- MEDIANTE EXTRUSIÓN
PARA LA FABRICACIÓN DE ESTIBAS Y POSTES EN LA CIUDAD DE
VALLEDUPAR**

AUTOR:

JAIRO ANDRÉS CAMARGO MUNIVE

DIRECTORA:

KARINA PAOLA TORRES CERVERA

CONCURSANTE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

CODIRECTOR

NILSON JAVIER OCHOA RUEDA

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2024

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia, por el amor y el apoyo incondicional que me han brindado. Este tiempo es valioso en sí y cada paso y lágrima en el camino demuestra como hombre he luchado para llegar a conseguir finalizar mi experiencia académica. Los amo.

Jairo Andrés Camargo Munive



AGRADECIMIENTOS

Primero, gracias a Dios por permitirme alcanzar mis metas cuál me ha dotado de valentía y entusiasmo para cumplir este sueño de ser un ingeniero, gracias a mis padres por sus luchas y los sacrificios que hicieron por mí, ofreciéndome lo necesario para poder alcanzar mis metas, a mi esposa por motivarme y ser la persona que creyó en mis capacidades y me anima a superar los obstáculos, a mi hijo amado Arturo, que es el motor de mi vida y fuente de inspiración, quiero ser para él, un ejemplo a seguir y demostrarle que preparándonos y luchando se puede lograr un futuro mejor y juntos; a mis compañeros y amigos presentes y del pasado que me brindaron sin esperar nada sus conocimientos, diversiones, alegrías y tristezas y todas las personas que hicieron parte en este proceso apoyándome a lograr este sueño se haga realidad.

Jairo Andrés Camargo Munive



RESUMEN

Este estudio se enfoca en la innovadora transformación de residuos plásticos ABS en estibas y postes, motivado por la creciente preocupación ambiental relacionada con la gestión de residuos plásticos y la necesidad urgente de promover prácticas de sostenibilidad en la industria. Adoptando un enfoque integral, se desarrolló un proceso compuesto por la recolección, triturado, extrusión y moldeo del plástico ABS reciclado, con el fin de evaluar su viabilidad técnica, económica y ambiental para la producción de nuevos productos. El impacto socioeconómico y ambiental del proyecto es significativo, proporcionando una solución ecológica a los desafíos de los residuos plásticos, fomentando la economía circular, reduciendo la dependencia de materiales vírgenes, y generando oportunidades de empleo en el sector del reciclaje. Los resultados principales revelan la factibilidad de emplear plástico ABS reciclado para fabricar productos finales duraderos y resistentes, con propiedades mecánicas optimizadas, adecuados para una amplia gama de aplicaciones industriales y comerciales. Este enfoque no solo contribuye a la reducción del impacto ambiental asociado con los residuos plásticos, sino que también destaca el potencial de las prácticas de reciclaje innovadoras y sostenibles, abriendo caminos hacia un futuro más verde y responsable.

Palabras Claves: Reciclaje de ABS, Sostenibilidad, Economía Circular, Gestión de Residuos Plásticos, Productos Reciclados.



ABSTRACT

This study focuses on the innovative transformation of ABS plastic waste into pallets and posts, motivated by the growing environmental concern related to plastic waste management and the urgent need to promote sustainability practices in the industry. Adopting a comprehensive approach, a process involving the collection, shredding, extrusion, and molding of recycled ABS plastic was developed to evaluate its technical, economic, and environmental viability for the production of new products. The project's socioeconomic and environmental impact is significant, providing an ecological solution to the challenges of plastic waste, promoting the circular economy, reducing the dependence on virgin materials, and generating employment opportunities in the recycling sector. The main results reveal the feasibility of using recycled ABS plastic to manufacture durable and resistant final products, with optimized mechanical properties, suitable for a wide range of industrial and commercial applications. This approach not only contributes to reducing the environmental impact associated with plastic waste but also highlights the potential of innovative and sustainable recycling practices, paving the way towards a greener and more responsible future.

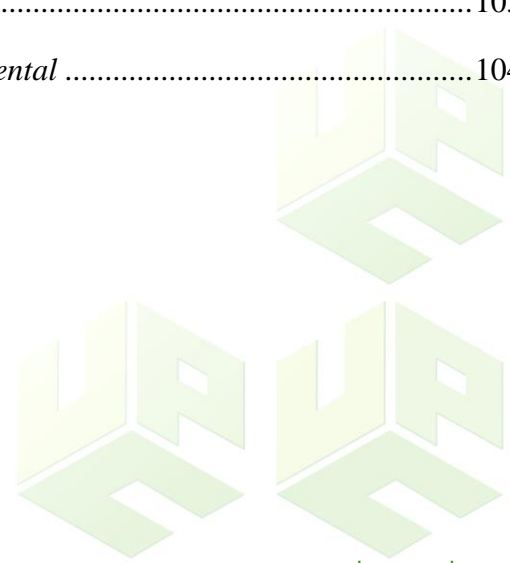
Keywords: *ABS Recycling, Sustainability, Circular Economy, Plastic Waste Management, Recycled Products.*

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	16
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	17
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
4. MARCO REFERENCIAL.....	18
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
4.2. MARCO TEÓRICO.....	20
4.2.1. Residuos Sólidos.....	20
4.2.1.1. Clasificación De Los Plásticos.	22
4.2.1.2. Plástico Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).....	23
4.2.2. Tratamiento De Los Residuos Plásticos	23
4.3. MARCO CONCEPTUAL	24
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	25
4.5. MARCO LEGAL.....	27
5. MARCO METODOLÓGICO.....	30
5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN	30
5.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	30
5.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	30
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	30
5.5. MUESTRA POBLACIONAL	30
5.6. DESARROLLO METODOLÓGICO.....	31

Fase 1. Caracterización De La Producción De Residuos Sólidos Tipo Termoplástico - ABS- Que Practican Su Posible Recuperación En Recicladoras De La Ciudad De Valledupar.....	31
Actividad 1.1. Recolección De Información.	31
Actividad 1.2. Recolección Plástico ABS.	31
Fase 2. Realización Del Proceso De Producción De Estibas Y Postes Mediante Extrusión De Termoplásticos -ABS- Recuperados En Taller De METÁLICAS SAENZ S.A.S. En La Ciudad De Valledupar	31
Actividad 2.1. Preparación Del Material.	31
Actividad 2.2. Triturado Del Material.	31
Actividad 2.3. Extrusión Y Moldeado Del Material.....	32
Actividad 2.4. Variables De Evaluación.....	32
Fase 3. Evaluación De La Viabilidad Técnica, Ambiental Y Económica Mediante Análisis De Costo-Beneficio Y Del Ciclo De Vida De Los Productos Con Respecto A Su Nominal Convencional De Mercado.	32
Actividad 3.1. Análisis De Viabilidad Técnica.	32
Actividad 3.2. Análisis De Viabilidad Ambiental.	32
Actividad 3.3. Análisis De Viabilidad Económica.	33
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	34
6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS TIPO TERMOPLÁSTICO -ABS- QUE PRACTICAN SU POSIBLE RECUPERACIÓN EN RECICLADORAS DE LA CIUDAD DE VALLEDUPAR.....	34
6.1.1. Recolección De Información.	34
6.1.2. Recolección Plástico ABS	45
6.2. REALIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ESTIBAS Y POSTES MEDIANTE EXTRUSIÓN DE TERMOPLÁSTICOS -ABS- RECUPERADOS EN TALLER DE METÁLICAS SAENZ S.A.S. EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR.....	49
6.2.1. Preparación Del Material	49

6.2.2.	Triturado Del Material	55
6.2.3.	Extrusión Y Moldeado Del Material.....	58
6.2.4.	Variables De Evaluación.....	65
6.2.4.1.	Variables Que Influyen En La Limpieza, Lavado y Troceado.	65
6.2.4.2.	Variables Que Influyen En El Triturado Del Material.....	65
6.2.4.3.	Variables Que Influyen En La Extrusión Y Moldeado Del Material.	66
6.3.	EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, AMBIENTAL Y ECONÓMICA MEDIANTE ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO Y DEL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS CON RESPECTO A SU NOMINAL CONVENCIONAL DE MERCADO.	68
6.3.1.	Análisis De Viabilidad Técnica	68
6.3.2.	Análisis De Viabilidad Ambiental	75
6.3.3.	Análisis De Viabilidad Económica	80
7.	CONCLUSIONES	92
8.	RECOMENDACIONES.....	94
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
	ANEXOS	101
	Anexo 1. <i>Formato de Encuesta</i>	101
	Anexo 2. <i>Respuestas tabuladas de la Encuesta</i>	103
	Anexo 3. <i>Método de Evaluación de Impacto Ambiental</i>	104



LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Código de Colores para la clasificación de Residuos Sólidos Ordinarios en Colombia.....	21
Figura 2. Clasificación de los Tipos de Plástico	22
Figura 3. Familia de los Polímeros	22
Figura 4. Estructura Química del Acrilonitrilo Butadieno Estireno	23
Figura 5. Alternativas del Reciclado de los Plásticos ABS	24
Figura 6. Composición de imágenes que referencian la localización de la ciudad de Valledupar y las Recicladoras que actualmente tienen un registro geográfico	26
Figura 7. Esquema del Desarrollo Metodológico del Proyecto de Investigación.....	33
Figura 8. Distribución porcentual de recicladores según su forma de trabajo.....	34
Figura 9. Años de Experiencia laboral de los Recicladores.....	35
Figura 10. Caracterización del trabajo individual o grupal para reciclaje y cobertura de áreas	36
Figura 11. Distribución de personas que trabajan en grupo.....	37
Figura 12. Percepción de Generación de Residuos Plásticos ABS.....	38
Figura 13. Kilogramos Mensuales producidos de plástico ABS aproximado	39
Figura 14. Días de trabajo que dedican los recicladores encuestados	40
Figura 15. Valor de Venta de los Kilogramos Mensuales Calculado	41
Figura 16. Gastos adicionales en transporte y otros asociados	42
Figura 17. Dificultades para la recuperación y reciclaje del plástico ABS	43
Figura 18. Visita realizada a recicladora en el proceso de participación con encuesta.	44
Figura 19. Recolección de residuos plásticos ABS en montículo de basura en Valledupar....	45
Figura 20. Diagrama de Inspección preliminar del plástico ABS para su reutilización	48
Figura 21. Elementos de Protección Personal Requeridas para este procedimiento	49
Figura 22. Piezas de Plástico ABS con otros elementos incrustados	50
Figura 23. Triturado de materiales de plástico ABS con impurezas.....	51
Figura 24. Tanques Herméticos para almacenamiento seguro de trozos de plástico ABS.....	52
Figura 25. Procedimiento de preparación del material de plástico ABS.	54
Figura 26. Procedimiento de triturado del material de plástico ABS	57

Figura 27. Máquina de extrusión de doble husillo contra rotacional.....	58
Figura 28. Moldes para extrusión de estibas y postes de plástico ABS.....	61
Figura 29. Estibas y postes de plástico ABS desarrollados	62
Figura 30. Procedimiento de extrusión y moldeo del material de plástico ABS	64
Figura 31. Retirado de partes que pueden afectar la línea de proceso de transformación.....	69
Figura 32. Plástico ABS triturado en pequeñas partes (con muestra contaminada)	70
Figura 33. Estibas y postes de plástico ABS pesados en báscula digital.....	70
Figura 34. Estibas de plástico ABS sumergidas en agua antes del proceso de pesado.....	72
Figura 35. Estibas de plástico ABS expuestas a temperatura ambiente	73
Figura 36. Estibas de plástico ABS medidas en su superficie con termómetro digital	73
Figura 37. Estiba sometida a una penetración con clavo de acero de 1 pulgada y a lijado con pulidora	74
Figura 38. Diagrama Entrada-Proceso-Salida del proceso de Preparación del Material.....	76
Figura 39. Diagrama Entrada-Proceso-Salida del proceso de Trituración del Material	77
Figura 40. Diagrama Entrada-Proceso-Salida del proceso de Extrusión y Moldeo del Material.....	78
Figura 41. Costos unitarios de las estibas y postes hechos con plástico ABS.....	85



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cuadro Climático de Valledupar	27
Tabla 2. Lineamientos Normativos y Legales Aplicables	27
Tabla 3. Estimación Anual y Características de la Generación Cuantificada.....	46
Tabla 4. Variables implicadas en el proceso de limpieza, lavado y troceado.....	65
Tabla 5. Variables implicadas en el proceso de triturado de plástico ABS	66
Tabla 6. Variables implicadas en el proceso de Extrusión y Moldeado del plástico ABS	67
Tabla 7. Resultados del Ensayo de Resistencia a la Flexión de las Estibas y Postes ABS.....	71
Tabla 8. Matriz de Calificación de los Impactos Ambientales de los Procesos de Transformación del Plástico ABS.....	79
Tabla 9. Costos presupuestados de los recursos implicados en los procesos productivos de postes y estibas de plástico ABS.....	83
Tabla 10. Criterios de comparación entre los productos del mercado y los postes y estibas ..	86
Tabla 11. Evaluación comparativa de los costos y la calidad con los diferentes productos respecto a los Postes ABS.....	87
Tabla 12. Evaluación comparativa de los costos y la calidad con los diferentes productos respecto a las Estibas ABS.....	89



INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos son una problemática generalizada por los impactos ambientales que hacen un aporte importante al cambio climático. En especial, los plásticos que se degradan en micro plásticos contribuyen de manera importante al impacto ambiental drástico que sufre el planeta y toda su biodiversidad, por lo tanto, el crear estrategias de gestión y manejo para su uso circular en la economía emergente se convierten en alternativas de alto impacto positivo, lo que favorece enteramente a mejorar las condiciones de las generaciones futuras.

Esta investigación aborda la temática de los residuos plásticos clasificados tipo 7 y en específico el Acrilonitrilo Butadieno Estireno o ABS por sus siglas en inglés, el cual es muy usado, pero para el cual no se tienen muchas alternativas y estrategias de transformación y manejo planteado, no al menos, desde la obtención de otro producto, a pesar de que sí se han desarrollado trabajos en torno a los modelos logísticos inversos.

La motivación principal de desarrollar este trabajo yace en que la ciudad de Valledupar se encuentra empobrecida en lineamientos de gestión en torno a este tipo de residuos, por lo que se observan muchos residuos plásticos ABS en puntos críticos de la ciudad y en sus calles, esto conllevó a la formulación de este trabajo, con el cual, se pretende implementar una línea técnica de transformación del mismo para obtener un producto útil, al cual se va evaluar desde criterios técnicos, ambientales y económicos para observar que tan viable es para el mercado con respecto a su parejo convencional.

Para alcanzar los resultados esperados de esta investigación se desarrolló un trabajo en tres etapas metodológicas como objetivos, que se definieron de la siguiente manera: En primer lugar, se caracterizó la producción de residuos sólidos tipo termoplástico -ABS- que practican su posible recuperación en recicladoras de la ciudad de Valledupar. En segundo lugar, se realizó el proceso de producción de estibas y postes mediante la extrusión de termoplásticos -ABS- recuperados en el taller de METÁLICAS SAENZ S.A.S. en la ciudad de Valledupar. Por último, se evaluó la viabilidad técnica, ambiental y económica mediante el análisis de costo-beneficio y del ciclo de vida de los productos con respecto a su nominal convencional de mercado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los mares, océanos y ríos se han transformado en los grandes vertederos de residuos sólidos del mundo, siendo el patio trasero de los desechos plásticos de la humanidad, recibiendo aproximadamente 8 millones métricas de toneladas cada año, para un valor acumulativo estimado de 150 millones de toneladas de plástico. (WWF, 2019).

Esta situación es tan preocupante porque la sociedad aumenta radicalmente y la demanda de sus necesidades no podrán ser satisfechas sin un cambio en los malos hábitos por buenas prácticas ambientales (Rodríguez, Bustamante, & Mirabal, 2011). La preocupación se centra en los plásticos de único uso, señala la ONU (2019) que cada minuto se consumen un millón de botellas plásticas y se usan medio millón de bolsas.

Sin embargo, estos plásticos se caracterizan por su vida útil reducida, pero existen otros grupos de plásticos que tienen un alto potencial de ahondar la problemática, cuya vida útil es prolongada para los cuales poco se han trabajado. En este trabajo se refiere a los termoplásticos ABS, siendo el más consumido de los plásticos técnicos con 2 millones de toneladas de consumo para el año 2022. (Interempresas, 2021).

De acuerdo con Interempresas (2021), el *Acrilonitrilo Butadieno Estireno* o ABS por sus siglas en inglés, representa el 41% de la demanda mundial de plásticos técnicos y es dirigido a la construcción piezas de vehículos, partes de televisores y de otros aparatos eléctricos y electrónicos, por lo tanto, su pronta generación de desechos pueda ser vertiginosa ya que estos productos normalmente aplican a los conceptos de obsolescencia programada y como no tienen un uso futuro deban desecharse.

Trayendo a un contexto locativo esta problemática, la ciudad de Valledupar también es productora de estos desechos, pero como no tienen ningún valor de aprovechamiento son descartados por las recicladoras y por mucho se observan tapas de televisores en solares y puntos críticos en lotes enmontados alrededor de la ciudad, generando un impacto ambiental de contaminación visual, deterioro del suelo por ocupación y cambio en la vocación de este, contribuyen a la generación de condiciones para la aparición de vectores de plagas como roedores, mosquitos y otros similares, además, se espera que aumente proyectivamente y su

manejo sea inadecuado porque no existen políticas que definan los términos de uso futuro del plástico ABS.

Sumado a esta situación no se debe exceptuar la problemática actual que atraviesa esta ciudad en cuanto al manejo de los residuos por la creciente deposición y aumento de puntos críticos en la ciudad que es un aspecto socio ambiental de estudio por la gran aparición del trabajo informal de carremuleros, el afán constructivo urbanístico de los habitantes locales y las podas indebidas de personas naturales y jurídicas, favorecen a incrementar la problemática de los residuos sólidos y sus impactos en la ciudad. (El Pílon, 2022).

Conforme a lo establecido en los párrafos anteriores, los autores, en aras de encontrar una solución de alternativas a la situación planteada formulan la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál será la eficiencia de Aprovechamiento de Termoplásticos -ABS- mediante método de extrusión para construir estibas y postes en la ciudad de Valledupar?



2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La relevancia de llevar a cabo esta investigación se vio motivada en conseguir un sustituto a ciertos productos de uso común, mediante la logística inversa de re-inclusión en líneas productivas, que aminoraría la cantidad de residuos sólidos de plástico ABS mal dispuestos en la calle que no fueron manejados y/o bien gestionados por empresas de servicios públicos ni por empresas recicladoras.

En contextualización con lo anterior, el principal beneficio ambiental fue la reducción de los impactos producidos por la mala disposición de este residuo. Además, permitió la valorización de este y la consolidación de un mercado para su aprovechamiento, promoviendo la generación de empleo y garantizando un nuevo ciclo productivo con criterios de economía circular.

Por lo tanto, fue necesario practicar este trabajo para sumarse a las otras posibles actividades de aprovechamiento que ya se le estaban dando a este producto, reenfocándolo hacia la constitución de un producto alternativo. Se ha pensado en crear listones sustitutos para cerramientos de corrales o delimitación de predios, así como estibas de contención para almacenes.

Esto quiere decir que desarrollar esta investigación tiene múltiples impactos positivos y se desea llevar a cabo para lograr mejorar los índices de captación de residuos locativos, con el objetivo de fomentar la posibilidad de alternativas. En este caso, se busca obtener estos residuos como materia prima, asignarles valor y producir un elemento que pueda garantizar la sustentabilidad y sostenibilidad del proyecto.

Conforme a esto, se puede decir que el criterio de innovación estará centrado en la medición indirecta de la cantidad de productos -ABS- producidos y la utilidad de las máquinas destinadas al moldeo y extrusión del producto deseado.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el Aprovechamiento de Termoplásticos -ABS- mediante Extrusión para la fabricación de Estibas y Postes en la ciudad de Valledupar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Estimar la Producción de Residuos Sólidos tipo Termoplástico -ABS- mediante caracterización de diferencia de pesos para su posible recuperación en Recicladoras de la ciudad de Valledupar.

Realizar Proceso de Producción de Estibas y Postes mediante Extrusión de Termoplásticos -ABS- recuperados en taller de METÁLICAS SAENZ S.A.S. en la ciudad de Valledupar.

Evaluar la Viabilidad Técnica, Ambiental y Económica mediante Análisis de Costo-Beneficio y del Ciclo de Vida de los Productos con respecto a su nominal convencional de mercado.



4. MARCO REFERENCIAL

En este capítulo se hará la presentación de los antecedentes de la investigación, marco teórico, marco conceptual, marco contextual y marco legal, que son aplicables a la temática que se aborda en este trabajo.

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Las siguientes investigaciones poseen características teóricas, metodológicas y prácticas que aplican a conceptos técnicos y experimentales que son base para el desarrollo de este trabajo.

Lavacude et. Al. (2021) desarrollaron la investigación denominada Procesos de Transformación de Residuos Plásticos en la Ciudad de Bogotá Departamento Cundinamarca a Partir de la Producción de Fundas Biodegradables, porque se evidenciaba una cantidad importante de desechos generados. A partir de esta se practicó un estudio de revisión bibliográfica para identificar los residuos que tienen mayor potencial de reutilización para la elaboración de fundas biodegradables, resaltando el almidón de yuca, de maíz y la cáscara de arroz como la de mayor influencia para el producto final. El enfoque metodológico abordó una serie de pasos de investigación mixta, puesto que se tenía un doble propósito del estudio, además fue de alcance descriptivo. El impacto de este trabajo resulta en la obtención de un subproducto a partir de un desecho implicando herramientas de bajo costo que generan un impacto positivo al medio ambiente. Aunque esta investigación no tiene un enfoque predilecto con los objetivos del presente trabajo si entrega un aporte metodológico con el cual los autores sientan base para desarrollar la caracterización preliminar del plástico ABS en las recicladoras, por lo cual, abordarlo se hace enteramente necesario.

Tabora y López (2019) desarrollaron la investigación denominada Estudio de Prefactibilidad para la creación de una Red Gestora de Residuos Plásticos Generados por la Población del municipio de la Jagua de Ibirico en el Departamento del Cesar, la cual se llevó a cabo en seis etapas analizando el mercado, estimando lo requerimientos técnicos y tecnológicos, desarrollando el estudio legal y administrativo, evaluando financieramente el modelo propuesto, realizando un estudio socioeconómico y el análisis de los riesgos. Uno de los resultados que se exaltan de este trabajo está en la definición de la línea productiva que

conforma la red gestora de los residuos sólidos, en la cual se señalan los procesos, actividades y tareas que se deben concebir para el aprovechamiento y tratamiento de los plásticos. El aporte de este trabajo es metodológico y práctico de nivel técnico, puesto que el establecimiento de los procesos de línea técnica permite realizar la evaluación financiera, que son pasos que se desarrollarán en este trabajo, a través de los cuales se planea una solución para la comunidad en materia de clasificación y separación de residuos, aportando la posibilidad de tener oportunidades de empleo y desarrollo económico para la región, reducción de puntos críticos de contaminación en el municipio, creación de una unidad productiva que transforme el plástico recuperado y lo regrese a la industria para poder reutilizarlo, entre otros aspectos que apuntan a generar impacto socioeconómico positivo en la región.

Manzanos y García (2018) desarrollaron la investigación denominada Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Plásticos Generados en el Municipio de Arauca desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible, en el cual se tomaron dos casos hipotéticos de análisis de viabilidad técnica y financiera para un proyecto de aprovechamiento, considerando como metodología para establecer dicha viabilidad según el decreto 2981 de 2013. En esta investigación se consideraron como variables de evaluación la generación de empleo, el valor agregado, el desarrollo paulatino, la dignificación de una labor, disminución de impactos ambientales, otras iniciativas de aprovechamiento, educación ambiental y la participación de la academia. De este trabajo se resalta el aporte teórico, puesto que señala los lineamientos normativos que se deben considerar para la evaluación del costo y beneficio de los proyectos de esta índole, que al igual que este trabajo pretende alcanzar resultados importantes.

Bosch Hernández (2018) realizó el trabajo denominado Diseño de una planta de reciclado de tereftalato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) el cual fue desarrollado en tres tipos de estudio: conceptual, de ingeniería básica y de ingeniería de detalle. En esta investigación se hace una descripción muy entera de los elementos que conlleva una línea tecnológica de transformación del reciclado plástico referente PET, PP y ABS, con las máquinas, herramientas, diagramas de procesos y elementos que se deben bien cuidar al momento de tomar y optar decisiones diferentes, así mismo, se proyectó el diseño de los espacios operacionales, administrativos y de apoyo, se

describen condiciones y actos de salud ocupacional y se hace el diseño electromecánico de surtido de la planta, además, se calculan los impactos ambientales desde el coste al productor confinando en un valor de impacto monetario en euros. De esta investigación se recopila su concepto práctico y técnico, puesto que implica ingeniería de prefactibilidad para el análisis de la línea de producción con todos los elementos que esta implica.

Ochoa (2017) presentó la Propuesta Integral para el Aprovechamiento del Plástico a partir de los Residuos Sólidos resultantes del Embalaje de Plaguicidas (residuos RESPEL), para el cual se determinaron el potencial de aprovechamiento de este, seleccionaron las alternativas para el máximo aprovechamiento del residuo y definieron los parámetros que se deben considerar para el aprovechamiento sostenible. En esta investigación se definieron que los poliméricos PET y HDPE son los de mayor producción, por lo cual se presentan como técnicas de reducción y tratamiento: el triturado, peletizado y extrusado con los cuales se proponen alternativas de uso como aislador de calor, cortafuegos, salidas de emergencias, pisos impermeables, techos inflamables de liberación de humo, entre otras, puesto que en este trabajo se recopilaron las investigaciones que sustentan el mencionado posible uso. De esta investigación se resalta su aporte teórico y metodológico, ya que presenta un sustento de definiciones que ayudan a comprender mejor la síntesis relacional con la parte práctica; trabajo que se desarrolla conforme a las estrategias que abordan diferentes actores para hacer un compendio de decisiones optadas.

4.2. MARCO TEÓRICO

4.2.1. Residuos Sólidos

El término residuos sólidos es inclusivo y comprende las fuentes, tipos de clasificaciones, composición y propiedades. Los residuos que son vertidos pueden tener valor importante desde otros contextos, pero tienen poco valor para quien los arroja.

(Tchoubanoglous, Vigil, & Theisen, 1994)

Tchoubanoglous (1994) clasifica a los desechos como aquellos de origen en los desperdicios alimenticios, basuras o escombros, cenizas o residuos, desechos de demolición y construcción, desechos especiales, desechos de plantas de tratamiento y/o biosólidos, desechos agrícolas y desechos peligrosos.

Sin embargo, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible engloba la clasificación de los Residuos Sólidos desde su forma de gestión y manejo, conforme a la clasificación de colores establecida y obligatoria a partir del 01 de enero del 2021, así (MINAMBIENTE, 2020):

Figura 1. Código de Colores para la clasificación de Residuos Sólidos Ordinarios en Colombia



Nota: Tomado por el Autor (2023) de Internet (revista TIENEX).

Los colores presentados significan y describen lo siguiente:

- ✓ **Blanco:** residuos aprovechables limpios y secos, como plástico, vidrio, metales, papel y cartón.
- ✓ **Negro:** residuos no aprovechables como el papel higiénico; servilletas, papeles y cartones contaminados con comida; papeles metalizados, entre otros. En esta bolsa o recipiente también deberán disponerse los residuos COVID-19 como tapabocas, guantes, entre otros.
- ✓ **Verde:** residuos orgánicos aprovechables como los restos de comida, residuos de corte de césped y poda de jardín, etc.

4.2.1.1. Clasificación De Los Plásticos.

Para facilitar la gestión y el manejo de los residuos plásticos se estableció un número distintivo conforme a sus características, lo que ayudó de manera importante a su recuperación y reciclaje. (Recytrans, 2013):

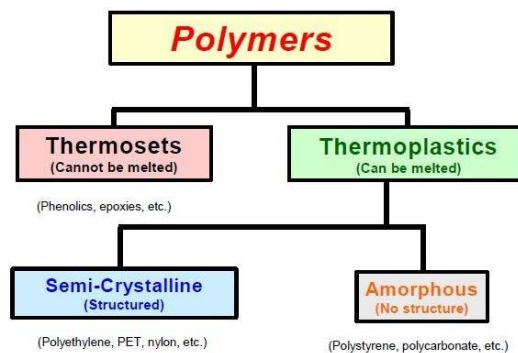
Figura 2. Clasificación de los Tipos de Plástico



Nota: Tomado por el Autor (2023) de la National Geographic, Gestores de Residuos, Recytrans (publicado el 01 de agosto de 2020) ver cita: (National Geographic, 2020).

Otra manera de ver a los plásticos es conforme a su composición polimérica:

Figura 3. Familia de los Polímeros

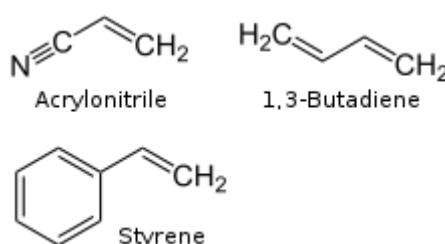


Nota: Tomado por el Autor (2023) de AZO Materials (2019).

4.2.1.2. Plástico Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)

También conocido como plástico de ingeniería o de alta ingeniería es un plástico muy resistente a los impactos y utilizado en vehículos automóviles y en algunos elementos industriales domésticos y es un termo plástico amorfo. (Siim and CO., S.L.), estos plásticos se clasifican con el número 7 de clasificación.

Figura 4. Estructura Química del Acrilonitrilo Butadieno Estireno



Nota: Tomado por el Autor (2023) de Internet.

“Estos plásticos son más comunes de lo que parecen. El recubrimiento protector de los circuitos eléctricos y electrónicos de los aparatos domésticos son plásticos ABS, y muchos de estos no tienen ningún valor de mercado ya que no se están priorizando líneas de reciclaje puesto que necesitan una línea mecánica y técnica de tratamiento que permita reducirlos. El denominado *plástico negro* es tan común, pero nada recuperado” *Notación de los Autores.*

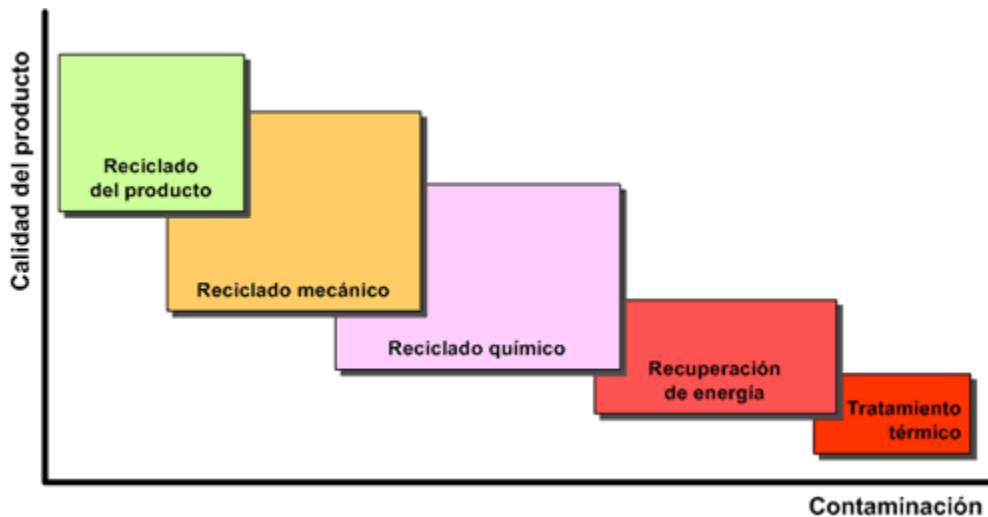
4.2.2. Tratamiento De Los Residuos Plásticos

Para la Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos en el aprovechamiento de los Residuos Plásticos se tiene la Guía Técnica Colombiana (GTC) 53 tomo 2 del 28 de julio de 2004. El reciclaje óptimo para los termoplásticos ABS señalados en este trabajo es de tipo mecánico. (ICONTEC, 2004).

El reciclaje mecánico es un proceso físico mediante el cual los residuos plásticos son recuperados permitiendo su posterior utilización en nuevos productos. Una vez limpios y triturados, el proceso de reciclaje mecánico de los residuos plásticos es muy parecido al proceso original de producción de las distintas aplicaciones. (ICONTEC, 2004).

En el siguiente esquema, se presentan las diferentes alternativas de reciclado de los plásticos ABS y cual de ellas se acerca más a la contaminación, situando al reciclado mecánico como la segunda mejor alternativa.

Figura 5. Alternativas del Reciclado de los Plásticos ABS



Nota: Tomado por el Autor (2023) de Internet.

Esto suma viabilidad ambiental a este trabajo presentado para el aprovechamiento de los residuos ABS recuperados en recicladoras.

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Aprovechamiento. Actividad complementaria del servicio público de aseo que comprende la recolección de residuos aprovechables, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento o hasta la planta de aprovechamiento, así como su clasificación y pesaje por parte de la persona prestadora (CONPES, 2018).

Disposición Final. Es el proceso de aislar y confinar los residuos o desechos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente (Alcaldía Municipal Ibagué, 2018).

Ciclo de Vida de un Producto. Todas las etapas del desarrollo de un producto, incluidos su diseño, la extracción o adquisición de materia prima, producción,

comercialización, uso, reutilización, reciclaje, y reincorporación al ciclo productivo o hasta su disposición final (CONPES, 2018).

Desecho. Material que tras el término de su vida útil no es susceptible de aprovechamiento (CONPES, 2018).

Generador. Persona que produce residuos sólidos y es usuario del servicio (Ministerio de Vivienda, 2017).

Reutilización. Es la prolongación de la vida útil de los residuos recuperados y que mediante procesos, operaciones o técnicas devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación física o química (CONPES, 2018).

Segregación. Actividad que consiste en recuperar materiales reusables o reciclables de los residuos (Ministerio de Vivienda, 2017).

Tratamiento. Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos sólidos incrementando sus posibilidades de reutilización o para minimizar los impactos ambientales y los riesgos para la salud humana (Ministerio de Vivienda, 2017).

Valorización. Operación a través de la cual los residuos son preparados para cumplir una finalidad, de tal forma que pueden ser utilizados como sustitutos de otros materiales o fuentes de energía que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular en la misma instalación o en la economía en general (CONPES, 2018).

4.4. MARCO CONTEXTUAL

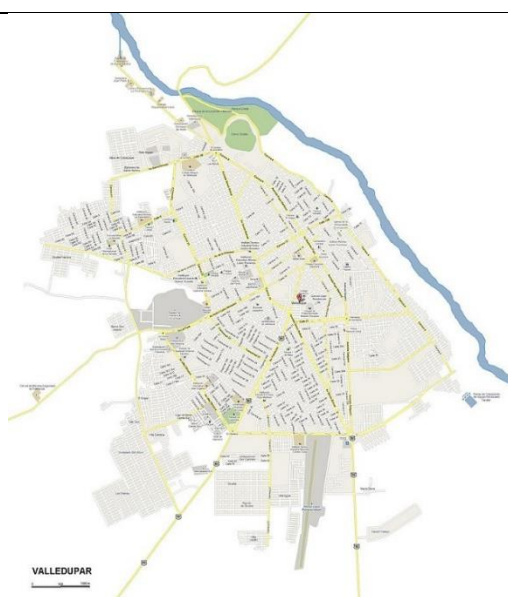
La ciudad de Valledupar, localizada en el norte colombiano y ostentando como capital del departamento del Cesar, tiene una extensión de 4493 km², 493 342 habitantes y junto a su área metropolitana reúne 677 941 habitantes (DANE, 2005); está conformado por 25 corregimientos y 102 veredas. (Alcaldía de Valledupar, 2020).

Valledupar está ubicada al norte del Valle del Río Cesar, en medio de la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá y al margen de los ríos Cesar y Guatapurí, limitando al norte con el departamento de La Guajira, al sur con el municipio de Bosconia, al este con el municipio de La Paz y San Diego y al Oeste con el municipio de Pueblo Bello. (Alcaldía de Valledupar, 2020)

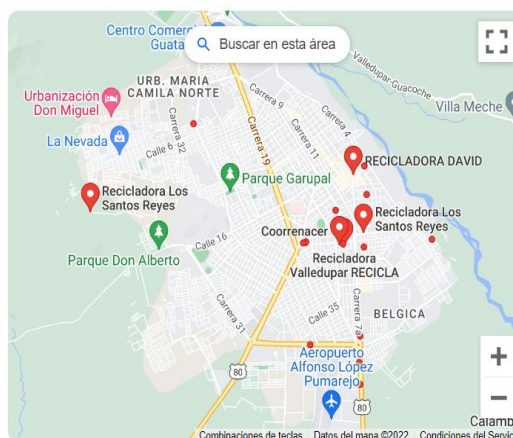
Figura 6. Composición de imágenes que referencian la localización de la ciudad de Valledupar y las Recicladoras que actualmente tienen un registro geográfico



Departamento del Cesar



Ciudad de Valledupar (Área Urbana)



Recicladoras Valledupar

Nota: Tomado por el Autor (2023) de internet.

El clima de Valledupar es notablemente predominante tropical de sabana (Aw) conforme a la clasificación de Köppen y Geiger (1936) y posee las siguientes características climáticas de registros multianuales:

Tabla 1. Cuadro Climático de Valledupar

Temperatura (°C)												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mínima promedio	21,2	22,4	23,9	24,2	23,5	23,6	23,7	24,2	23,8	23,6	23,1	22,5
Promedio	27,9	28,7	29,5	30,2	29,3	28,4	28,6	29,6	27,5	26,4	26,9	27,0
Máxima promedio	33,6	34,1	35,2	36,1	35,1	34,3	35,6	35,1	32,5	31,5	32,4	31,6
Máxima Absoluta	38,5	37,7	38,4	38,5	39,3	38,3	38,3	39,8	37,5	36,6	38,9	38,8
Mínima Absoluta	16,5	18,8	18,5	21,5	18,2	18,4	18,1	19,4	17,2	18,2	19,4	18,3
Precipitación, brillo solar, humedad relativa y vientos												
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación promedio (mm)	13	7	27	63	150	91	59	108	110	210	97	26
Días de lluvia	1	1	3	6	12	9	7	11	12	14	7	3
Humedad relativa (%)	60	58	58	64	72	70	65	68	73	76	72	66
Brillo Solar (horas/mes)	282	246	244	205	192	201	218	215	186	201	226	259
Velocidad del viento (km/h)	5,6	6,1	5,6	2,8	2,9	3,5	4,1	3,6	3,1	2,7	3,8	5,3

Nota: Tomado por el Autor (2023) de Internet donde citan al Atlas Climatológico de Colombia (IDEAM, 2018).

De acuerdo con el IDEAM (2018), la temperatura mínima de Valledupar es de 22,9°C, una temperatura media de 28,4°C y una máxima de 33,8°C con precipitación media de 961 milímetros (litros por metro cuadrado) con 86 días de lluvia, humedad relativa de 67% y 223 horas de brillo solar y velocidad del viento promedio de 14,76 kilómetros por hora.

4.5. MARCO LEGAL

Tabla 2. Lineamientos Normativos y Legales Aplicables

Normativa	Descripción	Aplicación
Constitución Política de Colombia 1991	Artículo 79. Del derecho a un ambiente sano.	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, por lo tanto, el reciclaje del plástico ABS ayudaría a reducir los índices de contaminación para la sociedad y el mundo priorizando al medio ambiente.

Normativa	Descripción	Aplicación
Ley 09 del 1979	Por el cual dictan medidas sanitarias.	Que toda actividad debe cumplir criterios sanitarios que garanticen la higiene y limpieza, en este caso, el reducir los plásticos ayuda a mejorar estos criterios de sanidad.
Ley 99 de 1993	por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	Que el artículo 31 y 65 señalan las autoridades y responsables de velar por la gestión y el manejo de los residuos sólidos haciendo cumplir las obligaciones que tienen todas las personas naturales y jurídicas en reducir los impactos ambientales producto de los desechos, residuos, basuras y desperdicios, por lo cual, se cumple un criterio importante con el desarrollo de este trabajo.
CONPES 3874 de 2016	Política Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos	Que se adoptan las políticas nacionales por las cuales se desglosan las reglamentaciones en materia de residuos sólidos y su gestión y manejo oportuno.
Decreto 838 de 2005	por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.	Que la disposición final son para elementos que puedan reducirse de otras formas, por lo cual, la intervención de este trabajo ayudaría a reducir los índices volumétricos disponibles en relleno.

Normativa	Descripción	Aplicación
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Que el artículo 3, 8, 34, 35 y 38 presentan los factores, las regulaciones y los lineamientos que se deben llevar a cabo para con los residuos sólidos, por lo cual, este trabajo debe someterse a ellos.
Decreto 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.	Que las obligaciones de los prestadores incluye también a los prestadores de servicios de reciclaje integrados a las rutas de recolección, por lo cual, se tiene una alternativa para el aprovechamiento de los residuos plásticos ABS.
Resolución 1045 de 2003	Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones	Que dentro de los PGIRS se tienen que adoptar medidas para la gestión de estos residuos plásticos ABS, por lo tanto, el desarrollo de trabajos como este hacen repensar a las autoridades y responsables para dar un enfoque prioritario y prever los impactos futuros.
Norma Técnica Colombiana GTC 24	Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente.	Se presentan las medidas que se deben adoptar para la separación en la fuente, que debe adoptar toda actividad y generador, así como gestores y transformadores.

Nota: Tomado de la sección Normativa Ambiental de la página oficial del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023.

5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea y sublínea de investigación corresponde a Sostenibilidad y Gestión Ambiental y Gestión Integral de Residuos Sólidos y Líquidos, siendo la segunda adscrita en la primera y al área temática Procesos de reciclaje, re-uso, reutilización, reincorporación y reducción de los residuos correspondientes del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar. (UNICESAR, 2021).

5.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

El tipo de enfoque investigativo es cuantitativo porque se recopilarán datos que pueden ser medibles o cuantificables y cuya medida expresan una situación o magnitud presentada. (Hernández S. & Mendoza T., Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, 2018).

5.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN

El nivel de alcance investigativo es descriptivo y longitudinal, porque la información obtenida a partir de los datos cuantificados expresará situaciones de las cuales se pueden hacer inferencias que ayudarán a la toma de decisiones. (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., Metodología de la Investigación, 2014).

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

El universo de estudio corresponde a la problemática de los residuos sólidos, cuya población de interés yace en los residuos plásticos número 7 y en específico el Acrilonitrilo Butadieno Estireno o ABS por sus siglas en inglés.

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional es no probabilística y no paramétrica, su aleatoriedad no depende de variables que se puedan tomar o medir en campo, por lo tanto, será a consideración de los autores y tomará como base la cuantificación indirecta mediante recopilación de información en campo a sujetos-objetivos, como bien lo son las personas que prestan servicios de reciclajes en la ciudad de Valledupar y en particular aquellas que se encuentran inscritas en las rutas de recolección de la empresa prestadora de servicio público de aseo de la ciudad.

5.6. DESARROLLO METODOLÓGICO

Fase 1. Caracterización De La Producción De Residuos Sólidos Tipo Termoplástico -ABS- Que Practican Su Posible Recuperación En Recicladoras De La Ciudad De Valledupar

Actividad 1.1. Recolección De Información.

Descripción: Se realizó un formato de recolección de información con el cual se encontraron datos referentes de los plásticos ABS, con la finalidad de obtener un estimativo de posible reciclaje y valoración indirecta de los costos para su recolección. Este formato estuvo integrado por preguntas que iban dirigidas a las personas que se encargan de hacer el reciclaje y que trabajan para recicladoras de la ciudad de Valledupar.

Actividad 1.2. Recolección Plástico ABS.

Descripción: se realizó la recolección de plásticos de tipo Acrilonitrilo Butadieno Estireno o ABS y en especial aquellos que fueron componentes de aparatos eléctricos y electrónicos domésticos como carcasas de protección de televisores, radios, bafles y equipos de sonidos entre otros, para así, tener una razón directa de generación y conocer los volúmenes productivos que satisfacen las necesidades de la línea técnica de producción.

Fase 2. Realización Del Proceso De Producción De Estibas Y Postes Mediante Extrusión De Termoplásticos -ABS- Recuperados En Taller De METÁLICAS SAENZ S.A.S. En La Ciudad De Valledupar

Actividad 2.1. Preparación Del Material.

Descripción: el material acaparado fue trasladado a las instalaciones de Metálicas Saenz S.A.S en la carrera 21 con diagonal 20A esquina en el barrio Dangond, ciudad de Valledupar. En donde el material fue lavado y revisado y posteriormente fue partido en trozos para facilitar el trabajo a los siguientes procesos, se evidencio cuales fueron descartados y por qué fueron descartados y se definieron las unidades de producción.

Actividad 2.2. Triturado Del Material.

Descripción: Se realizó el proceso de triturado del material, para lo cual se obtuvo una máquina de rotor que transformó el plástico en hojuelas. Se practicó un análisis preliminar en cuál se prolongará qué tipo se trituraría primero y cómo se realizó la composición de este. Esto se refirió a que se consolidaron trituraciones específicas según la procedencia del plástico y, finalmente, se combinó todo. Se obtuvo la densidad de este.

Actividad 2.3. Extrusión Y Moldeado Del Material.

Descripción: El material de trituración obtenido fue dispuesto en una máquina térmica de alta potencia que realizó el proceso de fusión y transformación de sólido a líquido del plástico, y así como su expansión o contracción a la forma adecuada empleando el aire comprimido para conseguir llevar esto a los moldes y así poder tener la forma deseada.

Actividad 2.4. Variables De Evaluación.

Descripción: En esta etapa, así como en las anteriores, se recopilieron datos como el tiempo, inversión energética, inversión económica y de otros insumos, dimensiones desarrolladas, entre otros, que fueron útiles para medir el estado de las condiciones de trabajo hasta este punto, siendo también un parámetro utilizado en próximas actividades.

Fase 3. Evaluación De La Viabilidad Técnica, Ambiental Y Económica Mediante Análisis De Costo-Beneficio Y Del Ciclo De Vida De Los Productos Con Respecto A Su Nominal Convencional De Mercado.

Actividad 3.1. Análisis De Viabilidad Técnica.

Descripción: Las unidades producidas fueron sometidas a ensayos técnicos sin control experimental sobre ellas. El primero de ellos fue el ensayo a la flexión conforme a la NTC 2871 de 2018, específico para estos ensayos. Además, se practicarán otros ensayos como el de humedad, absorción y temperatura ambiente, con la finalidad de conocer el comportamiento técnico de los elementos producidos.

Actividad 3.2. Análisis De Viabilidad Ambiental.

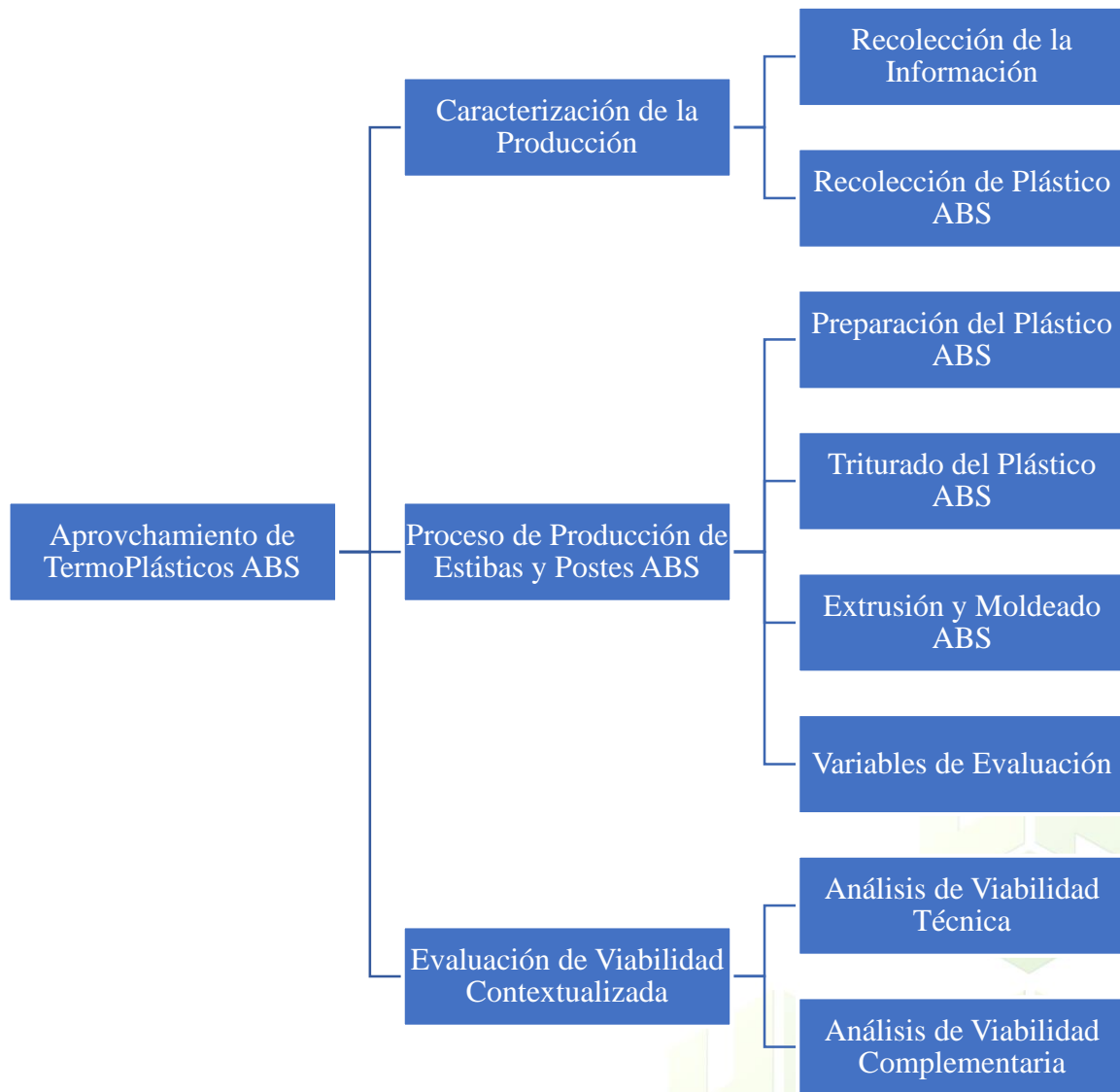
Descripción: Las unidades producidas fueron utilizadas en un proceso de recolección, preparación, tratamiento, transformación y comercialización. Por lo tanto, en ese ciclo de análisis de vida, se estudiaron los elementos de entrada y de salida referentes al uso de recursos naturales, considerando las variables recopiladas en campo y otros insumos, para conocer el balance de los impactos positivos y negativos originados por este proceso.

Actividad 3.3. Análisis De Viabilidad Económica.

Descripción: Se realizó la estimación del Costo-Beneficio comparando con el producto convencional del mercado, utilizando los precios de estos para definir qué tan viable es la construcción y comercialización económica de estos productos.

Estas actividades, se ven resumidas en el siguiente diagrama:

Figura 7. Esquema del Desarrollo Metodológico del Proyecto de Investigación



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

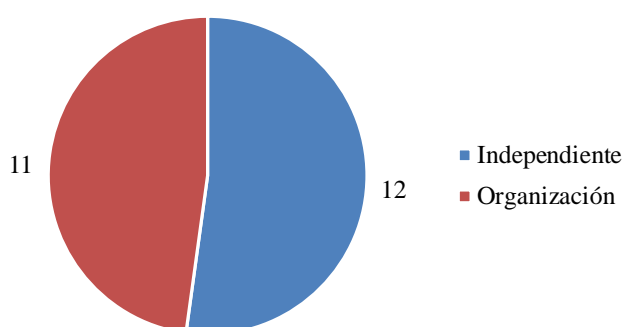
6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS TIPO TERMOPLÁSTICO -ABS- QUE PRACTICAN SU POSIBLE RECUPERACIÓN EN RECICLADORAS DE LA CIUDAD DE VALLEDUPAR

6.1.1. *Recolección De Información.*

Para realizar esta actividad, se realizó un formato de encuesta, el cual se encuentra como Anexo en este documento así como las respuestas que dan origen a las gráficas y figuras de esta actividad; para ello, se aplicó sin un control experimental o certeza estadística, considerando que primeramente no se conoce el tamaño poblacional de personas que se dedican al reciclaje y además, que no todos los recicladores manejan un código estándar de residuos considerados a preferencia o reciclaje, ya que algunos solo se especializan en metálicos, por lo tanto, la selección del número de individuos fue hecha a consideración del autor, se tomaron 23 recicladores, los cuales participaron con su opinión.

Los resultados de este trabajo se presentan a continuación:

Figura 8. Distribución porcentual de recicladores según su forma de trabajo



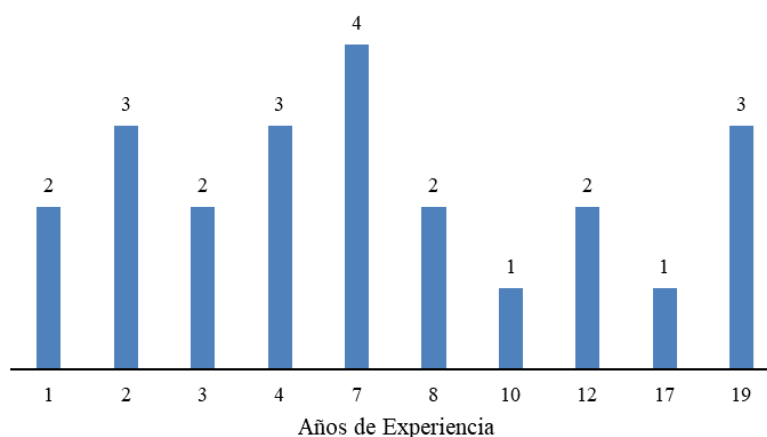
Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

La distribución casi equitativa entre recicladores independientes y aquellos afiliados a organizaciones, revela un panorama diverso dentro del sector del reciclaje, donde cada modelo tiene sus ventajas y desafíos específicos.

Los independientes pueden beneficiarse de una mayor flexibilidad operativa y capacidad de adaptación a las fluctuaciones del mercado, pero enfrentan desafíos en términos de acceso a recursos y apoyo institucional.

Por otro lado, las organizaciones de recicladores pueden aprovechar mejor las políticas de formalización y acceder a más recursos, pero enfrentan obstáculos significativos para cumplir con los requisitos administrativos y financieros, como se observa en el contexto de Bogotá. La formalización ha llevado a una mayor competencia y, en algunos casos, a la creación de organizaciones que no representan adecuadamente los intereses de los recicladores (Tovar, 2018). Esto pone de manifiesto la necesidad de políticas más inclusivas y apoyo institucional que reconozcan las realidades y desafíos tanto de los recicladores independientes como de las organizaciones.

Figura 9. Años de Experiencia laboral de los Recicladores

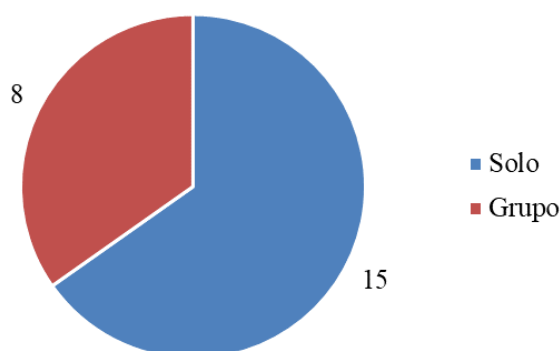


Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

El análisis de las respuestas sobre el tiempo dedicado al reciclaje de residuos sólidos muestra una amplia gama de experiencia, desde recicladores novatos (1 año) hasta veteranos (19 años). Esta diversidad puede influir en la eficiencia y eficacia del proceso de reciclaje, ya que, como se sugiere en el estudio sobre la gestión del reciclaje en destinos turísticos como Viñales (Alea, et. Al., 2020), la experiencia y la integración de prácticas sostenibles pueden tener un impacto significativo en el éxito de la gestión de residuos.

La gestión del reciclaje, que abarca desde la generación de residuos hasta su aprovechamiento final, juega un papel crucial en el desarrollo sostenible al conservar recursos naturales y reducir la contaminación ambiental (Alea, et. Al., 2020).

Figura 10. Caracterización del trabajo individual o grupal para reciclaje y cobertura de áreas

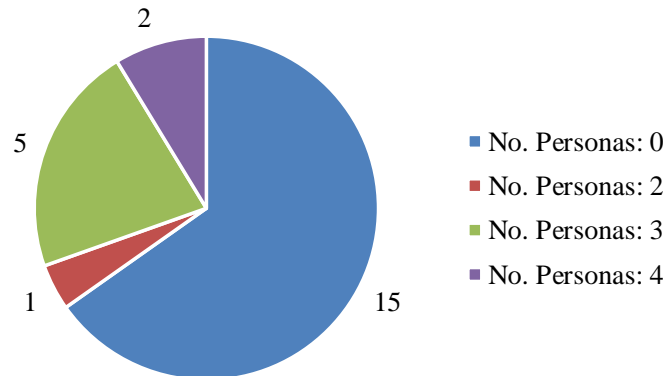


Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

La preferencia mayoritaria por trabajar de manera independiente entre los recicladores, según la encuesta realizada, refleja la complejidad de colaborar en un sector donde la eficiencia y la autonomía son clave. Trabajar solo permite una mayor flexibilidad y concentración, crucial para tareas específicas que requieren atención detallada o habilidades especializadas en el proceso de reciclaje. Sin embargo, este enfoque individual limita el intercambio de ideas y experiencias, aspectos fundamentales para fomentar la innovación y mejorar las prácticas de reciclaje (Frezza, 2020).

Por otro lado, el trabajo en grupo, a pesar de sus desafíos como el potencial para conflictos y distracciones, ha demostrado aumentar la productividad individual y colectiva, facilitando una mayor adquisición y retención de conocimiento, así como una mejor capacidad para abordar problemas complejos. Este enfoque colaborativo no solo mejora las habilidades de comunicación y desarrollo profesional, sino que también prepara a los individuos para entornos laborales modernos donde el trabajo en equipo es indispensable. En el contexto del reciclaje, fomentar un equilibrio entre el trabajo individual y grupal podría ser clave para lograr una mayor eficiencia operativa y sostenibilidad ambiental (Frezza, 2020).

Figura 11. Distribución de personas que trabajan en grupo



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

La distribución de los recicladores que trabajan en grupo revela una concentración en equipos pequeños, con un predominio notable de aquellos que prefieren trabajar solos. Entre los que trabajan en equipo, la tendencia muestra una preferencia hacia grupos de tres personas, seguido por aquellos que trabajan en equipos de cuatro.

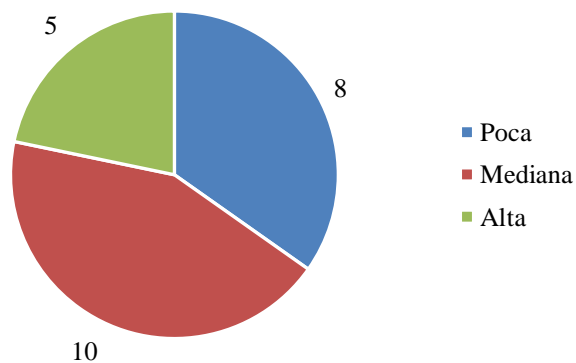
Solo un pequeño número de recicladores menciona trabajar en equipos de dos. Este patrón sugiere que, aunque la colaboración es menos común que el trabajo individual entre los recicladores, cuando se forma un equipo, existe una inclinación hacia grupos más grandes que el par mínimo, posiblemente para maximizar la eficiencia y la capacidad de manejar una gama más amplia de tareas sin incrementar demasiado la complejidad de la coordinación y comunicación.

Esta distribución podría reflejar diversas dinámicas dentro del sector del reciclaje, incluyendo las ventajas de la colaboración en términos de eficiencia y creatividad, contra los desafíos de coordinar esfuerzos y dividir responsabilidades. Equipos más grandes podrían facilitar una división más efectiva del trabajo y permitir un manejo más ágil de los desafíos que surgen en la recolección y procesamiento de materiales reciclables.

Sin embargo, la predominancia del trabajo individual sugiere que muchos recicladores valoran la autonomía y la flexibilidad, o quizás enfrentan barreras para formar o unirse a grupos, como la falta de confianza o diferencias en metas y métodos de trabajo.

La preferencia por grupos de tres o más podría indicar un punto óptimo donde los beneficios de la colaboración superan los costos logísticos y de coordinación asociados con el trabajo en equipo.

Figura 12. Percepción de Generación de Residuos Plásticos ABS y otros

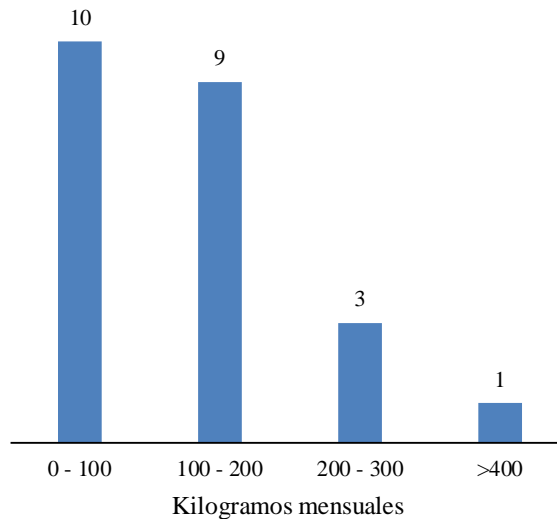


Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

La respuesta de la encuesta muestra una percepción mixta sobre la generación de residuos plásticos ABS y otros, con una tendencia hacia una generación media. Este tipo de plástico, común en carcasas de aparatos electrónicos, refleja solo una fracción de la problemática más amplia del manejo y generación de residuos plásticos. El estudio de en Jakarta y Bandung (Rinasti, et. Al, 2022) destaca que, aunque el ABS no se menciona específicamente, el manejo inadecuado de plásticos en general conduce a una significativa fuga de residuos al medio ambiente, demostrando la necesidad de sistemas de gestión de residuos más eficaces para minimizar la contaminación plástica.

La gestión eficaz de los residuos plásticos es fundamental para mitigar su impacto ambiental. Los estudios demuestran que, sin una recolección adecuada y estrategias de reciclaje, una gran cantidad de plástico termina en vías fluviales, contribuyendo a la contaminación acuática y afectando la vida marina. Este problema subraya la importancia de fortalecer los sistemas de gestión de residuos y promover prácticas sostenibles de consumo y producción para reducir la generación de residuos plásticos, incluyendo el ABS (Rinasti, et. Al, 2022).

Figura 13. Kilogramos Mensuales producidos de plástico ABS y otros.



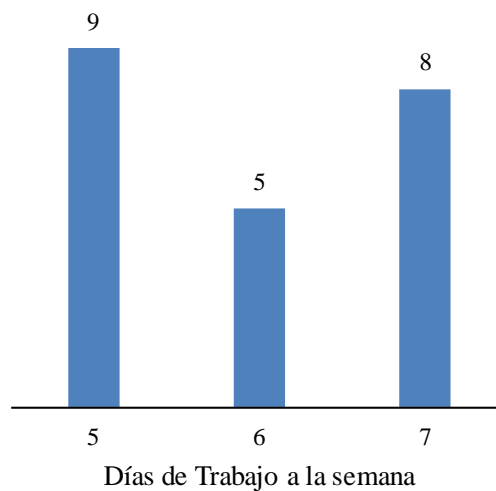
Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

La encuesta revela una distribución diversa en cuanto a la cantidad de plástico ABS y otros que los recicladores afirman procesar mensualmente, con la mayoría indicando volúmenes en el rango de 0 a 100 kg y 100 a 200 kg. Esto sugiere una generación moderada a baja de desechos ABS listos para reciclar, reflejando posiblemente la naturaleza duradera de los productos fabricados con este material y su ciclo de vida extendido antes de convertirse en desecho. La presencia de una minoría que recicla más de 400 kg mensuales indica operaciones a mayor escala o la acumulación de este tipo de desecho específico antes del procesamiento. Este patrón destaca la variabilidad en las capacidades y enfoques de reciclaje entre los participantes, así como la importancia del ABS como un flujo de residuos específico dentro del sector del reciclaje de plásticos.

Sin embargo, dada la dificultad para acceder a estudios específicos sobre el reciclaje de plástico ABS en este momento, es fundamental reconocer que el reciclaje de plásticos en general enfrenta desafíos significativos, incluidos los relacionados con la eficiencia del proceso, la calidad del material reciclado y la demanda del mercado para productos reciclados.

Estos desafíos afectan no solo la viabilidad económica del reciclaje de plásticos, incluido el ABS, sino también su contribución potencial a la reducción de la contaminación plástica y al avance hacia una economía circular. La investigación y el desarrollo continuos son esenciales para superar estos obstáculos y mejorar las tasas de reciclaje de todos los tipos de plásticos.

Figura 14. Días de trabajo que dedican los recicladores encuestados

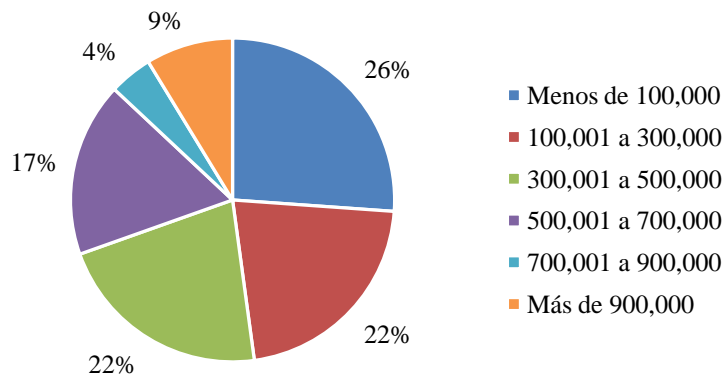


Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

La encuesta muestra una dedicación significativa a la recolección de materiales reciclables, con una clara tendencia hacia trabajar cinco o más días a la semana. Esta distribución subraya el compromiso y el esfuerzo continuo de los recolectores en contribuir al reciclaje y la gestión de residuos. La presencia de varios participantes que trabajan los siete días de la semana destaca aún más la intensidad y la importancia de sus roles en el mantenimiento de un entorno más sostenible y en la reducción del impacto ambiental de los desechos.

Este patrón de trabajo refleja no solo la naturaleza exigente de la labor de recolección de materiales reciclables sino también la posible demanda constante de estos materiales en el mercado del reciclaje.

Figura 15. Valor de Venta de los Kilogramos Mensuales Calculado



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

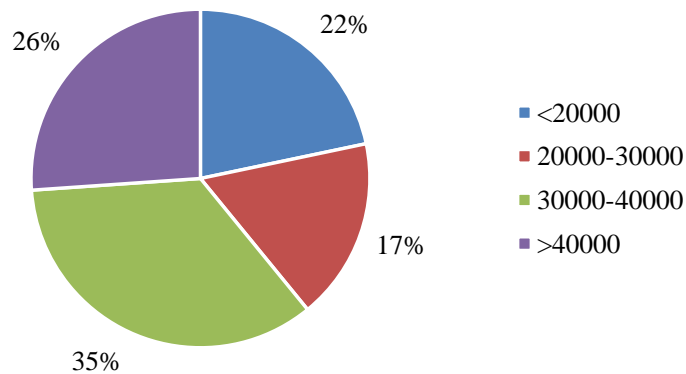
La respuesta a la encuesta muestra una amplia gama en los precios de venta del plástico ABS y otros en pesos colombianos, variando desde 1,094 hasta 4,958 (cotizado en QuimiNet, 2024) lo que refleja una diversidad en el valor de mercado percibido o obtenido por los recolectores y recicladores. Esta variabilidad puede estar influenciada por factores como la calidad del plástico reciclado, las condiciones del mercado local, la demanda de materiales reciclados y las dinámicas de negociación entre recicladores y compradores.

La distribución de las ganancias mensuales derivadas de la venta de este material muestra que una proporción significativa de los recicladores gana menos de 300,000 pesos colombianos mensuales, mientras que un pequeño porcentaje logra ingresos superiores a 900,000 pesos, indicando que existen oportunidades de rentabilidad en este nicho de reciclaje, aunque también hay desafíos relacionados con la obtención de precios competitivos y la optimización de las operaciones de recolección.

Aunque no se encontró un estudio específico que discuta directamente el precio de venta del plástico ABS en Colombia en las fuentes accesibles durante esta búsqueda, es razonable asumir que la fluctuación en los precios reflejada en las respuestas de la encuesta se alinea con las tendencias observadas en el mercado de reciclaje en general, donde los precios pueden variar ampliamente basados en la calidad del material, la oferta y la demanda, y otros factores económicos externos.

La economía circular y las prácticas de reciclaje son cruciales para la sostenibilidad ambiental, y entender la dinámica de precios ayuda a identificar áreas para intervenciones y mejoras en la cadena de valor del reciclaje. Esta información es esencial para las partes interesadas en el sector del reciclaje, incluyendo recicladores, empresas de gestión de residuos, y formuladores de políticas, para promover prácticas de reciclaje más eficientes y económicamente viables.

Figura 16. Gastos adicionales en transporte y otros asociados



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

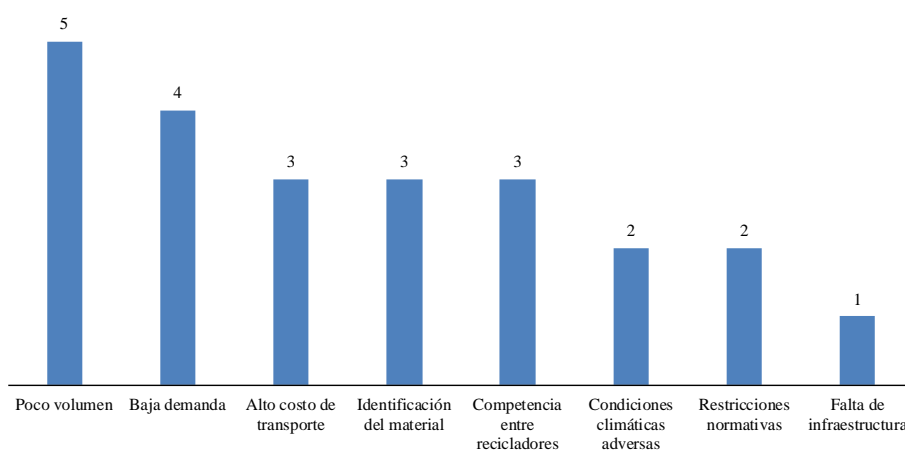
La información recolectada indica que la industria del reciclaje en Colombia, incluyendo el manejo de plásticos como el ABS, implica costos operativos significativos para los recicladores, que incluyen transporte y otros gastos asociados con la recolección y venta de materiales reciclables.

Una planta de reciclaje en Tocancipá es un ejemplo de inversión en la economía circular, procesando más de 800 toneladas al mes de residuos plásticos y beneficiando a más de 5.000 recicladores en el país, lo que implica una mejora en sus ingresos (El Tiempo [2021], «10 mil toneladas de plástico al año dejarán de ir a ecosistemas y rellenos sanitarios.»).

Este esfuerzo se alinea con iniciativas más amplias como Red Reciclo, una unión de 14 empresas comprometidas con el avance hacia la economía circular, que ha logrado gestionar 58.336 toneladas de residuos posconsumo mediante diversos programas y proyectos (Revista Semana [2021], «Red Reciclo, la unión de 14 empresas que le apuestan a la economía circular»).

La cadena de valor del reciclaje de plástico, desde la generación de residuos hasta su transformación en nuevos productos, muestra la complejidad de este proceso. La recuperación de residuos, el almacenamiento, y la transformación son etapas que implican costos de operación, incluido el transporte (Dueñas, 2021). Estos datos subrayan la importancia de modelos de economía circular y el papel de los recicladores en la gestión eficiente de residuos plásticos en Colombia, destacando la necesidad de apoyo continuo para mejorar la sostenibilidad y eficiencia del sector de reciclaje.

Figura 17. Dificultades para la recuperación y reciclaje del plástico ABS



Nota: Elaborado por el Autor, 2024. *Los valores numéricos en el gráfico corresponden a una calificación tipo Likert, realizada y propuesta con la estrategia de recolección de información.*

Los recicladores enfrentan múltiples dificultades al recolectar plástico ABS, siendo el poco volumen de producción y la baja demanda los más destacados. A esto se suman desafíos como el alto costo de transporte, la identificación del material, y la competencia entre recicladores.

Las condiciones climáticas adversas, las restricciones normativas, y la falta de infraestructura para la recolección también presentan obstáculos significativos. Estas dificultades sugieren la necesidad de estrategias integrales para mejorar la recolección y reciclaje del ABS, considerando tanto los aspectos operativos como los regulatorios.

Figura 18. Visita realizada a recicladora en el proceso de participación con encuesta.



Nota: Fotografía propiedad del Autor, 2024.

Por otra parte, en cuanto a comentarios adicionales, las respuestas sugieren varias estrategias para mejorar la recolección y venta de plástico ABS: ajustar los precios de compra para hacerlos más atractivos, ofrecer capacitaciones específicas en identificación de materiales para mejorar la eficiencia y precisión en la recolección, crear más puntos de recolección accesibles para facilitar el proceso, y facilitar el transporte para grandes volúmenes, lo que podría ayudar a superar la barrera del costo y logística en el manejo de grandes cantidades de plástico ABS. Estas sugerencias reflejan la necesidad de un enfoque holístico que aborde tanto aspectos económicos como logísticos.

6.1.2. *Recolección Plástico ABS*

Para proceder a la recolección de plástico ABS, se tuvo ayuda de ocho (8) recicladores que participaron en la encuesta y con ellos, en una semana se pudo obtener un equivalente relevante de estos, además, también se hizo trabajo de campo individual para poder tener una clasificación más completa del origen o naturaleza del residuo antes de transformarse en este.

Figura 19. Recolección de residuos plásticos ABS en montículo de basura en Valledupar



Nota: Fotografía propiedad del Autor, 2024.

Para detallar los resultados, se construyó una tabla, en donde se registraron características que ayudan a tener un control o idea del plástico ABS recuperado, además, se registraron los pesos totales por cada uno de estos, para así, poder conseguir más información que permita entender qué estrategias o técnicas de gestión se deben alinear para estos residuos generados y comúnmente abandonados en lotes enmontado de la ciudad de Valledupar:

Tabla 3. Estimación Anual y Características de la Generación Cuantificada

Tipo de Residuo Caracterizado	Unidades Mensuales	Peso Total Mensual (gr)	Peso Total Anual (gr)
Carcasas de dispositivos electrónicos (televisores, monitores, radios).	47	27119	325428
Partes de juguetes (bloques de construcción, figuras de acción).	46	1150	13800
Componentes internos y externos de automóviles (tableros, manijas).	17	29818	357816
Carcasas de teléfonos móviles y controles remotos.	33	660	7920
Equipos de protección personal (cascos de bicicleta y motocicleta).	75	45075	540900
Electrodomésticos pequeños (partes de aspiradoras, cafeteras).	35	12040	144480
Artículos de oficina (teclados, ratones, calculadoras).	26	1976	23712

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Para los tipos de residuo caracterizado, observamos una variedad que abarca desde la electrónica hasta artículos de oficina, destacando la prevalencia de productos de consumo que contribuyen significativamente al flujo de desechos ABS. La cantidad de unidades mensuales recuperadas varía, con una notable recolección de equipos de protección personal, lo que podría reflejar un alto volumen de uso y desecho de estos artículos.

En cuanto al peso total mensual, los equipos de protección personal y los componentes internos y externos de automóviles lideran, sugiriendo que estos artículos contribuyen con más peso al total de residuos de ABS, posiblemente debido a su densidad o tamaño. Finalmente, el peso total anual resalta la significativa acumulación de residuos ABS que puede ser recolectada, enfatizando la importancia de esfuerzos de reciclaje continuos para mitigar el impacto ambiental asociado con este material.

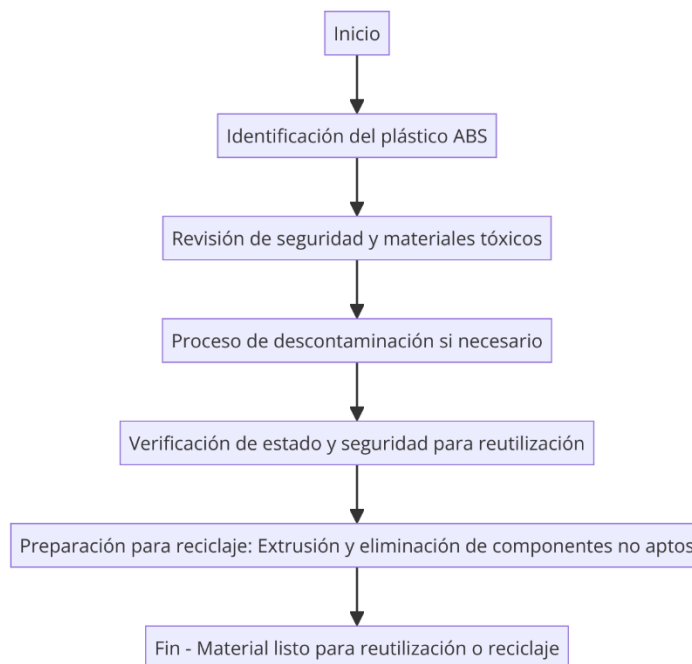
- ✓ Las carcasas de dispositivos electrónicos, aunque no son típicamente consideradas como residuos peligrosos en sí mismas, pueden contener componentes o sustancias que sí lo son, como metales pesados o retardantes de llama bromados. Su manejo y reciclaje deben llevarse a cabo con cuidado para evitar la exposición a estos componentes. La reutilización segura dependerá de un adecuado proceso de descontaminación y separación de materiales peligrosos antes de reciclar el plástico ABS en sí.

- ✓ Las partes de juguetes, como bloques de construcción y figuras de acción, generalmente se consideran seguras para la reutilización, siempre y cuando no estén rotas o no tengan bordes afilados que puedan presentar un riesgo físico. Sin embargo, es importante asegurarse de que no contengan pinturas a base de plomo u otros materiales potencialmente tóxicos, especialmente en juguetes más antiguos o de fuentes desconocidas. La reutilización debe considerar el estado y la seguridad del juguete para evitar riesgos.
- ✓ Los componentes internos y externos de automóviles, como tableros y manijas, generalmente se consideran seguros para la reutilización si no han sido expuestos a sustancias peligrosas. Sin embargo, es importante revisar que no contengan materiales peligrosos incorporados en su fabricación, como plomo o cromo en las aleaciones, y asegurar que no estén contaminados por fluidos del automóvil, como aceite o anticongelante, que podrían suponer un riesgo para la salud y el medio ambiente.
- ✓ La reutilización de carcasas de teléfonos móviles y controles remotos generalmente no presenta un grado de peligrosidad significativo. Estos objetos, hechos principalmente de plásticos como el ABS, no liberan sustancias tóxicas bajo condiciones normales de uso. Sin embargo, es importante manejar adecuadamente y evitar la exposición a cualquier componente electrónico interno que pudiera contener sustancias peligrosas. La seguridad en la reutilización se asegura mejor evitando alterar o dañar la integridad estructural de estos componentes.
- ✓ La reutilización de equipos de protección personal, como cascos de bicicleta y motocicleta, en la producción de estibas y postes a través de extrusión, no presenta peligros inherentes en términos de toxicidad del material. Sin embargo, es crucial asegurar que el proceso de extrusión descompone completamente cualquier aditivo o componente del material original para evitar la incorporación de impurezas que podrían afectar las propiedades físicas del producto final. La calidad y seguridad del nuevo producto dependerán de la integridad del proceso de reciclaje y transformación.

- ✓ La reutilización de partes de electrodomésticos pequeños como aspiradoras y cafeteras en la producción de estibas y postes mediante extrusión generalmente no presenta un grado de peligrosidad si el proceso asegura la eliminación de componentes electrónicos y otros materiales no aptos para el reciclaje. Es crucial realizar una selección y preparación cuidadosa de los materiales para garantizar la calidad y seguridad del producto final, eliminando cualquier residuo que pudiera comprometer su integridad o funcionalidad.
- ✓ La reutilización de artículos de oficina como teclados, ratones y calculadoras en la producción de estibas y postes a través de extrusión se considera generalmente segura, siempre que se eliminen adecuadamente los componentes electrónicos y las baterías antes del proceso. Es esencial asegurar que solo los plásticos compatibles y seguros sean reciclados y extruidos para evitar la contaminación del producto final.

Por lo tanto, para la recolección de plástico ABS se debe llevar a cabo el siguiente esquema de proceso, el cual garantiza el cuidado al momento de trabajarlo:

Figura 20. Diagrama de Inspección preliminar del plástico ABS para su reutilización



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

6.2. REALIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ESTIBAS Y POSTES MEDIANTE EXTRUSIÓN DE TERMOPLÁSTICOS -ABS- RECUPERADOS EN TALLER DE METÁLICAS SAENZ S.A.S. EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR

6.2.1. Preparación Del Material

Es necesario poder hacer una limpieza segura para el plástico ABS, eliminando elementos o impurezas y otros elementos aún adheridos a él como etiquetas, metal, incrustación de otro tipo de plástico, entre otras, para ello, se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

Este proceso es fundamental en el reciclaje del plástico ABS, ayudando a garantizar que el material reciclado sea de alta calidad y libre de contaminantes.

- **Preparación y Seguridad:**

- a. *Equipo de Protección Personal (EPP):* Se utiliza guantes de trabajo, gafas de seguridad, y mascarilla para protección contra partículas y sustancias peligrosas.

Figura 21. Elementos de Protección Personal Requeridas para este procedimiento



Nota: Tomado de Internet, 2024.

b. *Herramientas Necesarias:* Se preparan herramientas como destornilladores, alicates, cuchillos de uso industrial, sierras para plásticos, y equipos de lavado.

- **Inspección y Separación Inicial**

c. *Inspección Visual:* Se revisa cada pieza de plástico ABS para identificar y separar los materiales adheridos visibles como metales, componentes electrónicos, y etiquetas.

Figura 22. Piezas de Plástico ABS con otros elementos incrustados



Nota: Elaborado por el Autor (2024)

d. *Separación de Materiales Adheridos:* Se usa herramientas manuales (destornilladores, alicates) para remover tornillos, piezas de acero, y componentes electrónicos. Para las etiquetas, si no se desprenden fácilmente, se considera el uso de calor suave para facilitar la remoción.

- **Lavado**

e. *Limpieza Superficial:* Se limpia el polvo y suciedad superficial del plástico ABS con un paño o cepillo seco.

- f. *Lavado con Agua y Detergente:* Se utiliza una solución de agua tibia y detergente para lavar las piezas de ABS, frotando con un cepillo para remover suciedad adherida.
- g. *Enjuague:* Se enjuaga las piezas con agua limpia para eliminar restos de detergente y suciedad.
- h. *Secado:* Se deja secar completamente las piezas de plástico ABS al aire libre o usa toallas limpias para secarlas.
- **Trozado en Piezas Grandes**
- i. *Selección del Método de Corte:* Dependiendo del tamaño y forma del plástico ABS, se utilizan sierras para plástico o cuchillos de uso industrial para el trozado.

Figura 23. Triturado de materiales de plástico ABS con impurezas



Nota: Tomado de Internet, 2024.

- j. *Corte en Piezas Grandes:* Se troza el plástico en piezas grandes, adecuadas para el proceso de reciclaje al que serán sometidas. Asegurando de que el tamaño sea manejable y apto para el equipo de procesamiento posterior.

- **Separación Final y Clasificación**

- k. *Revisión Post-Corte:* Se inspeccionan las piezas trozadas para detectar cualquier material o componente que haya sido pasado por alto en los pasos anteriores.
- l. *Clasificación por Tipo de Plástico:* Si se trabaja con varios tipos de plástico, se clasifican las piezas trozadas de ABS separándolas de otros materiales.

- **Disposición Final**

- m. *Almacenamiento Adecuado:* Se almacena el plástico ABS trozado en contenedores limpios y etiquetados, listos para su reciclaje.

Figura 24. Tanques Herméticos para almacenamiento seguro de trozos de plástico ABS



Nota: Tomado de Internet, 2024.

- n. *Descarte de Residuos:* Se asegura de desechar adecuadamente los materiales no reciclables o contaminantes de acuerdo con las regulaciones locales.

- **Notas Adicionales**

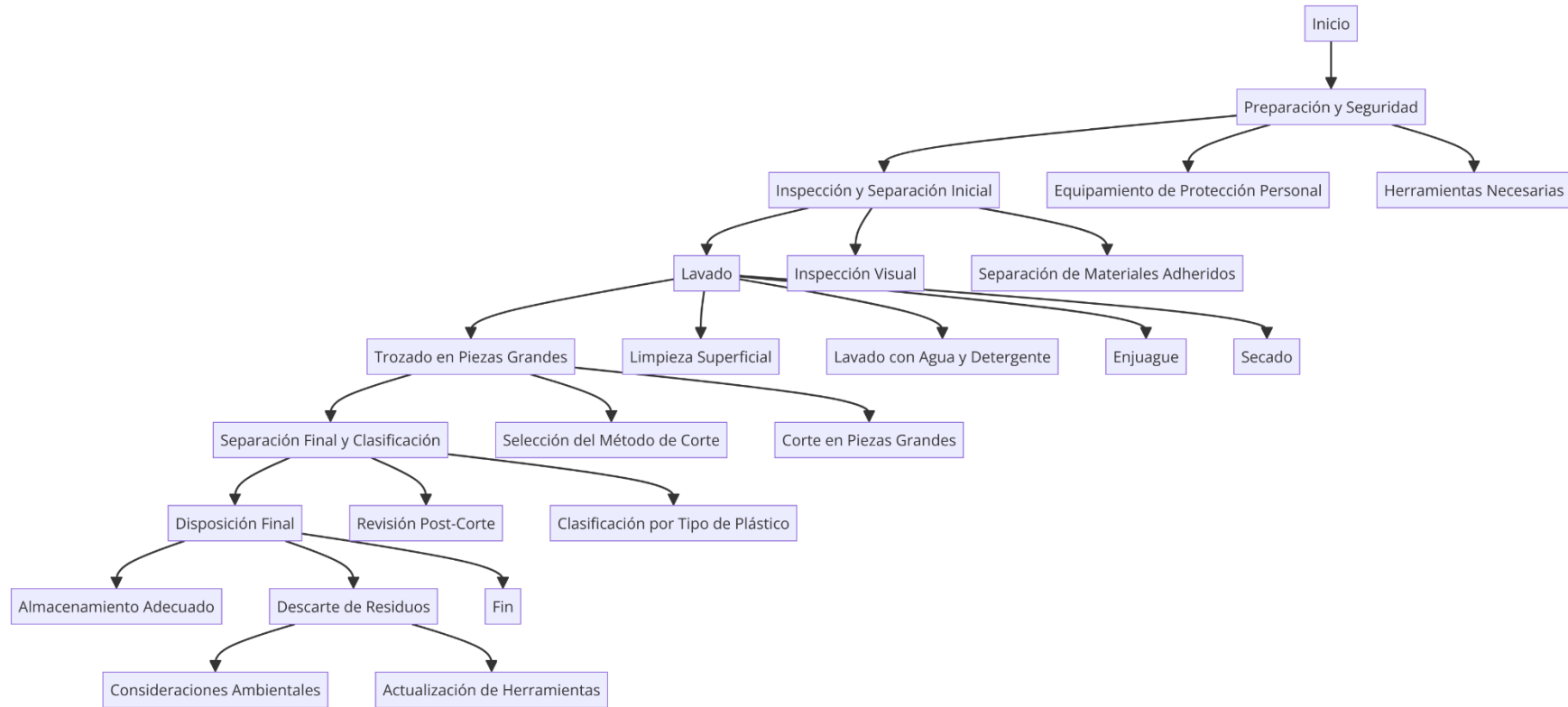
- o. *Consideraciones Ambientales:* Se debe minimizar el uso de agua y productos químicos durante el proceso de limpieza, optando por opciones ecológicas cuando sea posible.

- p. *Actualización de Herramientas:* Se evalúa y actualiza periódicamente las herramientas y equipos para mantener la eficiencia y seguridad en el proceso.

En el siguiente diagrama (presentado en la siguiente página) se resume este procedimiento:



Figura 25. Procedimiento de preparación del material de plástico ABS.



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

6.2.2. Triturado Del Material

Para el triturado del material se empleó molino industrial para trituración de plástico, a este se le suministró, de manera mensual, 100 kilogramos de plástico ABS para producir estibas y postes con 93,77 kilogramos despreciando las pérdidas (estos procedimientos se hacen posteriormente).

Esta máquina tiene la capacidad de tratar 100 kilogramos por hora de labor, integrado con una manzana de tres cuchillas y dos laterales, con doble volante para aumentar potencia con un motor de 5 HP (Horse potence, o caballos de potencia). Durante este procedimiento, se realizaron las siguientes actividades:

- **Preparación y Seguridad**
 - a. *Equipo de Protección Personal (EPP):* Es fundamental el uso de gafas de seguridad, guantes resistentes a cortes, protectores auditivos y mascarilla para evitar la inhalación de polvo de ABS.
 - b. *Verificación del Área de Trabajo:* Se asegura de que el área de trabajo esté limpia, ordenada, y libre de obstáculos que puedan causar accidentes.
 - c. *Inspección de la Trituradora:* Se realiza una inspección visual de la trituradora para asegurar que está en buen estado, prestando especial atención a las cuchillas, la tolva y el sistema de recolección.
- **Mantenimiento de la Trituradora**
 - d. *Limpieza Regular:* Se mantiene la trituradora limpia, eliminando residuos de plástico y polvo que puedan acumularse después de cada uso.
 - e. *Lubricación:* Se lubrican las partes móviles de la máquina regularmente para asegurar su buen funcionamiento.
 - f. *Revisión de Cuchillas:* Se verifica el estado de las cuchillas con frecuencia. Si están desgastadas o dañadas, deben ser reemplazadas o afílas según sea necesario.
- **Operación de la Trituradora**

- g. *Instrucciones del Fabricante:* Antes de operar la trituradora, se debe leer y comprender las instrucciones del fabricante. Familiarizarse con los controles y procedimientos de emergencia.
- h. *Alimentación de Piezas:* Se debe asegurar de que las piezas de plástico ABS trozadas sean del tamaño adecuado para la tolva de la trituradora. No debe sobrecargarse la máquina; alimentarla con las piezas gradualmente para evitar atascos es recomendable.
- i. *Vigilancia Durante el Proceso:* Permanece atento a la máquina mientras está en funcionamiento. Si detectas algún sonido inusual, detén la trituradora inmediatamente y verifica si hay obstrucciones o daños.

- **Procedimientos en Caso de Atasco**

- j. *Desconexión de Energía:* Si se produce un atasco, apaga la trituradora y desconecta la fuente de energía antes de intentar remover el bloqueo.
- k. *Uso de Herramientas Adecuadas:* Se deben utilizar herramientas adecuadas, como pinzas o varillas de empuje, para remover cuidadosamente el material atascado. No se debe usar las manos directamente.

- **Uso Eficiente**

- l. *Separación de Materiales:* Es necesario asegurar de que sólo se triture plástico ABS. La presencia de metales o materiales no triturables pueden dañar la máquina.
- m. *Optimización del Proceso:* Se ajustan los parámetros de la trituradora, como la velocidad y el tamaño de salida, para optimizar el rendimiento y la calidad del material triturado.

- **Después del Uso**

- n. *Limpieza Post-Operación:* Una vez finalizado el proceso de triturado, se limpia la máquina para eliminar restos de plástico y se asegura su correcto funcionamiento para el próximo uso.

- o. *Revisión Final:* Se realiza una inspección final de la trituradora para detectar posibles daños o necesidades de mantenimiento.

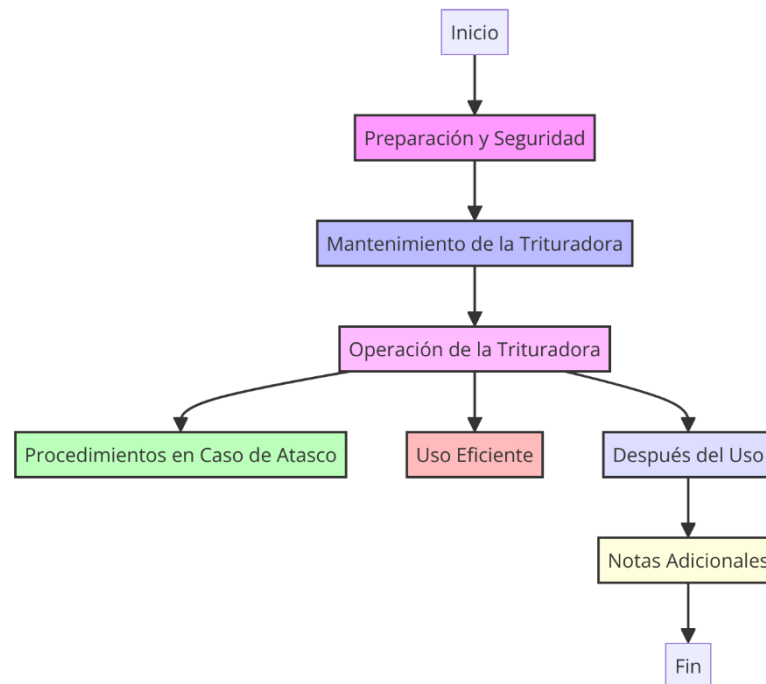
- **Notas Adicionales**

- p. *Capacitación:* Se asegura de que todas las personas que operen la trituradora hayan recibido la capacitación adecuada.
- q. *Normativas de Seguridad:* Se cumple con todas las normativas de seguridad aplicables en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Siguiendo estos pasos cuidadosamente, se podrá triturar de manera eficiente y segura el plástico ABS, preparándolo para su posterior proceso, mientras se conserva un entorno de trabajo seguro y se prolonga la vida útil del equipo.

En el siguiente diagrama (presentado en la siguiente página) se resume este procedimiento:

Figura 26. Procedimiento de triturado del material de plástico ABS



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Estos materiales triturados son también almacenados para ser considerados al siguiente paso del proceso de fabricación de las estibas y postes de plástico ABS. Para un centímetro cúbico se tienen 1,05 gramos de gránulos de plástico ABS.

6.2.3. Extrusión Y Moldeado Del Material

Para este procedimiento se emplea una extrusora industrial de doble husillo contra rotacional con la cual se consiguió un resultado importante por producir una mezcla con gránulos más concisa y aditivos por la fuerza de cizallamiento entre la pared y los cilindros contra rotacionales, que sustituyen el proceso de paletización, esto tiene un efecto económico positivo tanto en el uso del material.

Figura 27. Máquina de extrusión de doble husillo contra rotacional



Nota: Tomado de Internet, 2024. *Se anexan más fotografías (ver Anexo 4.)*

Para llevar a cabo un proceso de extrusión de plástico ABS efectivo, con el objetivo de producir estibas y postes mediante una máquina extrusora, se deben seguir una serie de pasos detallados. Este proceso no solo implica la transformación del plástico ABS en productos finales a través de la extrusión, sino que también abarca consideraciones críticas en materia de seguridad, mantenimiento y uso de herramientas. A continuación, se detalla el procedimiento:

- **Preparación y Seguridad**

- Equipo de Protección Personal (EPP):* Se debe asegurar que el operario esté equipado con el EPP adecuado, que incluye guantes resistentes al calor, gafas de seguridad, protectores auditivos y mascarilla para evitar la inhalación de gases y partículas.
- Revisión de la Máquina Extrusora:* Antes de iniciar el proceso, se realiza una inspección detallada de la máquina extrusora para confirmar que todos los componentes, como el tornillo, cilindro, y troquel, estén en condiciones óptimas de funcionamiento.

- **Proceso de Extrusión**

- Alimentación del Material:* El plástico ABS en forma de gránulos o piezas previamente trituradas se carga en la tolva de alimentación de la extrusora. Es crucial que el material esté libre de contaminantes y humedad para evitar defectos en el producto final.
- Fusión del Plástico:* A medida que el material avanza a través del cilindro de la extrusora, es calentado y presionado por el tornillo giratorio, lo que provoca su fusión. La temperatura y la presión se controlan meticulosamente para asegurar una fusión uniforme del ABS.
- Extrusión a Través del Troquel:* El plástico fundido es forzado a pasar por un troquel específicamente diseñado para la forma de estibas y postes. Este paso determina la forma final del producto.
- Enfriamiento y Solidificación:* Una vez extruido, el material pasa por una sección de enfriamiento sumergido en agua, donde se solidifica, manteniendo la forma dada por el troquel. Este proceso implica aire forzado.

- **Mantenimiento y Cuidados**

- g. *Limpieza Regular:* Se limpia la máquina extrusora regularmente para prevenir la acumulación de residuos de plástico, que podría afectar el funcionamiento y la calidad del producto.
- h. *Revisión de Componentes:* Se revisan y mantienen los componentes críticos, como el tornillo, el cilindro, y el troquel, para garantizar una operación eficiente y prolongar la vida útil de la máquina.
- i. *Ajustes y Calibraciones:* Se realizan ajustes y calibraciones periódicas en el sistema de control de la máquina para asegurar que los parámetros de extrusión, como la temperatura y la presión, sean los adecuados para el material ABS.

- **Consideraciones de Seguridad**

- j. *Procedimientos de Emergencia:* Se establecen y practican procedimientos de emergencia para responder de manera efectiva ante situaciones como atascos, sobrecalentamiento, o fallas en el equipo.
- k. *Capacitación del Personal:* Se capacita al personal en el manejo seguro de la máquina extrusora, incluyendo la carga de material, ajustes de operación, y procedimientos de mantenimiento y limpieza.

Al seguir este detallado procedimiento, se logra la producción eficiente de estibas y postes de plástico ABS mediante el proceso de extrusión, garantizando al mismo tiempo la seguridad del personal y el mantenimiento adecuado del equipo. El resultado de la aplicación de este procedimiento se ve materializado a continuación:

Figura 28. Moldes para extrusión de estibas y postes de plástico ABS



Nota: Fotografía realizada por el Autor, 2024.

En la siguiente fotografía se observan algunas de las estibas y postes desarrollados:

Figura 29. Estibas y postes de plástico ABS desarrollados



Nota: Fotografía realizada por el Autor, 2024.

El desarrollo de estibas (palets) y postes a partir de madera plástica utilizando plástico ABS a través de los procesos de triturado y extrusión presenta varias ventajas y consideraciones importantes. Este compuesto de plásticos reciclados de ABS, ofrece una alternativa sostenible a la madera tradicional y otros materiales. Aquí hay algunas reflexiones sobre este enfoque:

- **Ventajas**

Sostenibilidad: La utilización de plástico ABS reciclado para la fabricación de estibas y postes contribuye a la reducción de residuos plásticos. Al aprovechar material reciclado, se fomenta una economía circular y se disminuye la dependencia de recursos naturales vírgenes.

Durabilidad: Los productos fabricados con madera plástica son generalmente más duraderos que aquellos hechos con madera natural. Son resistentes a la putrefacción, la

humedad, los insectos y no requieren de tratamientos químicos, lo que los hace ideales para aplicaciones en exteriores.

Mantenimiento Reducido: A diferencia de la madera tradicional, la madera plástica no necesita ser pintada o sellada regularmente. Su mantenimiento es mínimo, lo que reduce los costos a largo plazo y el esfuerzo requerido para su conservación.

Versatilidad: La extrusión permite crear estibas y postes de diferentes tamaños y formas, adaptándose a diversas necesidades y aplicaciones. Además, se pueden ajustar las propiedades del material (como la rigidez y la densidad) modificando la composición del compuesto.

- **Consideraciones**

Inversión Inicial: La adquisición y mantenimiento de equipos para el triturado y la extrusión de plástico ABS pueden requerir una inversión inicial significativa. Sin embargo, estos costos pueden ser mitigados a largo plazo por la durabilidad y el bajo mantenimiento de los productos finales.

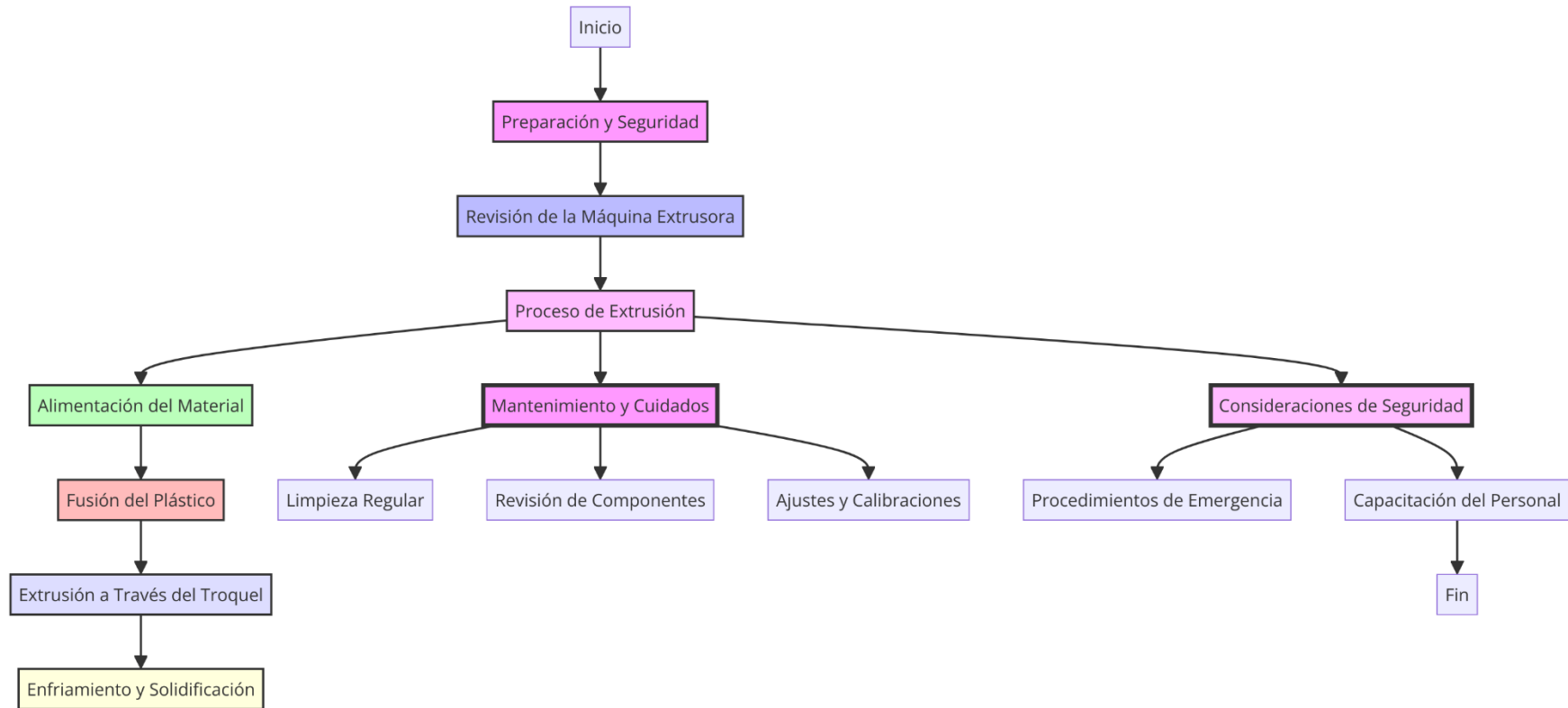
Calidad del Material: Es esencial asegurar que el plástico ABS reciclado sea de buena calidad y esté libre de contaminantes. Esto afectará directamente la calidad y las propiedades de la madera plástica producida.

Desafíos Técnicos: El proceso de extrusión de compuestos de madera plástica puede presentar desafíos, como la necesidad de ajustar las temperaturas y velocidades de procesamiento para obtener las características deseadas en el producto final. La homogeneidad del material es crucial para asegurar la consistencia en la producción.

Impacto Ambiental: Aunque el uso de plástico reciclado es beneficioso desde el punto de vista de la gestión de residuos, es importante evaluar el ciclo de vida completo de los productos para comprender su impacto ambiental real. Esto incluye la energía consumida en el proceso de reciclaje y fabricación, así como la disposición final del producto.

El procedimiento es resumido en la siguiente figura:

Figura 30. Procedimiento de extrusión y moldeo del material de plástico ABS



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

6.2.4. Variables De Evaluación

6.2.4.1. Variables Que Influyen En La Limpieza, Lavado y Troceado.

En esta etapa, la eficiencia depende de la capacidad de eliminar contaminantes y preparar el ABS para el reciclaje. Las variables críticas incluyen la calidad del material inicial, la efectividad de la separación de impurezas, y el consumo de agua. Es fundamental realizar una limpieza profunda para asegurar que el ABS esté libre de elementos que puedan afectar su reciclabilidad, como otros tipos de plástico, metales y suciedad. El uso eficiente del agua y la selección adecuada de detergentes son aspectos clave para minimizar el impacto ambiental.

La siguiente tabla presenta la evaluación de este proceso:

Tabla 4. Variables implicadas en el proceso de limpieza, lavado y troceado

Variable	Valor	Comentario
Peso de plástico ABS de ingreso (Kgr)	105	Asumiendo un 5% de contaminantes adheridos
Peso de plástico ABS que egresa (Kgr)	100	
Porcentaje de pérdida de plástico (%)	4.76%	Pérdida por lavado y separación de contaminantes
Eficiencia del proceso (%)	95.24%	
Costos aproximados (pesos colombianos)	Variable, suponiendo 50,000 COP	Dependiendo del costo del agua, energía, y mano de obra local
Tiempo invertido (minutos)	120	2 horas, incluyendo preparación, lavado, y troceado
Agua requerida en el proceso (litros)	20	Suponiendo un proceso de lavado eficiente
Emisiones atmosféricas (CO2 equivalente)	Estimado en 2 kg CO2e	Asumiendo uso de energía eléctrica para el proceso
Uso de derivados del petróleo (litros)	0	No aplicable directamente en esta etapa
Residuos Sólidos Ordinarios (gramos)	5	Etiquetas, contaminantes no plásticos
Residuos Electrónicos (gramos)	500	Partes pequeñas electrónicas
Otros residuos (gramos)	0	Asumiendo una separación efectiva
Pérdidas de líquidos (%)	0,01	Agua residual del proceso de lavado
Cantidad de Recursos humanos utilizados	2 personas	Para operación y supervisión
Cantidad de Recursos materiales utilizados	5 materiales	Detergente, cepillos, cuchillas, etc.
Cantidad de Recursos logísticos utilizados	1	Transporte de materiales a la zona de triturado

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

6.2.4.2. Variables Que Influyen En El Triturado Del Material.

El triturado transforma el plástico en partículas de tamaño uniforme, facilitando su procesamiento posterior. La eficiencia del triturado se mide por la homogeneidad del tamaño de las partículas y la minimización de la pérdida de material, generalmente en forma de polvo. La elección de la maquinaria adecuada y el mantenimiento regular son esenciales para mantener una alta eficiencia y reducir las interrupciones operativas.

La siguiente tabla presenta la evaluación de este proceso:

Tabla 5. Variables implicadas en el proceso de triturado de plástico ABS

Variable	Valor	Comentario
Peso de plástico ABS de ingreso (gr)	100	
Peso de plástico ABS que egresa (gr)	99	Asumiendo una pequeña pérdida por generación de polvo y pequeños residuos
Porcentaje de pérdida de plástico (%)	0,01	
Eficiencia del proceso (%)	0,99	
Costos aproximados (pesos colombianos)	100,000 COP	Incluyendo energía, amortización de la máquina, y mantenimiento
Tiempo invertido (minutos)	60	1 hora
Agua requerida en el proceso (litros)	0	Proceso seco
Emisiones atmosféricas (CO2 equivalente)	Estimado en 5 kg CO2e	Principalmente por el consumo de energía eléctrica
Uso de derivados del petróleo (litros)	0	Directamente en esta etapa
Residuos Sólidos Ordinarios (gramos)	1	Polvo y partículas pequeñas de ABS
Residuos Electrónicos (gramos)	0	
Otros residuos (gramos)	0	
Pérdidas de Líquidos (%)	0	
Cantidad de Recursos humanos utilizados	1 persona	Operador de la máquina
Cantidad de Recursos materiales utilizados	1 material	La trituradora
Cantidad de Recursos logísticos utilizados	1	Transporte de material triturado a extrusión

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

6.2.4.3. Variables Que Influyen En La Extrusión Y Moldeado Del Material.

Durante la extrusión y el moldeado, las variables clave incluyen la temperatura de procesamiento, la velocidad de extrusión y la calidad del producto final. El ABS tiene propiedades térmicas específicas, como una temperatura de fusión de 220-240°C y una temperatura de transición vítrea alrededor de 106.9°C (Ngimbi y Haktan, 2020). Estas propiedades son esenciales para diseñar el proceso de extrusión y moldeado, asegurando que el material fluya adecuadamente a través del extrusor y se moldee en las formas deseadas sin degradarse. La eficiencia energética y la precisión en el control de la temperatura son fundamentales para producir estibas y postes de alta calidad.

En cuanto a los estudios de apoyo, investigaciones han enfocado en el reciclaje de ABS, especialmente en el contexto de su uso en impresión 3D. Un estudio destaca el diseño de procesos para reciclar desperdicios de ABS de impresoras 3D en nuevos filamentos, utilizando un enfoque basado en la transferencia de calor y termodinámica para reciclar estos desechos de manera eficiente (Ngimbi y Haktan, 2020). Esto subraya la importancia de entender las propiedades térmicas y mecánicas del ABS para optimizar su reciclaje.

Tabla 6. Variables implicadas en el proceso de Extrusión y Moldeado del plástico ABS

Variable	Valor	Comentario
Peso de plástico ABS de ingreso (gr)	99	
Porcentaje de pérdida de plástico (%)	0,01	
Eficiencia del proceso (%)	0,99	
Costos aproximados (pesos colombianos)	200,000 COP	Incluyendo energía, amortización de la máquina, y mantenimiento
Tiempo invertido (minutos)	240	4 horas, considerando cambios de molde y ajustes
Agua requerida en el proceso (litros)	100	Para enfriamiento
Emissiones atmosféricas (CO2 equivalente)	Estimado en 10 kg CO2e	Considerando el uso intensivo de energía
Uso de derivados del petróleo (litros)	0	No aplicable directamente
Residuos Sólidos Ordinarios (gramos)	990	Residuos de inicio y fin de extrusión
Residuos Electrónicos (gramos)	0	
Otros residuos (gramos)	0	
Pérdidas de líquidos (%)	0.5%	Agua de enfriamiento evaporada y derramada
Cantidad de Recursos humanos utilizados	3	Operadores y técnicos de mantenimiento
Cantidad de Recursos materiales utilizados	3	Extrusora, troqueles, herramientas de ajuste
Cantidad de Recursos logísticos utilizados	2	Transporte y almacenamiento del producto final

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

El ABS, aunque reciclable, presenta ciertos desafíos. Su baja resistencia al calor y a los solventes, así como su tendencia a degradarse bajo la exposición UV, limitan sus aplicaciones en exteriores (Lancen, 2023). Además, aunque es un material versátil y ampliamente utilizado, su reciclaje es complejo y debe manejarse adecuadamente para minimizar su impacto ambiental (Lancen, 2023).

Por otra parte, para analizar la eficiencia global del proceso de reciclaje de plástico ABS a través de las etapas de limpieza, lavado y troceado; triturado; y extrusión y moldeado, podemos utilizar la siguiente fórmula basada en el peso del plástico ABS en cada etapa:

$$Eficiencia\ global\ (\%) = \left(\frac{Peso\ final\ de\ ABS\ que\ egresa}{Peso\ Inicial\ de\ ABS\ de\ ingreso} \right) \times 100$$

Donde:

- Peso Final de ABS que egresa es el peso del plástico ABS al final del proceso completo.

- Peso Inicial de ABS de Ingreso es el peso del plástico ABS al inicio del proceso, antes de la primera etapa.

Para este caso, utilizando los valores de las tablas anteriores:

- Peso Inicial de ABS de Ingreso en la primera etapa: 105,000 gramos.
- Peso Final de ABS que Egresas después de la etapa de extrusión y moldeo: 98,010 gramos.

Reemplazando estos valores en la fórmula obtenemos:

$$\text{Eficiencia global (\%)} = \left(\frac{98,010}{105,000} \right) \times 100 = 93,34\%$$

La eficiencia global del proceso de reciclaje de plástico ABS, teniendo en cuenta todas las etapas desde la limpieza, lavado y troceado, hasta el triturado y la extrusión y moldeo, es aproximadamente del 93.34%. Esto indica que hay una pérdida total de material del 6.66% a través de todo el proceso, considerando los residuos generados y las eficiencias individuales de cada etapa.

6.3. EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA, AMBIENTAL Y ECONÓMICA MEDIANTE ANÁLISIS DE COSTO-BENEFICIO Y DEL CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS CON RESPECTO A SU NOMINAL CONVENCIONAL DE MERCADO.

6.3.1. Análisis De Viabilidad Técnica

Para el análisis de viabilidad técnica se diseñaron tres estibas y tres vigas de madera plástica ABS, hecho a través del proceso de preparación, triturado, extrusión y moldeo, utilizando la línea distinguida, para ello, se emplearon aproximadamente 1,4932 kilogramos de plástico recuperado para producir postes de 1,4 kilogramos (perdiendo en el proceso 1,30676 kilogramos de plástico ABS), además, 3,09314 kilogramos de plástico recuperado para producir estibas de 2,9 kilogramos (perdiendo en el proceso 2,70686 kilogramos de plástico ABS). O sea, que por 100 kilogramos se pueden producir hasta 34 estibas y 71 postes de madera sintética con plástico ABS (sin adicionar otro aditivo).

En la siguiente página se presenta el proceso de preparación del material y el resultado del proceso de trituración y las estibas pesadas:

Figura 31. Retirado de partes que pueden afectar la línea de proceso de transformación



Nota: Fotografía propiedad del Autor, 2024.

De manera aproximada, durante este trabajo el 4,76% resultó como otros desechos anexos relacionados sobre todo a piezas metálicas como tornillos y demás, consumiendo un tiempo considerable, puesto que algunos son férricos y otros no férricos, por lo cual, detectarlos es un proceso visual que se debe hacer con cuidado.

El plástico ABS troceado tiene un alcance significativo en cuanto a cantidad volumétrica (porque ocupa mucho espacio) además, en cuanto a peso (porque cuenta con una densidad bastante elevada).

En las fotografías que se presentan en la siguiente página se puede evidenciar como queda el plástico ABS después de pasar uno de los procesos de transformación, indicando también que hay que conservar cuidado para evitar que se contamine la muestra, puesto que puede ser afectada por partículas diferentes al plástico ABS, lo que argumenta el mantenerlo de manera hermética (ver la siguiente página).

Figura 32. Plástico ABS triturado en pequeñas partes (con muestra contaminada)



Nota: Fotografía propiedad del Autor, 2024.

En las siguientes fotografías se observan las estibas y postes siendo pesados:

Figura 33. Estibas y postes de plástico ABS pesados en báscula digital



Nota: Fotografía propiedad del Autor, 2024.

Estas fueron sometidas al ensayo de flexión siguiendo lo establecido en la NTC 2871 de 2018, y fueron falladas en el laboratorio VYO INGENIERÍAS S.A.S., del Ingeniero Eberto Ortega Sinning y Angélica Patricia Vanegas, docentes del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Los resultados son presentados en su formato en el Anexo, pero son resumidos en la siguiente tabla:

Tabla 7. Resultados del Ensayo de Resistencia a la Flexión de las Estibas y Postes ABS

Tipo	Muestra	Edad de Curado (días)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Largo (mm)	Carga Máxima (kN/lbf)	Módulo de Rotura (lbf/inch ² /MPa)
Estibas	1	7	103	24	260	3,17 / 712,6	3022,4 / 20,84
Estibas	2	14	102,6	24,8	261	4,15 / 933,0	3734,3 / 25,75
Estibas	3	28	101	24	263	4,21 / 946,4	4140,6 / 28,55
Postes	1	7	40	25	270	1,95 / 438,4	4581,7 / 31,59
Postes	2	14	40,2	25,3	271	2,05 / 460,9	4697,1 / 32,39
Postes	3	28	40	25	270,8	3,01 / 676,7	7093,3 / 48,91

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Los resultados muestran varias tendencias interesantes que indican cómo las propiedades mecánicas de las estibas y los postes evolucionan con el tiempo de curado. Se destaca:

- *Incremento en la Resistencia con el Tiempo de Curado:* Ambos, estibas y postes, muestran un aumento en la carga máxima y el módulo de rotura a medida que aumenta el tiempo de curado. Esto es esperado, ya que un mayor tiempo de curado suele permitir que el material desarrolle propiedades mecánicas más fuertes.
- *Comparación entre Estibas y Postes:* A pesar de que los postes son significativamente más estrechos que las estibas, el módulo de rotura es mayor en los postes. Esto sugiere que los postes podrían estar hechos de un material o compuesto de madera plástica más denso o que tenga mejores propiedades mecánicas.
- *Dimensiones y Carga Máxima:* Las dimensiones de las muestras no varían significativamente entre sí, indicando que se mantuvo una buena consistencia en el proceso de fabricación. La carga máxima aumenta con el tiempo, lo que se refleja también en el incremento del módulo de rotura.

La tabla muestra una clara tendencia de aumento en la resistencia y rigidez a medida que las muestras envejecen, lo cual es consistente con la expectativa de que el curado incrementa la fortaleza del material. Además, es notable el alto módulo de rotura en los postes, indicando una rigidez significativa a pesar de sus menores dimensiones transversales en comparación con las estibas. Este análisis provee una visión integral sobre el comportamiento mecánico del material y puede ser fundamental para la toma de decisiones en cuanto a su uso y aplicaciones.

Además, se hicieron pruebas de adsorción para determinar si el material retenía agua, los resultados reflejaron una impermeabilidad bastante significativa, ya que los cambios de pesos registrados en la báscula de sensibilidad eran diminutos para apreciar la retención del agua (se puede decir que aproximadamente $\approx 0,01\%$ tanto para postes como estibas de plástico ABS).

Figura 34. Estibas de plástico ABS sumergidas en agua antes del proceso de pesado



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Por otra parte, en cuanto a humedad, al permitir secar la estiba en ambiente, reflejó un peso similar, invariable y de igual magnitud, lo que indica que la estructura física de tanto el poste como la estiba es demasiado buena para aislamiento térmico.

Figura 35. Estibas de plástico ABS expuestas a temperatura ambiente



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

En referencia al aislamiento térmico, se define además porque el aumento de temperatura es poco considerable, pasando de un estado ambiente de 27°C a 32°C por durante dos horas de exposición (en promedio).

Figura 36. Estibas de plástico ABS medidas en su superficie con termómetro digital



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Por otra parte, se hicieron perforaciones con clavos de acero para medir el índice de penetración, para ello se insertaron 24 clavos de acero de 1 pulgada, de los cuales, en promedio, se obtuvo aproximadamente una penetración de $\approx 3,03$ milímetros, lo que indica que este plástico es resistente a inserciones de gran magnitud y energía.

Figura 37. Estiba sometida a una penetración con clavo de acero de 1 pulgada y a lijado con pulidora



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Por otra parte, se evaluó el desgaste del material, para ello fue sometido a lijado con disco de pulidora, lo que permitió ver su resistencia al desgaste, lo que implica que tiene propiedades de dureza que sumadas a las otras características lo hacen muy útil hasta para posibles usos industriales, en aislamiento y retención de elementos contaminantes o de gran afectación.

El plástico ABS fundido destaca por su versatilidad y robustez, siendo una opción preferida para aplicaciones que requieren resistencia, durabilidad y adaptabilidad. Este material combina las propiedades deseables de los plásticos, como la resistencia al impacto y a la intemperie, con la facilidad de manufactura a través de procesos como la extrusión y el moldeado. Su capacidad para ser reciclado y reutilizado lo posiciona como una alternativa sostenible frente a otros materiales convencionales, contribuyendo a la reducción de la huella ambiental y promoviendo la economía circular.

6.3.2. *Análisis De Viabilidad Ambiental*

Antes de proceder al análisis de viabilidad es crucial establecer los objetivos y el alcance del análisis del ciclo de vida (ACV), ya que establece los límites y las metas del estudio. Para la producción de estibas y postes de plástico ABS recuperado en Valledupar, el objetivo sería evaluar los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto, desde la recolección del material hasta la producción del producto final.

El alcance del ACV incluiría:

- *Recopilación del plástico ABS:* Considerando la recolección en el casco urbano, incluyendo la separación y el transporte al sitio de procesamiento.
- *Preparación del Material:* Limpieza, lavado, y troceado del ABS recuperado.
- *Proceso de Triturado:* Conversión del plástico ABS en gránulos o formas adecuadas para la extrusión.
- *Proceso de Extrusión y Moldeado:* Formación de las estibas y postes a partir del material triturado.
- *Distribución:* Transporte de las estibas y postes a su ubicación final en la zona rural para su uso en cercas.
- *Uso Final y Fin de Vida:* Consideraciones sobre la durabilidad y la disposición o reciclaje del producto una vez que ha cumplido su vida útil.

Se considerarían también:

- *Impactos Ambientales Directos:* Como el consumo de agua y energía, emisión de gases, y generación de residuos en cada fase.
- *Impactos Ambientales Indirectos:* Como el agotamiento de recursos debido a la extracción de materiales y la producción de energía necesaria para el reciclaje.
- *Impactos Sociales y Económicos:* Incluyendo la creación de empleo y los beneficios para la comunidad local.

A continuación, se presenta el diagrama Entrada-Actividad-Salida:

Figura 38. Diagrama Entrada-Proceso-Salida del proceso de Preparación del Material

Proceso de Preparación del Material				
Entrada	→	Actividad	→	Salida
Combustible para vehículos de recolección. Mano de obra para la separación inicial. Herramientas de recolección (guantes, bolsas, contenedores).	→	Recolección de Material	→	Emisiones de gases de vehículos. Residuos misceláneos no reciclables. ABS recolectado.
Combustible para transporte. Vehículos de transporte.	→	Transporte al Sitio de Procesamiento	→	Emisiones de CO2 y otros contaminantes del transporte. Desgaste de vehículos.
Agua para el lavado. Detergentes y productos de limpieza. EPP para trabajadores.	→	Separación y Limpieza	→	Aguas residuales contaminadas. Residuos sólidos (etiquetas, metales, otros plásticos). Plástico ABS limpio.
Energía eléctrica para herramientas de corte. Cuchillas y sierras de corte.	→	Trozado y Preparación para Triturado	→	Residuos de corte (trozos pequeños y polvo de ABS). Herramientas desgastadas.
Espacio para secado o equipos de secado. Energía para equipos de secado (si se usan).	→	Secado	→	Emisiones de vapor de agua. ABS seco listo para triturado.

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

La etapa de recolección y preparación del material de plástico ABS subraya la importancia de gestionar adecuadamente tanto los recursos como los residuos para minimizar el impacto ambiental. El uso de combustible en la recolección y el transporte implica emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero, mientras que el agua y los detergentes usados en la limpieza generan aguas residuales que requieren tratamiento antes de su liberación al ambiente. La separación de residuos sólidos y el manejo eficiente de los residuos de corte son críticos para reducir la contaminación del suelo y del agua, resaltando la necesidad de sistemas de reciclaje y disposición que mitiguen estos impactos.

Figura 39. Diagrama Entrada-Proceso-Salida del proceso de Trituración del Material

Proceso de <i>Trituración</i> del Material				
Entrada	→	Actividad	→	Salida
Plástico ABS trozado.	→	Inspección y Alimentación de la Trituradora	→	Emisiones de polvo de ABS (contaminación del aire).
Mano de obra para la inspección.				Ruido de la máquina (contaminación acústica).
Energía eléctrica para funcionamiento de la trituradora.				
Energía eléctrica para la operación de la trituradora.	→	Triturado del ABS	→	Calor generado por fricción (emisión de energía calórica).
Cuchillas y otros componentes de desgaste de la trituradora.				Desgaste de cuchillas (residuos metálicos).
Lubricantes y otros materiales de mantenimiento.	→	Mantenimiento de Trituradora	→	Residuos de mantenimiento (trapos, partes usadas).
Repuestos para piezas desgastadas.				Posibles derrames de lubricantes (contaminación del suelo).
Mano de obra de mantenimiento.				
Contenedores para residuos.	→	Manejo de Residuos de Triturado	→	Residuos de ABS no utilizables.
Mano de obra para la separación y disposición.				Material para reciclaje o desecho.
Sistemas de filtración y captura de polvo.	→	Control de Emisiones y Residuos	→	Partículas de ABS capturadas.
Equipos de control de ruido.				Reducción de emisiones al aire.

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

La operación de triturado no solo consume energía eléctrica significativa, sino que también emite polvo de ABS y ruido, representando fuentes de contaminación del aire y acústica. Estos aspectos negativos se ven agravados por el desgaste de las cuchillas y la generación de calor, lo que implica un manejo cuidadoso de residuos y emisiones. Además, el mantenimiento regular de la maquinaria es necesario para asegurar la eficiencia operativa, pero trae consigo la generación de residuos y la posible contaminación del suelo por derrames de lubricantes. La gestión adecuada de estos subproductos, junto con medidas para controlar y minimizar las emisiones y el ruido, es esencial para reducir los efectos nocivos de esta etapa en el medio ambiente.

Figura 40. Diagrama Entrada-Proceso-Salida del proceso de Extrusión y Moldeado del Material

Proceso de <i>Extrusión y Moldeado</i> del Material				
Entrada	→	Actividad	→	Salida
Gránulos de ABS triturado. Energía eléctrica para operar la extrusora.	→	Alimentación de Material a la Extrusora	→	Consumo de energía.
Calor (generalmente eléctrico) para fundir el ABS. Energía eléctrica para el mecanismo de extrusión.	→	Proceso de Extrusión	→	Emisiones de COV durante el calentamiento del ABS. Calor residual al ambiente.
ABS fundido procedente de la extrusora. Energía eléctrica para operar la máquina de moldeo.	→	Moldeado de las Estibas y Postes	→	Piezas moldeadas de ABS (estibas y postes). Residuos de ABS (recortes y piezas defectuosas).
Agua de enfriamiento. Energía para sistemas de enfriamiento.	→	Enfriamiento de las Piezas Moldeadas	→	Incremento de la temperatura del agua. Consumo de energía.
Mano de obra para inspección. Herramientas para retoques menores.	→	Inspección y Retoque Final	→	Residuos menores de ABS (procedentes del retoque). Piezas finales inspeccionadas y listas para uso.

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

El proceso de extrusión y moldeo del material plástico ABS representa un conjunto significativo de actividades industriales con impactos ambientales importantes. La extrusión del ABS consume mucha energía y genera emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV), afectando la calidad del aire. Además, el enfriamiento de las piezas moldeadas incrementa la temperatura del agua utilizada, potencialmente impactando los ecosistemas acuáticos si el agua se descarga sin tratamiento adecuado. Minimizar estos efectos mediante la optimización del consumo de energía, el reciclaje de residuos de ABS y la gestión adecuada del agua de enfriamiento es crucial para reducir la huella ambiental de este proceso.

De estos procesos se extraen los impactos y se califican con la matriz EPM:

Tabla 8. Matriz de Calificación de los Impactos Ambientales de los Procesos de Transformación del Plástico ABS

Proceso	Aspectos Ambientales	Impactos Ambientales	Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Calificación	Impacto
Recolección y Transporte	Consumo de Combustible y Derivados del Petróleo	Agotamiento de los Recursos Naturales (uso de combustibles fósiles).	0,8	0,85	0,97	0,94	7,1	Significativo
	Emisión de Gases y Vapores	Contaminación del Aire (emisiones de CO2 y otros contaminantes).	0,65	0,92	0,71	0,75	4,2	Moderado
	Generación de Ruido Ambiental	Contaminación Sonora (ruido de los vehículos).	0,85	0,85	0,71	0,65	4,9	Moderado
Separación y Limpieza	Generación de Residuos Líquidos	Contaminación del Agua (aguas residuales contaminadas).	0,91	0,56	0,85	0,91	6,5	Significativo
	Generación de Residuos Sólidos	Contaminación del Suelo (residuos sólidos desechados incorrectamente).	0,64	0,63	0,65	0,67	3,2	Moderado
Triturado	Emisión de Material Particulado	Contaminación del Aire (emisiones de polvo de ABS).	0,86	0,94	0,96	0,96	8,0	Grave
	Generación de Ruido Ambiental	Contaminación Sonora (ruido de la maquinaria).	0,97	0,99	0,96	0,98	9,3	Grave
	Consumo de Energía Eléctrica	Agotamiento de los Recursos Naturales (consumo de energía eléctrica).	0,96	0,94	0,98	0,99	9,2	Grave
Extrusión, Moldeado y Enfriamiento	Emisión de Gases y Vapores	Contaminación del Aire (emisiones de COV y calor residual).	0,94	0,94	0,97	0,95	8,7	Grave
	Consumo de Energía Eléctrica	Agotamiento de los Recursos Naturales (uso intensivo de energía).	0,89	0,84	0,99	0,99	8,3	Grave
	Consumo de Agua	Agotamiento de los Recursos Naturales (uso intensivo de agua).	0,76	0,55	0,67	0,7	3,7	Moderado

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Antes de abordar los resultados presentados en la tabla, será necesario aclarar en el procedimiento que se utiliza para realizar esta matriz de evaluación de impacto ambiental a través del método de Empresas Públicas de Medellín se presenta en el Anexo de este documento.

Al observar los impactos ambientales que van desde el rango de lo moderado, significativo a grave (siendo este último mayoritario por razones reales; sin contar impactos irrelevantes), se puede hacer las siguientes inferencias de los desafíos que atraviesa el proceso de transformación de plástico ABS a Estibas y Postes de la misma naturaleza:

En la etapa de Recolección y Transporte, los esfuerzos deben centrarse en la eficiencia del combustible y la reducción de emisiones mediante la optimización de rutas y el

uso de vehículos eco-amigables. Estas acciones no solo disminuyen la huella de carbono, sino que también mitigan la contaminación sonora, abordando los impactos moderados y significativos identificados.

Durante la Separación y Limpieza, implementar sistemas eficientes de tratamiento de aguas y gestión de residuos sólidos minimizará significativamente la contaminación del agua y del suelo. Estas prácticas reducirán los impactos negativos en los ecosistemas locales y promoverán una recuperación más sostenible del plástico ABS.

La fase de Triturado requiere una atención especial a la mitigación del ruido y el control de las emisiones de polvo, aspectos que fueron clasificados como graves. La implementación de sistemas de captura de partículas y medidas de control de ruido, junto con la optimización del consumo de energía, serán clave para abordar estos desafíos.

Finalmente, en la etapa de Extrusión, Moldeado y Enfriamiento, es crítico adoptar tecnologías de bajo consumo energético y sistemas de reutilización del agua para enfrentar los impactos graves en la contaminación del aire y el agotamiento de recursos. Estas medidas no solo son fundamentales para la eficiencia operativa, sino también para la sostenibilidad ambiental del proceso.

6.3.3. Análisis De Viabilidad Económica

En primera instancia, se hace una valoración económica directa de los costos del proceso a través de presupuestos obtenidos con base a los gastos asociados a la línea productiva, en la siguiente tabla se asume un mes de trabajo de producción, teniendo en cuenta 22 días hábiles laborales. Producciones de aproximadamente 34 estibas y 71 postes a través de la inversión de 200 kilogramos de plástico ABS es decir 100kg para la producción estibas y 100kg para producción de postes, los cuales pueden ser procesados en 11 días de trabajo, obteniendo una eficiencia de producción de 68 estibas y 142 postes, un total de 210 unidades al mes.

Recolección y Transporte

Mano de Obra: 1 persona x 43,333 COP/día x 22 días = 953,326 COP

Mantenimiento Vehículo: Tracción mecánica (más probable para transporte) =
1,000,000 COP/año, dividido por 12 meses = 83,333 COP/mes

- **Separación y Limpieza**

Mano de Obra: 953,326 COP (mismo cálculo que recolección)

Consumo de Agua: 30,000 COP

Productos de Limpieza: 30,000 COP

- **Triturado**

Energía Eléctrica: 500,000 COP

Mantenimiento Máquina: 150,000 COP x 22 días (asumiendo operación diaria) =
3,300,000 COP

Reemplazo de Partes: 1,000,000 COP/año, dividido por 12 meses = 83,333 COP/mes

- **Extrusión, Moldeado y Enfriamiento**

Energía Eléctrica: 500,000 COP

Mantenimiento Máquina: 3,300,000 COP (mismo cálculo que triturado)

Consumo de Agua: 30,000 COP

Mano de Obra: 953,326 COP (mismo cálculo que recolección y separación)

Estos cálculos brindan una aproximación a los costos operativos mensuales de cada etapa. Los costos exactos pueden variar dependiendo de la eficiencia operativa, las tasas de producción, y otros factores variables.

La viabilidad económica de la producción de estibas y postes de plástico ABS reciclado también dependerá del precio de venta del producto final, la demanda del mercado, y la capacidad de la operación para minimizar los costos y maximizar la eficiencia.

Sin embargo, esto lo analizaremos posteriormente a presentar un resumen de estos costos calculados en la siguiente tabla (ver la siguiente página):



Tabla 9. Costos presupuestados de los recursos implicados en los procesos productivos de postes y estibas de plástico ABS

Etapa	Mano de Obra (COP/mes)	Mantenimiento Vehículo/Máquina (COP/mes)	Energía Eléctrica (COP/mes)	Consumo de Agua (COP/mes)	Productos de Limpieza/Reemplazo de Partes (COP/mes)	Mantenimiento de Máquina (COP/mes)	Costos Unitarios [Costo Total]
Recolección y Transporte	\$ 953.326,00	\$ 83.333,00	N/A	N/A	N/A	N/A	\$ 1.036.659,00
Separación y Limpieza	\$ 953.326,00	N/A	N/A	\$ 500.000,00	\$ 30.000,00	N/A	\$ 1.483.326,00
Triturado	N/A	\$ 83.333,00	\$ 30,00	N/A	\$ 83.333,00	\$ 3.300.000,00	\$ 3.466.696,00
Extrusión, Moldeado y Enfriamiento	\$ 953.326,00	\$ 83.333,00	\$ 30,00	\$ 500.000,00	N/A	\$ 3.300.000,00	\$ 4.836.689,00
Costo por Recurso	\$ 2.859.978,00	\$ 249.999,00	\$ 60,00	\$ 1.000.000,00	\$ 113.333,00	\$ 6.600.000,00	\$ 10.823.370,00

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

De estos costos se puede inferir:

- **Recolección y Transporte:**

El costo total para esta etapa es de 1,036,659 COP al mes. Este costo incorpora tanto la mano de obra necesaria para la recolección como el mantenimiento del vehículo utilizado para el transporte. La inversión en esta etapa es crucial para asegurar un suministro constante de material reciclado, aunque representa un consumo significativo de combustible y emisiones asociadas a la operación vehicular.

- **Separación y Limpieza:**

La suma de los costos en esta fase alcanza 1,483,326 COP, que incluye la mano de obra, el consumo de agua y los productos de limpieza. Esta etapa es fundamental para garantizar la calidad del material reciclado, eliminando impurezas que podrían afectar el rendimiento del proceso de reciclaje. Sin embargo, el alto consumo de agua y el uso de productos químicos requieren una gestión eficiente para minimizar el impacto ambiental.

- **Triturado:**

Con un costo total de 3,413,333 COP, esta etapa es una de las más costosas, dada la necesidad de energía eléctrica para la operación de la trituradora y el mantenimiento frecuente del equipo. El triturado es esencial para reducir el tamaño del material y facilitar su procesamiento posterior. La inversión en mantenimiento y reemplazo de partes asegura la continuidad operativa, aunque el consumo de energía eléctrica subraya la importancia de explorar opciones de energía renovable para reducir costos y el impacto ambiental.

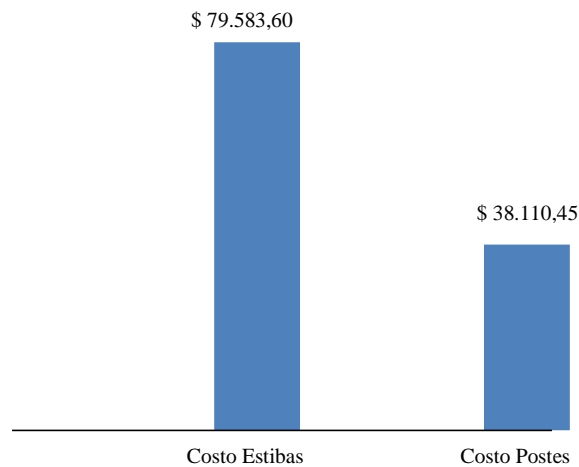
- **Extrusión, Moldeado y Enfriamiento:**

Esta es la etapa más costosa, con un total de 4,783,326 COP, reflejando el uso intensivo de energía para la extrusión y el moldeado, así como el consumo de agua para el enfriamiento de las piezas. La fabricación de estibas y postes a partir de plástico ABS reciclado requiere precisión y calidad, lo que justifica el alto costo operativo. La eficiencia en esta etapa es crucial para mantener la viabilidad económica del proyecto, junto con la necesidad de sistemas eficientes de manejo de agua y energía.

Cada etapa del proceso de producción de estibas y postes de plástico ABS reciclado enfrenta sus propios desafíos económicos y ambientales. La inversión en tecnologías eficientes y sostenibles puede no solo reducir los costos operativos a largo plazo sino también minimizar el impacto ambiental, alineando el proyecto con los principios de la economía circular.

Al dividir el costo total de estos procesos, considerando las cuestiones técnicas y ambientales, por unidad, tanto estibas y postes presentan el siguiente valor unitario (ver la siguiente página):

Figura 41. Costos unitarios de las estibas y postes hechos con plástico ABS



Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Con esos cálculos, se puede ver que el costo de producir una estiba es significativamente más alto que el de producir un poste. Esto podría deberse al mayor material y esfuerzo de fabricación necesario para las estibas en comparación con los postes.

Desde una perspectiva de viabilidad económica, estos costos unitarios son cruciales para determinar el uso y el precio de venta al mercado. Idealmente, el precio de venta debería cubrir no solo el costo de producción sino también otros gastos operativos, de marketing, y dejar un margen de beneficio.

Comparando estos costos con los precios de productos convencionales similares en el mercado, se puede evaluar si los productos de plástico ABS reciclado pueden tener un uso que los permita ser competitivos. Además, dado el valor añadido de la sostenibilidad y el reciclaje, podría justificarse un precio premium para ciertos mercados o clientes que valoran prácticas ecológicas, pero para mejorar la viabilidad económica, se podrían explorar maneras de reducir los costos, como optimizar la eficiencia energética, reducir el consumo de agua, negociar mejores precios para insumos y materiales reciclados, o incrementar la eficiencia del proceso para producir más unidades en menos tiempo. También sería beneficioso buscar subvenciones o incentivos fiscales disponibles para proyectos que promueven el reciclaje y la sostenibilidad.

Para este análisis consecuente, se optó por comparar con postes de madera, concreto recto, concreto con pestaña inclinada, unidades señalizadores, tubulares y postes de vallas metálicas, considerando características más físicas, sobre todo en cuestiones de dimensión, sin apreciar otras que puedan considerarse como técnicas y/o ambientales, el resultado de este procedimiento se ve a continuación:

Tabla 10. Criterios de comparación entre los productos del mercado y los postes y estibas

Producto	Costo Unitario (COP)	Material	Durabilidad	Funcionalidad	Sostenibilidad
Poste de Madera Inmunizada	\$ 55.000,00	Madera Inmunizada	Alta con tratamiento	Cercamientos	Moderada
Poste de Concreto Recto	\$ 34.002,00	Concreto	Muy Alta	Cercamientos	Baja
Poste de Concreto con Pestaña	\$ 48.000,00	Concreto con Pestaña	Muy Alta	Cercamientos con pestaña	Baja
Unidad Señalizadora Tubular	\$ 65.000,00	Polietileno de Alta Densidad	Alta	Señalización Vial	Moderada
Poste de Valla Metálica	\$ 45.777,70	Acero Resistente	Muy Alta	Vallas	Baja
Poste de Plástico ABS	\$ 38.110,45	Plástico ABS Fundido	Alta	Versátil	Alta
Estibas de Plástico ABS	\$ 79.583,60	Plástico ABS Fundido	Alta	Versátil	Alta

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Las estibas de plástico ABS fundido se destacan en el mercado por su combinación única de alta durabilidad, versatilidad funcional y sostenibilidad excepcional. A diferencia de materiales tradicionales como la madera inmunizada, el concreto y el acero resistente, que, aunque ofrecen alta durabilidad y son adecuados para aplicaciones específicas de cercamientos y vallas, su sostenibilidad es moderada a baja debido al impacto ambiental de su producción y ciclo de vida.

Por otro lado, el polietileno de alta densidad, utilizado en señalización vial, comparte una sostenibilidad moderada con el ABS, pero su funcionalidad se limita a un ámbito específico. En contraste, el plástico ABS fundido no solo proporciona una solución durable y resistente a condiciones adversas, sino que también ofrece una amplia gama de aplicaciones, desde la logística y el almacenamiento hasta potencialmente cercamientos y señalizaciones, adaptándose a diversas necesidades industriales y comerciales. Además, su alta sostenibilidad, derivada del uso de material reciclado y reciclable, subraya el compromiso con prácticas ambientales responsables, reduciendo la demanda de recursos vírgenes y promoviendo la economía circular. Por lo tanto, las estibas de ABS fundido representan una elección innovadora y consciente para proyectos que valoran tanto el rendimiento como el impacto ambiental.

Posteriormente, se evalúa las características enlistadas, para los postes ABS:

Tabla 11. Evaluación comparativa de los costos y la calidad con los diferentes productos respecto a los Postes ABS

Poste de Madera Inmunizada vs. Poste de Plástico ABS		
Costo	Material/Durabilidad	Sostenibilidad
El poste de madera inmunizada (\$55.000 COP) es más caro que el poste de plástico ABS (\$38.110,45 COP).	La madera inmunizada ofrece resistencia natural a la putrefacción y plagas, pero puede ser susceptible a la humedad y termitas a largo plazo. El ABS es altamente resistente a la intemperie, químicos y no se corroe ni pudre, ofreciendo potencialmente una mayor durabilidad.	El plástico ABS reciclado promueve la reutilización de materiales y reduce la presión sobre los recursos naturales, aunque la producción de plástico tiene un impacto ambiental en su cadena de suministro.

Poste de Concreto (Recto y con Pestaña) vs. Poste de Plástico ABS

Costo	Material/Durabilidad	Sostenibilidad
Los postes de concreto tanto rectos (\$34.002 COP) como con pestaña (\$48.000 COP) tiene un valor intermedio con los postes de ABS.	El concreto es extremadamente durable y ofrece una gran resistencia estructural, adecuado para aplicaciones de cercamiento de larga duración. Los postes de ABS, aunque resistentes a la degradación ambiental, pueden no ofrecer la misma resistencia estructural en aplicaciones que requieren soporte de cargas pesadas.	El concreto tiene una alta huella de carbono en su producción, mientras que el ABS reciclado reduce el impacto ambiental al reutilizar plásticos existentes.

Unidad Señalizadora Tubular vs. Poste de Plástico ABS

Costo	Material/Durabilidad	Funcionalidad
La unidad señalizadora tubular (\$65.000 COP) se sitúa en un valor mas elevado en cuanto en cuanto a costos comparado con el poste de ABS.	Fabricada de polietileno de alta densidad, la unidad señalizadora ofrece buena resistencia a la intemperie. Sin embargo, el ABS podría proporcionar ventajas adicionales en términos de resistencia a impactos.	La señalizadora tubular está diseñada específicamente para aplicaciones viales, mientras que el poste de ABS podría tener aplicaciones más versátiles aunque no específicamente optimizadas para señalización.

Poste de Valla Metálica vs. Poste de Plástico ABS

Costo	Material/Durabilidad	Sostenibilidad
El poste de valla metálica (\$457.777 COP por 10 unidades, es decir, \$45.777,70 COP por unidad) resulta más competitivo en precio que el poste de ABS individual.	El acero ofrece alta resistencia y durabilidad, especialmente en aplicaciones estructurales, pero es susceptible a la corrosión. El ABS es inmune a la corrosión y ofrece buena durabilidad, aunque con resistencia mecánica posiblemente menor.	La producción de acero es intensiva en energía y recursos, mientras que el uso de ABS reciclado favorece la economía circular y reduce la generación de residuos.

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.

Ahora, en esta tabla se evalúan las estibas ABS:

Tabla 12. Evaluación comparativa de los costos y la calidad con los diferentes productos respecto a las Estibas ABS

Estibas de Plástico ABS vs. Poste de Madera Inmunizada		
Costo	Material/Durabilidad	Aplicabilidad
Las estibas de ABS (\$79.583,60 COP) son significativamente más costosas que un poste de madera inmunizada (\$55.000 COP).	Mientras que el poste de madera tiene aplicaciones específicas en cercamientos, las estibas de ABS, por su naturaleza y diseño, son utilizadas principalmente para el manejo y transporte de cargas, mostrando una aplicabilidad distinta.	Mientras que el poste de madera tiene aplicaciones específicas en cercamientos, las estibas de ABS, por su naturaleza y diseño, son utilizadas principalmente para el manejo y transporte de cargas, mostrando una aplicabilidad distinta.
Estibas de Plástico ABS vs. Postes de Concreto (Recto y con Pestaña)		
Costo	Material/Durabilidad	Aplicabilidad
Los postes de concreto son más económicos que las estibas de ABS, tanto en las versiones rectas (\$34.002 COP) como con pestaña (\$48.000 COP).	El concreto ofrece una durabilidad excepcional y es apto para estructuras permanentes, pero su peso y rigidez limitan su movilidad. Las estibas de ABS, aunque menos robustas estructuralmente, proporcionan flexibilidad en aplicaciones logísticas debido a su ligereza y resistencia al deterioro.	La funcionalidad principal de los postes de concreto está en cercamientos y soporte estructural, mientras que las estibas de ABS son versátiles en el almacenamiento y transporte de mercancías.

Estibas de Plástico ABS vs. Unidad Señalizador Tubular

Costo	Material/Durabilidad	Aplicabilidad
La unidad señalizadora tubular (\$65.000 COP) se posiciona como una opción más económica comparada con las estibas de ABS.	Ambos materiales plásticos ofrecen resistencia a la intemperie y durabilidad. Sin embargo, la señalizadora tubular está diseñada para la visibilidad y seguridad vial, mientras que las estibas de ABS son para carga y almacenamiento.	La señalizadora tubular tiene un propósito específico de señalización, en contraste con las estibas de ABS que tienen una amplia gama de usos en diferentes industrias para el manejo de materiales.

Estibas de Plástico ABS vs. Poste de Valla Metálica

Costo	Material/Durabilidad	Aplicabilidad
Por unidad, el poste de valla metálica (\$45.777,70 COP por unidad, considerando el paquete de 10 unidades por \$457.777 COP) es más accesible que una estiba de ABS.	El acero resistente ofrece fortaleza para cercamientos pero puede ser propenso a la corrosión. Las estibas de ABS resisten bien a factores ambientales adversos sin corroerse, pero su uso es distinto, orientado al soporte y transporte de carga.	Los postes de valla metálica son ideales para cercados, en contraste, las estibas de ABS facilitan la logística y almacenamiento, demostrando cómo la elección entre uno u otro depende fuertemente de la necesidad específica.

Nota: Elaborado por el Autor, 2024.



**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



#PorelResurgirdelaUPC

Aunque los postes y estibas de plástico ABS tienen un costo inicial más alto en comparación con algunos son alternativas convencionales, ofrecen ventajas en durabilidad y sostenibilidad. La selección entre estos materiales dependerá de las prioridades específicas del proyecto, incluyendo consideraciones de costo, durabilidad, funcionalidad y impacto ambiental.



CO-IC-CER518726



www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

7. CONCLUSIONES

La caracterización de residuos sólidos tipo termoplástico ABS en Valledupar, orientada hacia su recuperación, destaca la diversidad en la operativa de los recicladores, dividiéndose entre independientes y aquellos afiliados a organizaciones. Esta diversidad, que refleja tanto oportunidades como desafíos, subraya la importancia de políticas inclusivas y soporte institucional que atienda las realidades de ambos grupos. La experiencia acumulada por los recicladores sugiere que la efectividad del reciclaje mejora con el conocimiento y la implementación de prácticas sostenibles, una observación que destaca la relevancia de fomentar un entorno de aprendizaje continuo y adaptación a prácticas ecológicas.

La investigación identifica barreras significativas que limitan la eficacia del reciclaje de ABS, como la baja producción y demanda, y la competencia entre recicladores. La variabilidad en la percepción de la generación de residuos ABS y en las cantidades procesadas por los recicladores sugiere una generación moderada de estos desechos. Sin embargo, el compromiso de los recicladores, evidenciado por su disposición a trabajar extensas jornadas, es crucial para promover la gestión sostenible de residuos. Esto pone de manifiesto la necesidad de estrategias integradas que mejoren la recolección y el reciclaje del ABS, incluyendo ajustes en los precios de compra y mejora en la infraestructura de recolección.

El proceso de producción de estibas y postes de ABS recuperado ilustra un avance hacia la sostenibilidad y la economía circular, enfatizando la importancia de una preparación meticulosa del material para asegurar un producto final de alta calidad. Este enfoque minimiza el impacto ambiental y demuestra la viabilidad de convertir residuos en recursos valiosos, proponiendo una alternativa ecológica a materiales tradicionales. La tecnología avanzada de reciclaje empleada subraya el potencial para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos, al tiempo que se adhiere a estrictas normativas de seguridad y salud.

El análisis de viabilidad técnica confirma que los postes y estibas de ABS no solo son competitivos en el mercado, sino que ofrecen ventajas significativas en durabilidad y sostenibilidad sobre alternativas convencionales.

A pesar de los retos iniciales y técnicos, los beneficios a largo plazo de reducir la dependencia de recursos naturales vírgenes y minimizar la generación de residuos avalan este enfoque. La alineación del proyecto con los principios de la economía circular evidencia un compromiso con prácticas económica y ambientalmente responsables.

La transformación de ABS recuperado en productos duraderos y versátiles mediante técnicas de preparación, triturado, extrusión y moldeo representa un modelo innovador y sostenible de reciclaje. A pesar de los desafíos asociados al reciclaje de ABS, los resultados demuestran que puede ser reutilizado eficazmente, ofreciendo una alternativa ecológica viable a materiales tradicionales. Este enfoque no solo contribuye a la economía circular, sino que también abre oportunidades económicas al crear productos de alto valor agregado.

La comparación con productos convencionales del mercado resalta la competitividad y viabilidad económica de los postes y estibas de ABS. Aunque su producción inicial pueda ser costosa, las propiedades únicas del ABS, combinadas con su sostenibilidad, ofrecen un valor agregado considerable. Esta ventaja se refuerza por la capacidad de estos productos para satisfacer necesidades específicas en diversos sectores, lo que justifica su posición en el mercado y subraya el potencial de prácticas de reciclaje innovadoras y responsables.

El compromiso con el reciclaje y la reutilización del ABS refleja una contribución significativa hacia la sostenibilidad y la innovación en la gestión de residuos. Al maximizar las propiedades del ABS y emplear procesos eficientes de producción, se evidencia la viabilidad de integrar aspectos económicos, técnicos y ambientales en soluciones sostenibles. Este enfoque beneficia tanto al medio ambiente, promoviendo el uso de materiales reciclados, como a la economía, a través de la creación de productos valiosos y sostenibles.

8. RECOMENDACIONES

Para mejorar la metodología adoptada, se recomienda incorporar análisis de ciclo de vida (ACV) más detallados que aborden específicamente las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de energía en cada etapa del proceso de reciclaje y producción de estibas y postes de ABS. Esto permitiría identificar oportunidades de optimización, reduciendo aún más el impacto ambiental y los costos operativos. Adicionalmente, el uso de herramientas de simulación avanzadas podría prever el comportamiento del material reciclado bajo diversas condiciones, mejorando la calidad y la eficiencia de los productos finales.

En cuanto a la sustitución de la metodología adoptada, se sugiere explorar el uso de tecnologías emergentes como la pirólisis para el tratamiento del ABS, lo cual podría ofrecer un método alternativo para reciclar este material, transformándolo en combustible o en nuevos polímeros para aplicaciones industriales. Esta aproximación no solo podría ampliar el espectro de reciclaje del ABS, sino también abrir nuevas vías para la generación de valor a partir de residuos plásticos, alineándose con los objetivos de la economía circular.

Desde la perspectiva de los aspectos políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ambientales y legales (PESTEL), es crucial fortalecer las colaboraciones entre entidades gubernamentales, industrias y la comunidad científica para fomentar políticas que incentiven el reciclaje de plásticos y la adopción de prácticas sostenibles. Iniciativas como subsidios para tecnologías de reciclaje innovadoras, tarifas preferenciales para productos reciclados y programas educativos sobre la importancia del reciclaje pueden mejorar significativamente la viabilidad del proyecto. Además, es esencial monitorear y adaptarse a las regulaciones ambientales vigentes, asegurando el cumplimiento legal y promoviendo la adopción de los estándares más altos en la gestión de residuos y la producción sostenible.

En el ámbito tecnológico, la inversión en investigación y desarrollo para mejorar los procesos de reciclaje y producción de ABS es fundamental. La adopción de tecnologías de automatización y robótica podría incrementar la eficiencia de la recolección y el procesamiento del ABS, mientras que la exploración de nuevos compuestos y aditivos podría mejorar las propiedades físicas de los productos finales.

La integración de sistemas de gestión ambiental en las operaciones permitiría un control más efectivo sobre los impactos, asegurando una producción más limpia y sostenible.

Para garantizar la continuidad de la investigación y la relevancia de los estudios de mercado, es recomendable realizar análisis periódicos sobre la demanda de productos de plástico ABS reciclado, identificando tendencias y preferencias de los consumidores. Esto permitiría adaptar la producción a las necesidades del mercado, optimizando la gama de productos y explorando nuevas aplicaciones para los postes y estibas de ABS. La colaboración con universidades y centros de investigación podría fomentar la innovación continua y el desarrollo de soluciones avanzadas para el reciclaje y la utilización del ABS, asegurando la sostenibilidad y la competitividad a largo plazo del proyecto.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Valledupar. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal “Valledupar en orden 2020 – 2023”*. Valledupar, Colombia: Gobierno Municipal de Valledupar.

Alcaldía Municipal Ibagué. (2018). *Plan de gestión integral de residuos sólidos “PGIRS” de la administración municipal de Ibagué*. Ibagué.

Alea, L., Marín, L., & Bruguera, N. (2020). Diagnóstico de la gestión del reciclaje de los residuos sólidos generados en el destino turístico Viñales. *Revista Avances*, 21(4), vía Web. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869114010/637869114010.pdf>

ANDI. (2018). *Resolución 1084 de 2018*. Obtenido de Asociación Nacional de Empresarios de Colombia: <http://www.andi.com.co/Uploads/Resoluci%C3%B3n%201084%20del%2013%20de%20junio%20de%202018.pdf>

AZO Materials. (20 de June de 2019). *Understanding Plastics and Polymers - The Different Types of Plastic*. Obtenido de AZO Materials Official Site: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17477>

Bosch H. (2018). *Diseño de una planta de reciclado de tereftalato de Polietileno (PET), Polipropileno (PP) y Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)*. Valencia, España: Universidad de Valencia.

CONPES. (2018). *POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS 3874*. Bogotá, D.C.

DANE. (2005). *Censo General*. Bogotá D.C.: Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas.

Diario Semana. (29 de marzo de 2021). *Red Reciclo, la unión de 14 empresas que le apuestan a la economía circular*. Obtenido de Medioambiente Semana: <https://www.semana.com/sostenibilidad/articulo/red-reciclo-la-union-de-14-empresas-que-le-apuestan-a-la-economia-circular/202105/>

Dueñas, M. (23 de marzo de 2021). *Colombia: cadena de valor del reciclaje de plástico.*

Obtenido de Zonacaptiva: <https://zonacaptiva.com/medio-ambiente/colombia-cadena-de-valor-del-reciclaje-de-plastico/>

El Pilón. (24 de Septiembre de 2022). *¿Hasta cuándo van las carromulas en Valledupar?: autoridades responden.*

Obtenido de Diario El Pilón: <https://elpilon.com.co/hasta-cuando-van-las-carromulas-en-valledupar-autoridades-responden/>

El Tiempo. (04 de octubre de 2021). *10 mil toneladas de plástico al año dejarán de ir a*

ecosistemas y rellenos sanitarios. Obtenido de Redacción Medioambiente: El Tiempo: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/asi-es-la-planta-de-reciclaje-plastico-mas-grande-colombia-622867>

Frezza, R. (31 de July de 2020). *Group work vs individual work: the pros and cons compared.*

Obtenido de Magazine Frezza: <https://magazine.frezza.com/en/group-work-individual-work/>

Hernández S., R., & Mendoza T., C. (2018). *Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.* Ciudad de México D.F.: McGraw Hill.

Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2014). *Metodología de la Investigación.* Ciudad de México D.F.: McGraw Hill.

ICONTEC. (2004). *Guía Técnica Colombiana (GTC) 53-2 de la Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos para el Aprovechamiento de los Residuos Plásticos.* Bogotá D.C.: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

IDEAM. (2018). *Atlas Climatológico de Colombia.* Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Interempresas. (18 de Noviembre de 2021). *ABS, el más consumido de los plásticos técnicos.*

Obtenido de Canales Sectoriales Interempresas:

<https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/372557-ABS-el-mas-consumido-de-los-plasticos-tecnicos.html>

Köppen, W., & Geiger, R. (1936). *Das geographische System der Klimate*. Berlin, Alemania: Atlas Mundis.

Lancen, L. (14 de february de 2023). *Recycling ABS Plastic: Understanding The Process And Benefits*. Obtenido de Climate of our Future:
<https://www.climateofourfuture.org/recycling-abs-plastic-understanding-the-process-and-benefits/>

Lavacude, I., Hernández, M., & Castañeda, J. d. (2021). Procesos de Transformación de Residuos Plásticos en la Ciudad de Bogotá Departamento Cundinamarca a Partir de la Producción de Fundas Biodegradables. *Revista Universidad del Externado*, 1-14.

Manzanos, G., & García, C. (2018). Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Plásticos Generados en el Municipio de Arauca desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible. *Revista Universidad de Manizales*, 3-23.

MINAMBIENTE. (30 de Diciembre de 2020). *Colombia iniciará el 2021 con nuevo código de colores para la separación de residuos*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/colombia-iniciara-el-2021-con-nuevo-codigo-de-colores-para-la-separacion-de-residuos/#:~:text=Los%20colores%20son%3A,%3B%20papeles%20metalizados%2C%20entre%20otros.>

Ministerio de Vivienda. (2017). *Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios en Colombia*. Bogotá D.C.

National Geographic. (01 de Agosto de 2020). *La clasificación de los plásticos*. Obtenido de Gestores de Residuos: <https://gestoresderesiduos.org/noticias/la-clasificacion-de-los-plasticos>

Ngimbi, A., & Haktan, Z. (2020). Design of ABS Plastic Scrap Recycling Process for 3D Printer Filaments. *Conference Paper*, 392-400. doi:10.5281/zenodo.5260060

Ochoa, N. (2017). *Aprovechamiento del Plástico a partir de los Residuos Sólidos resultantes del Embalaje de Plaguicidas*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.

ONU. (15 de Marzo de 2019). *Compromiso mundial para reducir los plásticos de un solo uso*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas:
<https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961>

QuimiNet. (2024). *Precios del Plástico ABS reciclado*. Obtenido de Página Oficial de QuimiNet: Información y Negocios segundo a segundo:
<https://www.quiminet.com/productos/plastico-abs-reciclado-103228585318/precios.htm>

Recytrans. (23 de Julio de 2013). *Clasificación de los plásticos*. Obtenido de Recytrans: Soluciones globales para el Reciclaje: <https://www.recytrans.com/blog/clasificacion-de-los-plasticos/#:~:text=Existen%204%20tipos%20principales%3A%20el,PS%20expandido%20pero%20m%C3%A1s%20denso>.

Rinasti, A., Ibrahim, I., Gunasekara, K., Koottatep, T., & Winijkul, E. (2022). Fate identification and management strategies of non-recyclable plastic waste through the integration of material flow analysis and leakage hotspot modeling. *Scientific Reports*, 12(16298), web site. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/s41598-022-20594-w.pdf>

Rodríguez, V., Bustamante, A., & Mirabal, M. (2011). La protección del medio ambiente y la salud, un desafío social y ético actual. *Revista Cubana de Salud Pública*, 510-518.

Siim and CO., S.L. (s.f.). *Propiedades físicas y mecánicas materiales*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2022, de <http://www.siim.com/docs/RAE-1018.pdf>

Taborda, E., & López, J. (2019). *Estudio de Prefactibilidad para la creación de una Red Gestora de Residuos Plásticos Generados por la Población del municipio de la Jagua de Ibirico en el Departamento del Cesar*. Medellín: ESUMER.

Tchoubanoglous, G., Vigil, S., & Theisen, H. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid, España: McGraw-Hill.

Tovar, L. F. (2018). Formalización de las organizaciones de recicladores de oficio en Bogotá: reflexiones desde la economía popular. *Revista de Ciencias Sociales*(62), 39-63.
doi:<https://doi.org/10.17141/iconos.62.2018.3230>

UNICESAR. (2021). *Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021 “por medio del cual se adoptan las líneas de investigación de los programas de Pregrado de la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas sede Valledupar, y se dictan otras disposiciones”*. Valledupar, Cesar: Universidad Popular del Cesar.

WWF. (07 de Junio de 2019). *El problema del plástico en la naturaleza y cómo puedes ayudar*. Obtenido de World Wildlife Foundation:
<https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/el-problema-del-plastico-en-la-naturaleza-y-como-puedes-ayudar>



ANEXOS

Anexo 1. Formato de Encuesta

Formato de Recolección de Información

*APROVECHAMIENTO DE TERMOPLÁSTICOS -ABS- MEDIANTE EXTRUSIÓN PARA LA
FABRICACIÓN DE ESTIBAS Y POSTES EN LA CIUDAD DE VALLEDUPAR*

Jairo Andrés Camargo Munive¹

La información recolectada con este formato solo tiene propósitos académicos, toda reproducción o uso indebido, así como su distribución requiere autorización escrita y previamente legalizada ante las entidades pertinentes. La violación de estos términos puede tener consecuencias legales. Para consultas o permisos, contactar al autor – Ley 23 de 1982; Decisión Andina 351 de 1993; Ley 44 de 1993; Ley 1581 de 2012; decreto 1377 de 2013.

Información del Reciclador

a. *¿Pertenece a alguna organización de recicladores o trabaja como independiente?*

Independiente [] Organización [] ¿cuál?: _____

b. *¿Cuánto tiempo lleva dedicándose al reciclaje de los residuos sólidos?*

Número de años : _____

c. *¿Trabaja en grupo con otras personas o lo hace de manera individual?*

Trabajo solo [] Trabajo con otras personas [] ¿Con cuántas?: _____

Datos Específicos sobre Reciclaje de ABS

d. *Respecto a los plásticos que las personas botan como residuo, ¿el plástico ABS (carcasas de Televisores, computadoras, entre otras similares) es uno de los de menor o mayor generación?*

Poca Generación [] Mediana Generación [] Alta Generación

e. *Aproximadamente, ¿Cuántos kilogramos de plástico ABS recicla mensualmente?*

Kilogramos Reciclados _____

f. *¿Cuántos días a la semana dedica a recolectar materiales reciclables?*

Número de días : _____

¹ Estudiante de pregrado del programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria en la Universidad Popular del Cesar, además, por su trabajo, cuenta con experiencia en procesos metalúrgicos y de extrusión de materiales.

Costo de Recolección y Procesamiento

g. ¿A cuánto vende el kilogramo de plástico ABS?

_____ pesos colombianos

h. ¿Cuánto estima que gasta en transporte y otros costos para recolectar y vender plástico ABS en un día típico?

_____ pesos colombianos

i. ¿Existen costos adicionales involucrados en el reciclaje de ABS?

Sí [] No []

Si escogió la opción Sí, describa brevemente:

Dificultades en la Recolección

j. ¿Qué dificultades encuentra al recolectar plástico ABS? (selección múltiple)

- | | |
|--|-----|
| Poco volumen de producción | [] |
| Baja demanda | [] |
| Alto costo de transporte | [] |
| Identificación del material | [] |
| Competencias entre recicladores | [] |
| Condiciones climáticas adversas | [] |
| Restricciones normativas | [] |
| Falta de infraestructura para la recolección | [] |

Otro: _____

Preguntas Finales

k. ¿Le gustaría recibir más información o formación sobre el reciclaje de plástico ABS?

Sí [] No []

l. ¿Tiene algún comentario o sugerencia sobre cómo mejorar la recolección y venta de plástico ABS?:

Anexo 2. Respuestas tabuladas de la Encuesta

ID	Organización o Independiente	Años de experiencia	Trabajo solo o en grupo	Cantidad de personas en el grupo	Generación de ABS	Kilogramos reciclados al mes	Días de recolección a la semana
1	Independiente	3	Solo	0	Poca	91	5
2	Independiente	19	Solo	0	Poca	215	5
3	Independiente	8	Solo	0	Poca	127	7
4	Independiente	1	Solo	0	Poca	470	5
5	Independiente	12	Solo	0	Poca	54	5
6	Independiente	4	Solo	0	Poca	123	7
7	Independiente	17	Solo	0	Poca	23	7
8	Independiente	7	Solo	0	Poca	113	5
9	Independiente	8	Solo	0	Mediana	17	7
10	Independiente	2	Solo	0	Mediana	173	5
11	Independiente	4	Solo	0	Mediana	32	4
12	Independiente	1	Solo	0	Mediana	51	6
13	Organización	4	Solo	0	Mediana	12	6
14	Organización	19	Solo	0	Mediana	146	6
15	Organización	2	Solo	0	Mediana	236	5
16	Organización	7	Grupo	3	Mediana	10	5
17	Organización	7	Grupo	4	Mediana	133	5
18	Organización	3	Grupo	2	Mediana	124	6
19	Organización	10	Grupo	3	Alta	237	6
20	Organización	19	Grupo	3	Alta	24	7
21	Organización	2	Grupo	3	Alta	109	7
22	Organización	7	Grupo	4	Alta	60	7
23	Organización	12	Grupo	3	Alta	164	7

ID	Venta del kg de ABS (pesos colombianos)	Costo de transporte y otros costos (pesos colombianos)	Costos adicionales	Dificultades (Poco volumen, Baja demanda, etc.)	Interés en recibir más información o formación
1	\$ 3.625,00	\$ 34.982,00	Sí	Poco volumen	Sí
2	\$ 2.803,00	\$ 21.041,00	Sí	Poco volumen	Sí
3	\$ 3.450,00	\$ 15.506,00	Sí	Poco volumen	Sí
4	\$ 2.601,00	\$ 21.651,00	Sí	Poco volumen	Sí
5	\$ 2.369,00	\$ 31.222,00	Sí	Poco volumen	Sí
6	\$ 4.765,00	\$ 24.477,00	Sí	Baja demanda	Sí
7	\$ 2.768,00	\$ 33.545,00	Sí	Baja demanda	Sí
8	\$ 4.495,00	\$ 13.284,00	Sí	Baja demanda	Sí
9	\$ 4.499,00	\$ 48.866,00	Sí	Baja demanda	Sí
10	\$ 2.786,00	\$ 36.329,00	Sí	Alto costo de transporte	Sí
11	\$ 2.688,00	\$ 35.099,00	No	Alto costo de transporte	Sí
12	\$ 4.791,00	\$ 43.000,00	No	Alto costo de transporte	Sí
13	\$ 3.402,00	\$ 38.636,00	No	Identificación del material	Sí
14	\$ 4.046,00	\$ 16.629,00	No	Identificación del material	Sí
15	\$ 3.271,00	\$ 21.462,00	No	Identificación del material	Sí
16	\$ 3.952,00	\$ 39.247,00	No	Competencia entre recicladores	Sí
17	\$ 2.460,00	\$ 45.721,00	No	Competencia entre recicladores	Sí
18	\$ 1.094,00	\$ 41.901,00	No	Competencia entre recicladores	Sí
19	\$ 4.958,00	\$ 34.480,00	No	Condiciones climáticas adversas	No
20	\$ 3.895,00	\$ 41.533,00	No	Condiciones climáticas adversas	No
21	\$ 4.047,00	\$ 45.361,00	No	Restricciones normativas	No
22	\$ 4.043,00	\$ 12.594,00	No	Restricciones normativas	No
23	\$ 1.773,00	\$ 11.769,00	No	Falta de infraestructura	No

Anexo 3. Método de Evaluación de Impacto Ambiental

4.2.3.1 Método EPM o método Arboleda

Fue desarrollado por la Unidad Planeación Recursos Naturales de las Empresas Publicas de Medellín en el año 1986, con el propósito de evaluar proyectos de aprovechamiento hidráulico de la empresa, pero posteriormente se utilizó para evaluar todo tipo de proyectos de EPM y ha sido utilizado por otros evaluadores para muchos tipos de proyectos con resultados favorables. Ha sido

aprobado por las autoridades ambientales colombianas y por entidades internacionales como el Banco Mundial y el BID. Ver descripción completa de este método en el Anexo 4.6.

a) **Los parámetros de evaluación.** Cada impacto se debe evaluar con base en los siguientes parámetros o criterios:

Clase (C): Este criterio define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto, el cual puede ser: **Positivo (+, P)** si mejora la condición ambiental analizada o **Negativo (-, N)** si la desmejora.

Presencia (P): En la mayoría de los impactos hay certeza absoluta de que se van a presentar, pero otros pocos tienen un nivel de incertidumbre que debe determinarse. Este criterio califica la posibilidad de que el impacto pueda darse y se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia, de la siguiente manera:

- **Cierta:** si la probabilidad de que el impacto se presente es del 100% (se califica con 1.0)
- **Muy probable:** si la probabilidad está entre 70 y 100 % (se califica entre 0.7 y 0.99)
- **Probable:** si la probabilidad está entre 40 y 70 % (0.4 y 0.69)
- **Poco probable:** si la probabilidad está entre 20 y 40 % (0.2 y 0.39)
- **Muy poco probable:** si la probabilidad es menor a 20 % (0.01 y 0.19)

Duración (D): Con este criterio se evalúa el período de existencia activa del impacto, desde el momento que se empiezan a manifestar sus consecuencias hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental considerado. Se debe evaluar en forma independiente de las posibilidades de reversibilidad o manejo que tenga el impacto. Se expresa en función del tiempo de **permanencia** o tiempo de vida del impacto, así:

- **Muy larga o permanente:** si la duración del impacto es mayor a 10 años (se califica con 1.0)
- **Larga:** si la duración es entre 7 y 10 años (0.7 – 0.99)
- **Media:** si la duración es entre 4 y 7 años (0.4 y 0.69)
- **Corta:** si la duración es entre 1 y 4 años (0.2 y 0.39)
- **Muy corta:** si la duración es menor a 1 año (0.01 y 0.19)

Evolución (E): Califica la rapidez con la que se presenta el impacto, es decir la velocidad como éste se despliega a partir del momento en que inician las afectaciones y hasta que el impacto se hace presente plenamente con todas sus consecuencias. Este criterio es importante porque dependiendo de la forma como evoluciona el impacto, se puede facilitar o no la forma de manejo. Se expresa en términos del **tiempo transcurrido** entre el inicio de las afectaciones hasta el momento en que el impacto alcanza sus mayores consecuencias o hasta cuando se presenta el máximo cambio sobre el factor considerado, así:

- **Muy rápida:** cuando el impacto alcanza sus máximas consecuencias en un tiempo menor a 1 mes después de su inicio (se califica con 1.0)
- **Rápida:** si este tiempo está entre 1 y 12 meses (0.7 – 0.99)
- **Media:** si este tiempo está entre 12 y 18 meses (0.4 y 0.69)
- **Lenta:** si este tiempo está entre 18 y 24 meses (0.2 y 0.39)
- **Muy lenta:** si este tiempo es mayor a 24 meses (0.01 y 0.19)

Magnitud (M): Este criterio califica la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el factor ambiental analizado por causa de una acción del proyecto. Se expresa en términos del **porcentaje de afectación** o de modificación del factor (por este motivo también se denomina magnitud relativa) y puede ser:

- **Muy alta:** si la afectación del factor es mayor al 80%, o sea que se destruye o cambia casi totalmente (se califica con 1.0)
- **Alta:** si la afectación del factor está entre 60 y 80 %, o sea una modificación parcial del factor analizado (se puede calificar 0.7 – 0.99)
- **Media:** si la afectación del factor está entre 40 y 60 %, o sea una afectación media del factor analizado (0.4 y 0.69)
- **Baja:** si la afectación del factor está entre 20 y 40 %, o sea una afectación baja del factor analizado (0.2 y 0.39)
- **Muy baja:** cuando se genera una afectación o modificación mínima del factor considerado, o sea menor al 20 % (0.01 y 0.19).

Esta magnitud relativa se puede obtener de dos maneras:

- 1) Comparando la calidad del factor analizado en condiciones naturales (denominada **condición ambiental sin proyecto**) con la situación que se obtendría en el futuro para ese mismo factor con el proyecto en construcción o funcionamiento (denominada **condición ambiental con proyecto**); o también se puede obtener comparando el valor del factor ambiental afectado con respecto al valor de dicho factor en una determinada zona de influencia. Por ejemplo, se puede comparar el área cultivada o en bosques existentes en la zona de influencia o en el municipio donde se localiza el proyecto, con el área afectada o destruida, o se puede comparar la longitud de las corrientes de agua afectadas con la longitud total de los cauces en el área de captación del proyecto o en una zona determinada.
- 2) Utilizando las funciones de calidad ambiental o de transformación (similares a las utilizadas por el método de Batelle), las cuales califican la calidad actual de los diferentes elementos ambientales y estiman su afectación por el proyecto. Muchas de estas funciones ya están elaboradas para diferentes elementos ambientales, pero es necesario determinarlas o calcularlas para otros, por lo que su aplicación es más difícil que el procedimiento anterior.

A continuación se presenta un resumen de los rangos que se aplican para la calificación de los criterios utilizados en la metodología EPM.

PRESENCIA	DURACIÓN	EVOLUCIÓN	MAGNITUD	PUNTAJE
Cierta	Muy larga o permanente (> 10 años)	Muy rápida (< 1mes)	Muy alta (Mr> a 80%)	1.0
Muy probable	Larga (> 7 años y < 10 años)	Rápida (> 1 mes y < 12 meses)	Alta (> 60 %y < 80 %)	0.7<0.99
Probable	Media (> 4 años y < 7 años)	Media (> 12 meses y < 18 meses)	Media (> 40 % y < 60 %)	0.4<0.69
Poco Probable	Corta (> 1 años y < 4 año)	Lenta (> 18 meses y < 24 meses)	Baja (> 20 % y < 40 %)	0.2<0.39
No probable	Muy corta (< 1 año)	Muy lenta (> 24 meses)	Muy baja (< 19%)	0.01<0.19

Mr: Magnitud relativa

- b) **La calificación ambiental del impacto.** La calificación ambiental (Ca) es la expresión de la acción conjugada de los criterios con los cuales se calificó el impacto ambiental y representa la gravedad o importancia de la afectación que este está causando.

El grupo que se encarga de las evaluaciones ambientales en EPM, por medio de un procedimiento analítico, desarrolló una ecuación para la calificación ambiental que permitió obtener y explicar las relaciones de dependencia que existen entre los cinco criterios anteriormente indicados, con el siguiente resultado:

$Ca = C (P[ExM+D])$, Donde:

Ca= Calificación ambiental
C= Clase,
P= Presencia
E= Evolución
M= Magnitud
D= Duración

Sin embargo, las primeras aplicaciones de la ecuación mostraron unos resultados en los que la calificación ambiental difería mucho de la que se obtenía con otras metodologías o por calificaciones asignadas por especialistas en la materia. Un análisis del asunto determinó que los criterios utilizados tenían un peso relativo diferente en la ecuación, por lo que debían ser afectados por unas constantes de ponderación que los equilibraran. Mediante un análisis de sensibilidad se determinaron las siguientes constantes de ponderación: **a = 7.0** y **b = 3.0**.

Se obtuvo entonces la siguiente ecuación para expresar la calificación ambiental de un determinado impacto:

$Ca = C (P[axEM+bxD])$, donde reemplazando los valores de a y b se obtiene:

$Ca = C (P[7.0xEM+3.0xD])$

De acuerdo con las calificaciones asignadas individualmente a cada criterio, el valor absoluto de Ca será mayor que cero y menor o igual que 10.

El valor numérico que arroja la ecuación se convierte luego en una expresión que indica la importancia del impacto asignándole unos rangos de calificación de acuerdo con los resultados numéricos obtenidos, de la siguiente manera:

CALIFICACIÓN AMBIENTAL (puntos)	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL
≤ 2.5	Poco significativo o irrelevante
>2.5 y ≤ 5.0	Moderadamente significativo o moderado
> 5.0 y ≤ 7.5	Significativo o relevante
> 7.5	Muy significativo o grave

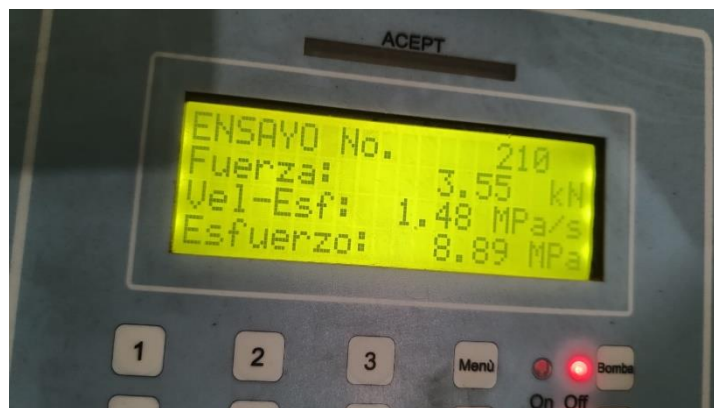


Anexo 4. Evidencias Fotográficas

PROCESO DE EXTRUSIÓN



PRUEBAS TECNICA FLEXIÓN Y COMPRESION





PLASTICO ABS RECICLADO



DIMENSIONES POSTES PLASTICO ABS 4x2x92 cm



DIMENSIONES ESTIBAS PLASTICO ABS 10x2x92 cm

