



Implementación de una Estrategia de Economía Circular para la Gestión y Comercialización del
Material Aprovechable en ARUS S.A.S: Una Propuesta de Mejora para la Reducción de Impacto
Ambiental y Generación de Ingresos.

Esteban Pabón Saldarriaga

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Ambiental

Semestre de Industria o Práctica Empresarial

Omar Darío Rengifo, Especialista (Esp) en Gerencia del Ambiente

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Ambiental
Medellín, Antioquia, Colombia

2025

Cita	(Pabón Saldarriaga, 2025)
Referencia	Pabón Saldarriaga, E. (2025). <i>Implementación de una Estrategia de Economía Circular para la Gestión y Comercialización del Material Aprovechable en ARUS S.A.S: Una Propuesta de Mejora para la Reducción de Impacto Ambiental y Generación de Ingresos.</i>
Estilo APA 7 (2020)	[Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi mamá, a mi hermano y a Aurita en el cielo, quienes son mi motivación todos los días para salir adelante.

También a Sebas, Richi y Alejo, que en los momentos más difíciles siempre me dieron la mano y su apoyo, más allá de compañeros los considero mis amigos.

Agradecimientos

A todas las personas que forman parte de ARUS S.A., una extraordinaria compañía, quiero expresar mi gratitud, especialmente al equipo de Casa Limpia, quienes, con su dedicación, se encargan de la gestión de los residuos sólidos en las sedes. También extendiendo mi agradecimiento de manera especial a Juan Pablo Lopera y a todo el equipo de Talento Humano por su calidez y calidad humana, y, a mi jefe directa, Diana Benjumea, por su constante apoyo y confianza en cada una de mis ideas y proyectos.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
1. Introducción	11
2. Objetivos	13
2.1 Objetivo general	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. Marco teórico	14
3.1 Marco Normativo	15
Decreto 1076 de 2015:	15
CONPES 3874 de 2016:	15
Resolución 1407 de 2018.....	15
ENEC (Estrategia Nacional de Economía Circular):	15
3.2 MATERIALES APROVECHADOS	16
3.2.1 Cartón Reprocesado.	16
El Poliestireno de Alto Impacto Reciclado	18
Poliestireno Expandido	21
Espuma de Polietileno.....	23
Separación en la Fuente.....	25
4. Metodología	28
4.1 Diagnóstico inicial y recopilación de datos:	29
4.1.1Volumen de residuos generados:	29
4.1.2Costos asociados:	29

4.1.3Ingreso potencial:.....	29
4.2 Diseño e implementación del sistema de recolección y comercialización.....	29
4.2.1 Estaciones de separación:	29
4.2.2 Logística de recolección:	30
4.2.1 Comercialización:	30
4.3 Monitoreo y análisis mensual.....	30
4.3.1 Registro de datos:.....	30
4.3.2 Análisis económico:.....	31
4.4 Evaluación de resultados y ajustes estratégicos	31
4.4.1 Comparación con los objetivos iniciales:	31
4.4.2 Optimización del sistema:.....	31
4.4.3 Herramientas empleadas	31
5. Análisis de resultados.....	32
6. Conclusiones y recomendaciones.....	38
Referencias	40

Lista de tablas

Tabla 1. Ingresos por recolección en mes de enero y febrero del año 2025.	37
---	----

Lista de figuras

Figura 1. Cartón reprocesado usado para el embalaje de equipos de cómputo. Elaboración propia. 2025.....	17
Figura 2. HIPS usado en embalaje. Elaboración propia 2025.....	19
Figura 3. EPS usado en el embalaje de equipos de cómputo. Elaboración propia, 2025.	21
Figura 4. Espuma de Polietileno usada en embalaje. Elaboración propia, 2025.	24
Figura 5. Código de colores, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2025.	26
Figura 6. Ubicación Arus S.A.S dentro del complejo industrial AMTEX (ITAGUI). Fuente Google Earth 2025.	28
Figura 7. Acopio de recolección. Elaboración propia 2025.....	30
Figura 8. Balanza Industrial usada para el peso del material aprovechable, Elaboración Propia 2025.....	31
Figura 9. Registro de Residuos aprovechables por mes en ARUS S.A Elaboración propia 2025.	33
Figura 10. Porcentaje de aprovechamiento de cada material en enero. Elaboración propia 2025.	34
Figura 11. Porcentaje de aprovechamiento de cada material en Febrero. Elaboración propia, 2025.	35
Figura 12. Porcentaje de materiales aprovechables en el mes de Enero del año 2025, elaboración propia.....	36
Figura 13. Porcentaje de Materiales Aprovechables mes de Febrero del año 2025, elaboración propia.....	37

Siglas, acrónimos y abreviaturas

APA	American Psychological Association
Cms.	Centímetros
ERIC	Education Resources Information Center
Esp.	Especialista
MP	Magistrado Ponente
MSc	Magister Scientiae
Párr.	Párrafo
PhD	Philosophiae Doctor
PBQ-SF	Personality Belief Questionnaire Short Form
PostDoc	PostDoctor
UdeA	Universidad de Antioquia
HIPS	Poliestireno de alto impacto.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
EPS	Poliestireno Expandido (ICOPOR)

Resumen

Este trabajo aborda la implementación de una estrategia de economía circular en ARUS S.A.S., enfocada en optimizar la gestión de residuos aprovechables y generar valor económico mediante su comercialización. Utilizando un enfoque cuantitativo, se realizó un diagnóstico inicial para evaluar los volúmenes de residuos generados, los costos asociados y las oportunidades de valorización. Posteriormente, se diseñaron e implementaron estaciones de separación y un sistema logístico de recolección con monitoreo mensual. Como resultado, se logró una reducción del 40% en desechos enviados a rellenos sanitarios y un aumento en la valorización de materiales como cartón reprocesado, EPS, espuma de polietileno y HIPS. Además, la comercialización de estos residuos generó ingresos adicionales que fortalecieron el presupuesto ambiental de la empresa. La experiencia demuestra que la economía circular de residuos no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también mejora el desempeño económico y la cultura organizacional. Esta estrategia puede ser replicado en otras empresas interesadas en transitar hacia una economía circular.

Palabras clave: economía circular, gestión de residuos, sostenibilidad, ARUS S.A.S., residuos aprovechables, cartón reprocesado, poliestireno, polietileno.

Abstract

Keywords: EJEMPLO scientific article, review article, research, citation styles

The implementation of a circular economy strategy at ARUS S.A.S., focused on optimizing the management of recyclable waste and generating economic value through its commercialization. Using a quantitative approach, an initial diagnosis was conducted to evaluate waste volumes, associated costs, and valorization opportunities. Subsequently, separation stations and a logistics collection system were designed and implemented with monthly monitoring. As a result, a 40% reduction in waste sent to landfills and increase in the valorization of materials such as processed cardboard, EPS, polyethylene foam, and HIPS were achieved. Furthermore, the commercialization of these materials generated additional income, strengthening the company's environmental budget. The experience demonstrates that efficient waste management not only contributes to environmental sustainability but also improves economic performance and organizational culture. This strategy can be replicated by other companies aiming to transition to a circular economy.

Keywords: circular economy, waste management, sustainability, ARUS S.A.S., recyclable waste, processed cardboard, polystyrene, polyethylene.

1. Introducción

En la actualidad, la gestión sostenible de residuos sólidos se ha convertido en un pilar fundamental dentro de las estrategias de responsabilidad social y ambiental de las empresas. ARUS S.A.S., empresa perteneciente al Grupo SURA, se especializa en ofrecer soluciones tecnológicas innovadoras, liderando procesos que integran transformación digital y sostenibilidad. No obstante, en el desarrollo de sus operaciones, la compañía genera una cantidad significativa de residuos sólidos aprovechables, tales como cartón reprocesado, Poliestireno de Alto Impacto (HIPS), Poliestireno Expandido y Espuma de Polietileno. Estos materiales, empleados comúnmente como protectores en el embalaje de equipos tecnológicos nuevos, representan un desafío y, al mismo tiempo, una oportunidad para la implementación de estrategias sostenibles dentro de la organización.

A pesar de su potencial aprovechamiento y reintroducción en la cadena productiva, estos materiales han dejado de ser recogidos por la fundación CONVIDA, entidad previamente encargada de su gestión. La razón principal de esta decisión radica en que muchos de estos materiales han sido reutilizados previamente o no cumplen con los estándares necesarios para su reincorporación al ciclo productivo convencional. Como resultado, los residuos han sido clasificados como no aprovechables y enviados a disposición final en rellenos sanitarios, incrementando los costos operativos de la empresa y generando un impacto ambiental negativo. Esta situación no solo representa una carga financiera adicional para ARUS S.A.S., sino que también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero, como el CO₂, afectando el compromiso de la empresa con la sostenibilidad y la reducción de su huella de carbono. Asimismo, la producción y el manejo de materiales como el cartón reprocesado, el poliestireno y el polietileno requieren cantidades considerables de agua y materias primas, lo que contribuye a la degradación ambiental. Además, prácticas ineficientes en la gestión de residuos pueden provocar la contaminación de cuerpos de agua y suelos, afectando negativamente los ecosistemas y la biodiversidad.

En este contexto, la cooperativa COOTRAMA surge como un aliado estratégico clave, ya que cuenta con la capacidad de procesar estos materiales, dándoles una segunda vida útil y evitando su disposición en rellenos sanitarios. COOTRAMA no solo considera el cartón reprocesado como

un material aprovechable, sino también el HIPS, la Espuma de Polietileno y el Poliestireno Expandido. Esta alianza representa una oportunidad para ARUS S.A.S. de optimizar su gestión de residuos, reducir la cantidad de desechos enviados a disposición final, disminuir costos de manejo de residuos y **fomentar la economía circular** dentro de la empresa generando ingresos.

El problema de la gestión de residuos no es exclusivo de ARUS S.A.S., sino que forma parte de una problemática mayor a nivel urbano en ciudades como Medellín, Bogotá, Cali y Barranquilla, donde la generación de residuos sigue aumentando debido al crecimiento poblacional y económico (Jaramillo, 2003) . La acumulación de desechos y su inadecuada disposición generan presión sobre los sistemas de recolección y disposición final, afectando la calidad del medio ambiente y la salud pública. Por esta razón, es fundamental que las empresas implementen estrategias efectivas de reducción, reutilización y reciclaje que contribuyan a la mitigación del impacto ambiental y promuevan la sostenibilidad.

A través de la implementación de esta estrategia de aprovechamiento de residuos con COOTRAMA, ARUS S.A.S. no solo **reducirá su huella de carbono** y minimizará sus costos operativos en la gestión de residuos, sino que también podrá generar ingresos adicionales mediante la comercialización de estos materiales. Además, esta iniciativa fortalecerá la cultura organizacional orientada hacia la sostenibilidad y posicionará a la empresa como un referente en la aplicación de prácticas empresariales responsables dentro del sector tecnológico.

Por lo tanto, el presente trabajo de grado tiene como objetivo optimizar la gestión de residuos sólidos aprovechables en ARUS S.A.S., mediante su comercialización con COOTRAMA. La implementación de esta estrategia no solo impactará positivamente el desempeño ambiental de la empresa, sino que también contribuirá a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Optimizar la gestión del cartón reprocesado, el Poliestireno de Alto Impacto (HIPS) y la Espuma de Polietileno en ARUS S.A.S., con el fin de reducir su impacto ambiental, aumentar los residuos aprovechables, fomentar una cultura de sostenibilidad alineada con los principios de economía circular generando ingresos y fomentando el flujo de empaques.

2.2 Objetivos específicos

- Establecer un sistema eficiente de recolección y separación del cartón reprocesado, HIPS, Espuma de Polietileno y EPS en las áreas de almacenamiento, facilitando su reciclaje.
- Implementar programas de sensibilización y capacitación para los colaboradores, promoviendo la importancia de la gestión de residuos y la sostenibilidad ambiental.
- Fomentar la reutilización interna del cartón reprocesado como material protector para el almacenamiento de equipos y productos, extendiendo su vida útil antes del reciclaje.
- Desarrollar alianzas estratégicas con empresas especializadas en el reciclaje, como COOTRAMA, para garantizar un manejo adecuado y sostenible de los materiales aprovechables.
- Monitorear y reportar mensualmente los resultados obtenidos, incluyendo la cantidad de material reciclado, para evaluar el impacto de las iniciativas implementadas y realizar ajustes estratégicos según sea necesario.
- Establecer un sistema de monitoreo y evaluación que permita cuantificar los ingresos generados a partir de la comercialización de residuos aprovechables, identificando tendencias y oportunidades de mejora en la valorización de materiales como cartón reprocesado, poliestireno y polietileno.

3. Marco teórico

La gestión de residuos sólidos en el ámbito empresarial desempeña un papel crucial en la transición hacia modelos sostenibles. Materiales como el cartón reprocesado, el Poliestireno de Alto Impacto (HIPS), Espuma de Polietileno y Poliestireno expandido utilizados comúnmente como protectores en el embalaje de equipos tecnológicos, representan una oportunidad para implementar estrategias de economía circular que maximicen su valorización y reduzcan su disposición en rellenos sanitarios.

En Colombia, la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, formalizada en el CONPES 3874 de 2016, establece un marco para reducir el impacto ambiental de los residuos mediante prácticas de separación en la fuente, reciclaje y aprovechamiento de materiales. Este enfoque busca mitigar los efectos negativos asociados a la disposición inadecuada, como las emisiones de metano y CO₂, gases que contribuyen significativamente al cambio climático. La acumulación de residuos reciclables en rellenos sanitarios produce lixiviados y metano, un gas con un potencial de calentamiento global 80 veces mayor que el CO₂ en sus primeros 20 años de liberación (Caraballo, 2014).

Estudios recientes también han evidenciado los costos económicos y energéticos de la disposición inadecuada de materiales aprovechables. En 2019, la pérdida de papel y cartón enviados a rellenos sanitarios en Estados Unidos representó un costo de mercado de \$4 mil millones, sumado al desperdicio energético equivalente al 9 % y 4 % del consumo energético primario en el sector industrial, en términos de energía incorporada y potencial de combustión, respectivamente (Milbrandt et al., 2023). Estos datos refuerzan la importancia de optimizar la gestión de materiales reciclables, transformando residuos en activos financieros y reduciendo su impacto ambiental.

La capacitación y sensibilización sobre prácticas de reciclaje en ARUS no solo mejora la gestión adecuada de los residuos, sino que también promueve un cambio significativo en la cultura organizacional al fomentar una mayor responsabilidad ambiental entre los empleados. Casos como los de Bancolombia y Grupo Éxito en Colombia reflejan cómo la sensibilización ambiental puede fortalecer el compromiso empresarial con la sostenibilidad. Bancolombia, por ejemplo, desarrolla

iniciativas para disminuir el uso de plásticos de un solo uso y capacita a su equipo en la correcta separación de residuos, creando un ambiente laboral con mayor conciencia ambiental (BANCOLOMBIA, 2020) .De manera similar, Grupo Éxito ha implementado estaciones de reciclaje en sus puntos de venta y capacitado a su personal en la gestión de residuos, logrando reciclar más de 22.300 toneladas de material (EXITO, 2018).

3.1 Marco Normativo

Decreto 1076 de 2015:

Este decreto, parte del Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, establece la obligatoriedad de implementar prácticas de minimización, aprovechamiento y reciclaje de materiales, con énfasis en la responsabilidad empresarial. En el Capítulo 14, Sección 1 Artículo 2.2.5.14.1.9, se detallan los criterios para el manejo adecuado de residuos sólidos, incluyendo sanciones por incumplimiento. Este marco legal respalda la propuesta de ARUS para gestionar el cartón reprocesado, el HIPS, la Espuma de Polietileno y el poliestireno expandido de manera sostenible.

CONPES 3874 de 2016:

Este documento define directrices para promover la valorización de residuos mediante la economía circular. ARUS se alinea con esto, al buscar la comercialización de materiales como el cartón y la Espuma de Polietileno, reduciendo su disposición en rellenos y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

Resolución 1407 de 2018

Regula la gestión de residuos de envases y empaques, estableciendo la responsabilidad extendida del productor para asegurar la recolección y reciclaje adecuado. Aunque enfocada en envases, esta resolución aplica indirectamente al manejo del cartón reprocesado, el HIPS, la Espuma de Polietileno y el poliestireno expandido, incentivando su reutilización y reducción en los rellenos sanitarios.

ENEC (Estrategia Nacional de Economía Circular):

La ENEC, implementada por el Gobierno Nacional en 2018, establece un enfoque integral para optimizar el uso de materiales, agua y energía en los ciclos productivos y de consumo, promoviendo la sostenibilidad y la competitividad empresarial. La estrategia identifica sectores prioritarios, como el plástico y los residuos sólidos, fomentando la implementación de modelos de negocio basados en la reutilización, el reciclaje y la regeneración de recursos. ARUS adopta los principios de la ENEC al buscar la valorización de materiales como el cartón reprocesado, el poliestireno y el polietileno, alineándose con el objetivo de reducir la disposición de residuos en rellenos sanitarios y maximizar su aprovechamiento económico.

3.2 MATERIALES APROVECHADOS

3.2.1 Cartón Reprocesado.

El cartón reprocesado es un material ecológico y versátil que se obtiene a partir de la reutilización de fibras recicladas de papel y cartón. Su proceso de fabricación comienza con la recolección de cartón desechado, que luego es descompuesto en fibras. Posteriormente, estas fibras son sometidas a un proceso de limpieza para eliminar impurezas y, finalmente, se prensan y secan para formar nuevas láminas de cartón. Gracias a este procedimiento, se logra reducir la cantidad de residuos sólidos y fomentar un modelo de producción más sostenible basado en la economía circular (Area, 2017).



Figura 1. *Cartón reprocesado usado para el embalaje de equipos de cómputo. Elaboración propia. 2025*

El cartón reprocesado ofrece una serie de ventajas tanto ambientales como económicas. En términos de sostenibilidad ambiental, el reciclaje de cartón evita la necesidad de utilizar fibras vírgenes, lo que contribuye a la reducción de la deforestación y disminuye el impacto ambiental de la producción de papel. Además, su fabricación consume menos agua y energía en comparación con el cartón tradicional, permitiendo un uso más eficiente de los recursos naturales. La reutilización de materiales también disminuye la cantidad de desechos sólidos que terminan en vertederos, promoviendo una gestión más eficiente de los residuos (Caraballo, 2014). Su proceso de producción genera menos emisiones de CO₂, lo que contribuye a la lucha contra el cambio climático.

Este tipo de cartón se ha convertido en una alternativa esencial en diversas industrias debido a su resistencia y funcionalidad. Su principal propósito es ofrecer una opción ecológica frente al cartón fabricado con fibras vírgenes, ayudando así a la reducción de la deforestación y del consumo excesivo de recursos naturales. Se utiliza ampliamente en la producción de cajas de cartón corrugado para embalaje y transporte de productos, así como en materiales de embalaje que aseguran la protección de mercancías en su traslado. Además, se emplea en la fabricación de papel para escritura, impresión y cartulinas para diversos usos comerciales (Area, 2017). En la industria textil, papelería y de embalaje, es común su uso en la elaboración de tubos y conos de cartón. También se emplea en la creación de exhibidores y displays publicitarios utilizados para la

promoción de productos en puntos de venta. Cada vez más, el cartón reprocesado es incorporado en la fabricación de muebles sostenibles y elementos decorativos.

El cartón reprocesado está compuesto principalmente por fibras recicladas de papel y cartón, que constituyen su base estructural. Para mejorar su resistencia y cohesión, se incorporan aditivos y pegamentos específicos. En algunos casos, se incluyen cargas minerales como el carbonato de calcio, que aportan mayor rigidez y durabilidad. Dependiendo de su aplicación, este material puede contener tintas recicladas o recubrimientos especiales que mejoran su apariencia y resistencia, pero evitan su aprovechamiento en ocasiones. (Area, 2017)

El Poliestireno de Alto Impacto Reciclado

El HIPS es un material plástico derivado del reciclaje de productos de poliestireno post-consumo y post-industriales. Su popularidad se debe a su durabilidad, resistencia al impacto y versatilidad en diversas aplicaciones, lo que lo convierte en una opción sustentable en la industria del plástico (Rovere, Correa, Grassi, & Dal Pizzol, 2008).

El reciclaje del HIPS comienza con la recolección y clasificación de productos de poliestireno usados, como envases y carcasas electrónicas, que son separados según su composición. Luego, se procede a la limpieza del material para eliminar impurezas como adhesivos, etiquetas y residuos de alimentos. Posteriormente, el material limpio se tritura en pequeños fragmentos, los cuales son fundidos y convertidos en gránulos reutilizables. Finalmente, estos gránulos se utilizan en la fabricación de nuevos productos, como bandejas, envases y materiales de construcción. (ROJAS GONZALES, 2004)



Figura 2. *HIPS usado en embalaje. Elaboración propia 2025.*

El Poliestireno de Alto Impacto ha sido utilizado en diversas industrias durante muchos años. Su versión reciclada ha cobrado importancia debido a la creciente preocupación ambiental y a la necesidad de reducir el uso de plásticos vírgenes. En las últimas décadas, las mejoras en las tecnologías de reciclaje han permitido que el HIPS reciclado sea una alternativa viable y eficiente en términos de costo y rendimiento (Rovere, Correa, Grassi, & Dal Pizzol, 2008).

Este material reciclado es ampliamente utilizado en la fabricación de embalajes y envases, como bandejas, contenedores y vasos desechables. También se emplea en la industria electrónica para la fabricación de carcasas de dispositivos y componentes internos, así como en el sector automotriz en paneles interiores y revestimientos. Además, tiene aplicaciones en la construcción, en forma de aislantes térmicos y paneles decorativos, en la producción de juguetes y artículos de oficina, y en señalización y publicidad para carteles y displays. (ROJAS GONZALES, 2004)

El uso de HIPS reciclado conlleva múltiples beneficios. En términos de sostenibilidad, permite reducir la dependencia de plásticos vírgenes y minimizar la generación de residuos. Su

reciclaje es más económico en comparación con la producción de plástico nuevo, lo que lo convierte en una opción rentable. Además, el HIPS reciclado mantiene una alta capacidad de reciclabilidad, lo que significa que puede ser reutilizado varias veces sin perder significativamente sus propiedades. Su versatilidad y facilidad de procesamiento lo hacen ideal para diversas industrias, y su uso contribuye a la reducción de la huella de carbono al disminuir las emisiones de CO₂ en comparación con la producción de plástico virgen (Rovere, Correa, Grassi, & Dal Pizzol, 2008).

A pesar de sus beneficios, el reciclaje del HIPS presenta ciertos desafíos. El proceso puede implicar un alto consumo de energía y, en algunos casos, la calidad del material reciclado puede verse afectada en comparación con el HIPS virgen. Además, el proceso de reciclaje puede generar ciertos contaminantes y, en aplicaciones de grado alimenticio, algunos procesos no garantizan la pureza necesaria para su uso en contacto con alimentos. (ROJAS GONZALES, 2004)

Para garantizar una mayor durabilidad del HIPS reciclado, es recomendable almacenarlo en un lugar seco y fresco, limpiarlo con jabón suave y agua evitando el uso de químicos agresivos, y evitar su exposición a temperaturas extremas que puedan degradar su estructura. Además, seguir prácticas adecuadas de reutilización permite maximizar su ciclo de vida.

El HIPS puede reciclarse mediante diferentes métodos. El método mecánico consiste en la trituración y fundición del material para crear nuevos productos. En el método químico, el material se descompone en sus compuestos originales para su reutilización en nuevas formulaciones. También existe el método térmico, en el cual el material es convertido en energía mediante procesos de valorización energética controlados. (ROJAS GONZALES, 2004)

El reciclaje de este material contribuye a la reducción de residuos, evitando que grandes volúmenes de plástico terminen en vertederos. Además, su reutilización requiere menos energía en comparación con la producción de plástico virgen, lo que genera un ahorro energético significativo. La industria del reciclaje de HIPS también impulsa la generación de empleo en la recolección y procesamiento del material y favorece la conservación de recursos naturales al reducir la necesidad de extracción de petróleo para la fabricación de nuevos plásticos. Todo esto tiene un impacto positivo en la economía circular, promoviendo la reutilización y reducción de desechos en los ciclos productivos. (ROJAS GONZALES, 2004)

El HIPS representa una solución viable para disminuir el impacto ambiental del plástico. Su uso en diversas industrias refuerza la transición hacia una economía circular más sostenible. A pesar de algunos desafíos asociados a su reciclaje, su capacidad para minimizar residuos y conservar recursos lo convierte en una opción valiosa para el futuro del reciclaje de plásticos. Con el avance tecnológico y la implementación de regulaciones adecuadas, el HIPS reciclado continuará expandiendo sus aplicaciones y contribuyendo a un entorno más sustentable.

Poliestireno Expandido

El poliestireno expandido (EPS) es un material plástico espumado derivado del poliestireno, utilizado en la fabricación de envases, embalajes, elementos de construcción y productos desechables. Su proceso de producción comienza con pequeñas perlas de poliestireno que contienen un agente expansor, generalmente pentano. Al aplicar calor, estas perlas aumentan su volumen y se funden en moldes para dar lugar a las piezas finales. Este proceso le confiere al EPS características destacadas como su ligereza, capacidad de aislamiento térmico y acústico, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de impactos, lo que lo hace ideal para la protección de productos frágiles y para su uso en construcción (Arthuz López & Pérez Mora, 2019).



Figura 3. EPS usado en el embalaje de equipos de cómputo. *Elaboración propia, 2025.*

Si bien el EPS tiene múltiples aplicaciones, también presenta algunas limitaciones. Es un material inflamable, aunque existen versiones tratadas con retardantes de llama. Su fragilidad lo hace susceptible a fracturas ante impactos y presión, y es vulnerable a ciertos disolventes como la acetona y el benceno, que pueden degradarlo fácilmente. A pesar de sus propiedades aislantes y su versatilidad, el poliestireno expandido tiene un impacto ambiental considerable, ya que no es

biodegradable y puede tardar siglos en degradarse completamente. Su acumulación en ecosistemas marinos ha generado serios problemas de contaminación, ya que muchas especies lo ingieren confundándolo con alimento, lo que provoca bloqueos intestinales y, en muchos casos, la muerte de los animales afectados. Además, el EPS tiene la capacidad de absorber contaminantes químicos del agua, lo que lo convierte en un material aún más tóxico al ser ingerido por la fauna marina (Martínez López & Laines Canepa, 2013).

El reciclaje del EPS es técnicamente posible, pero su baja densidad y gran volumen dificultan su recolección y procesamiento. Aunque existen métodos como la trituración mecánica y la densificación térmica para reducir su tamaño y facilitar su transporte, las tasas de reciclaje siguen siendo bajas. En algunos países se han implementado programas de recolección específica, pero en la mayoría de los casos este material termina en vertederos o como desecho ambiental. Dependiendo de las condiciones a las que esté expuesto, su degradación puede tardar desde algunos meses hasta más de 500 años. Para su correcta disposición, es importante depositarlo en el contenedor de reciclaje correspondiente, que en muchos lugares es el destinado a envases plásticos (Lope Vichata, 2024).

Ante la problemática ambiental que representa el EPS, se han desarrollado alternativas más sostenibles como envases biodegradables a base de almidón de maíz o papa, que se degradan en un tiempo mucho menor sin generar residuos tóxicos. También se fomenta el uso de envases reutilizables y la reducción en el consumo de productos desechables. Algunas ciudades han prohibido el uso de recipientes de EPS en establecimientos comerciales, impulsando el uso de materiales reciclables o compostables. Sin embargo, el poliestireno expandido sigue teniendo un papel importante en sectores como la construcción, donde su capacidad de aislamiento térmico contribuye a la eficiencia energética de los edificios y a la reducción de emisiones contaminantes (Arthuz López & Pérez Mora, 2019).

El impacto del EPS en la salud humana también ha sido objeto de estudio. Aunque los fabricantes aseguran que los residuos de estireno en el producto final son mínimos y volátiles, existen investigaciones que lo asocian con posibles efectos nocivos en la salud reproductiva y en el sistema inmunológico. Además, cuando se quema, libera sustancias tóxicas que pueden afectar el sistema respiratorio y contribuir al efecto invernadero. En algunos informes, el poliestireno ha

sido clasificado entre los materiales cuya producción genera una gran cantidad de residuos peligrosos (Martínez López & Laines Canepa, 2013).

A pesar de sus beneficios en diversas industrias, el poliestireno expandido plantea un desafío ambiental significativo. Para mitigar su impacto, es fundamental mejorar las prácticas de reciclaje, fomentar el uso de alternativas ecológicas y reducir su consumo en aplicaciones innecesarias. La concienciación sobre su adecuado manejo y la inversión en tecnologías sostenibles son clave para minimizar su huella ecológica y avanzar hacia un modelo de consumo más responsable (Lope Vichata, 2024).

Espuma de Polietileno

La espuma de polietileno es un material ampliamente utilizado en la industria debido a sus propiedades físicas y químicas que lo hacen versátil y eficaz en diversas aplicaciones. Su popularidad radica en su capacidad para absorber impactos, amortiguar vibraciones y resistir agentes externos como el agua, la grasa y productos químicos. Además, su estructura de celdas cerradas impide la penetración de moho, hongos y bacterias, lo que refuerza su utilidad en sectores como el embalaje, la construcción, la industria automotriz y la fabricación de equipamiento deportivo (Rodríguez, 2022). No obstante, a pesar de sus múltiples beneficios, también presenta desafíos significativos en términos de reciclaje y sostenibilidad ambiental (Centro de Materiales, 2024).



Figura 4. Espuma de Polietileno usada en embalaje. Elaboración propia, 2025.

El polietileno espumado es un material sólido de estructura de celdas cerradas que se obtiene mediante la expansión con gas, lo que da lugar a una espuma ligera pero resistente. Su densidad varía entre 0,03 y 0,2 g/cm³ y puede presentar grosores que van desde los 4 hasta los 500 mm. Esta composición lo hace un material ideal para la protección de productos frágiles durante su transporte, ya que absorbe impactos y evita daños. Asimismo, su flotabilidad permite su aplicación en dispositivos de flotación y salvavidas, mientras que su resistencia térmica lo convierte en un aislante eficiente en el sector de la construcción y la industria automotriz. (España Patente nº ES 2 426 947 T3, 2008)

Existen diferentes tipos de espuma de polietileno, cada una con características específicas que determinan su uso. La espuma de polietileno extruido es un tipo de espuma de celdas cerradas, pero no reticulada, que se emplea principalmente en el embalaje debido a su ligereza y durabilidad (Rodríguez, 2022). Por otro lado, la espuma de polietileno reticulado es más resistente gracias a su estructura molecular modificada durante el proceso de fabricación. Esta variante presenta una estructura de celdas más pequeñas y cerradas que le confieren una mayor estabilidad, resistencia a productos químicos y a condiciones climáticas extremas, lo que la hace ideal para aplicaciones en la industria automotriz, la construcción y la fabricación de colchones y suelas de calzado. (Bawareth, y otros, 2022).

A pesar de sus ventajas, la espuma de polietileno presenta algunas desventajas. Su fabricación y procesamiento demandan tiempo y recursos, lo que puede incrementar su costo en comparación con otras espumas industriales. Dependiendo de su formulación, algunas variantes pueden ser susceptibles a la ruptura o el desgaste con el tiempo. Además, aunque el polietileno espumado no es tóxico en su estado sólido, en condiciones de combustión puede emitir humos perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Esto implica que su uso en determinadas aplicaciones requiere un manejo adecuado y consideraciones de seguridad adicionales (Rodríguez, 2022).

Uno de los mayores desafíos que enfrenta la espuma de polietileno es su reciclaje. A pesar de ser un material reutilizable, su bajo peso y gran volumen dificultan su recolección y transporte, lo que limita su aprovechamiento en muchas regiones. La gestión inadecuada de este material puede generar contaminación ambiental significativa, ya que su degradación es extremadamente lenta, tardando cientos de años en descomponerse en la naturaleza. Durante este proceso, se fragmenta en microplásticos que contaminan suelos y cuerpos de agua, afectando la biodiversidad y entrando en la cadena alimenticia. Esto representa una amenaza para la fauna marina, que puede confundir los fragmentos de espuma con alimento, provocando asfixia, obstrucciones digestivas y la introducción de sustancias tóxicas en su organismo (Rodríguez, 2022).

A pesar de estos inconvenientes, el reciclaje de la espuma de polietileno ofrece oportunidades valiosas para reducir su impacto ambiental y fomentar la economía circular. Existen procesos industriales que permiten su compactación y transformación en nuevos productos, como muebles, aislantes térmicos y marcos de cuadros. Sin embargo, la falta de infraestructura especializada y los costos asociados a la recolección y procesamiento de este material siguen siendo barreras significativas. Para mejorar la sostenibilidad de la espuma de polietileno, es necesario que gobiernos, empresas y la sociedad trabajen en conjunto para implementar estrategias de reciclaje efectivas. Esto puede incluir la creación de puntos de acopio, incentivos económicos para su reutilización y el desarrollo de nuevas tecnologías que faciliten su procesamiento.

Separación en la Fuente

La separación en la fuente es un proceso esencial para la correcta gestión de los residuos sólidos, ya que permite su clasificación y aprovechamiento eficiente. Este procedimiento consiste

en dividir los residuos en distintas categorías desde el momento en que se generan, facilitando su reciclaje y reduciendo la cantidad de desechos que terminan en rellenos sanitarios. La falta de una adecuada separación impacta negativamente en el medio ambiente, aumenta la contaminación y limita las posibilidades de reutilización y reciclaje de materiales valiosos. La separación en la fuente, además de contribuir a la sostenibilidad ambiental, es un factor clave para mejorar la eficiencia del manejo de residuos y reducir los costos asociados a su disposición final (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, 2022).

La importancia de la separación en la fuente radica en su papel dentro de la economía circular, un modelo que busca reducir el desperdicio y maximizar el aprovechamiento de los materiales. A través de este sistema, se minimiza la explotación de recursos naturales y se promueve el uso eficiente de los materiales reciclados en nuevos ciclos productivos. En países como Colombia, la separación en la fuente se ha convertido en una estrategia fundamental dentro de la política ambiental y de gestión de residuos, enmarcada en la Estrategia Nacional de Economía Circular (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, 2022).



Figura 5. Código de colores, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2025.

El cartón reprocesado es un material reciclable derivado del papel y cartón usados, que puede ser transformado en nuevos productos, reduciendo la demanda de pulpa de madera. Para su correcto reciclaje, debe estar limpio y seco, libre de adhesivos, grapas o residuos orgánicos. Separarlo adecuadamente contribuye a disminuir la tala de árboles y el consumo de agua y energía

en la industria papelera. Su incorporación en la cadena de reciclaje permite la fabricación de productos como cajas, empaques, material de oficina y papel higiénico, lo que reduce significativamente el impacto ambiental asociado a su producción desde materia prima virgen.

El Poliestireno de Alto Impacto (HIPS) y la Espuma de Polietileno son otros materiales cuya separación y reciclaje pueden contribuir a la reducción de residuos plásticos en el ambiente. Estos materiales, aunque presentan desafíos en su recolección y procesamiento, pueden ser reutilizados en la fabricación de nuevos productos, reduciendo la generación de residuos plásticos y promoviendo su aprovechamiento en cadenas productivas especializadas. La existencia de programas de recolección y reciclaje de plásticos es fundamental para evitar que estos materiales terminen en rellenos sanitarios o en ecosistemas naturales, donde pueden tardar siglos en degradarse.

A pesar de los beneficios de la separación en la fuente, su implementación efectiva enfrenta diversos desafíos. La falta de conciencia ciudadana y educación ambiental dificulta la adopción de hábitos adecuados de clasificación de residuos en los hogares y empresas. Además, la infraestructura para la recolección selectiva y el reciclaje a menudo es insuficiente, lo que limita las posibilidades de aprovechamiento de los materiales recuperados. Para superar estos obstáculos, es fundamental el fortalecimiento de políticas públicas, la inversión en tecnologías de reciclaje y la promoción de la participación de la sociedad en la gestión sostenible de los residuos. (Ortega, Marín Maldonado, & Castro, 2021).

La separación en la fuente es una estrategia clave para la gestión sostenible de los residuos sólidos. Materiales como el cartón reprocesado, el HIPS y la espuma de polietileno pueden ser reciclados si se manejan adecuadamente desde su origen. Implementar prácticas responsables en la separación de residuos no solo contribuye a la reducción del impacto ambiental, sino que también fortalece la economía circular y promueve una cultura de sostenibilidad. La transición hacia una economía más sostenible requiere el compromiso de todos los sectores de la sociedad, desde los ciudadanos hasta las instituciones públicas y privadas, para garantizar un futuro en el que los recursos sean utilizados de manera responsable y eficiente (DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN, 2022).

4. Metodología



Figura 6. Ubicación Arus S.A.S dentro del complejo industrial AMTEX (ITAGUI). Fuente Google Earth 2025.

El proyecto tuvo desarrollo en la sede ARUS de Itagüí, dicha sede es el Centro de Operaciones de la compañía. Está ubicada en el complejo industrial Amtex, (Calle 46 No. 41 - 69 Complejo Industrial Amtex Bloque B1), cercano al centro comercial Mayorca, al Río de Medellín y aledaño al municipio de Sabaneta.

El enfoque cuantitativo fue el eje principal para el desarrollo de esta práctica, permitiendo medir de manera precisa el impacto económico mediante el seguimiento de facturas de compra y ambiental de las estrategias implementadas en la gestión de residuos sólidos aprovechables en ARUS S.A.S. Las actividades realizadas se estructuraron en diferentes fases, cada una diseñada para recopilar y analizar datos concretos que facilitaran la toma de decisiones basada en evidencia.

4.1 Diagnóstico inicial y recopilación de datos:

En esta primera fase, se realizó un levantamiento de información para identificar:

4.1.1 Volumen de residuos generados:

Se cuantificaron las cantidades de cartón reprocesado, Poliestireno de Alto Impacto (HIPS) y Espuma de Polietileno generadas mensualmente en las instalaciones de ARUS S.A.S. mediante pesajes semanales utilizando una balanza industrial.

4.1.2 Costos asociados:

Se revisaron los registros financieros relacionados con la disposición de residuos no aprovechables gestionados por ServiAseo Itagüí, identificando un costo promedio mensual de \$687,400 asociado a su manejo.

4.1.3 Ingreso potencial:

Se analizó la viabilidad económica de la comercialización de los residuos aprovechables con COOTRAMA, que paga \$160 por kilogramo de cartón reprocesado y otros materiales.

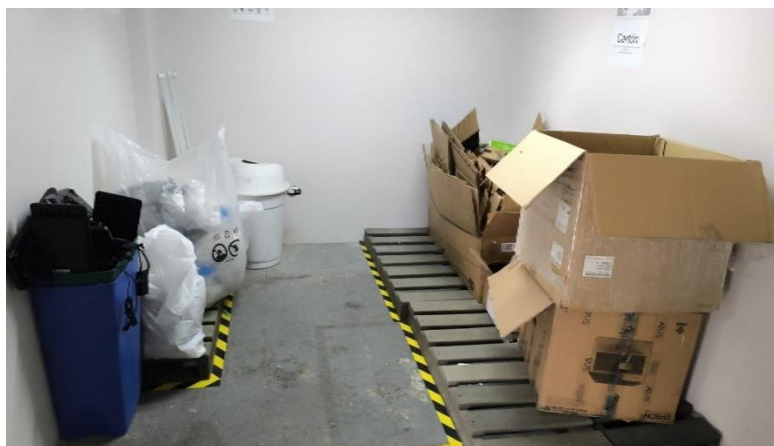
Los datos fueron obtenidos a partir del seguimiento de indicadores de la empresa, complementados con la cotización enviada por Cootrama donde se detalla el costo de cada material. Se calculó un ingreso aproximado de \$100.000 pesos colombianos al mes.

4.2 Diseño e implementación del sistema de recolección y comercialización

Una vez completado el diagnóstico, se diseñó e implementó un sistema eficiente de separación, recolección y comercialización de materiales aprovechables:

4.2.1 Estaciones de separación:

Se establecieron puntos de recolección específicos en áreas de almacenamiento y operación, asignando costales y contenedores diferenciados para el cartón reprocesado, el HIPS, la Espuma de Polietileno y el poliestireno expandido.



***Figura 7.** Acopio de recolección. Elaboración propia 2025.*

4.2.2 Logística de recolección:

Se definieron horarios para el traslado de los materiales desde las estaciones hasta las áreas de pesaje y almacenamiento temporal, así, todos los días en horas de la mañana se traslada el material aprovechable a la bodega de almacenamiento y allí dependiendo del volumen del material procesado se agenda una recolección semanal o en algunos casos dos.

4.2.1 Comercialización:

Los residuos segregados fueron vendidos mensualmente a COOTRAMA, registrando los ingresos generados por cada tipo de material.

4.3 Monitoreo y análisis mensual

Esta fase fue fundamental para garantizar la efectividad del proyecto y evaluar su impacto:

4.3.1 Registro de datos:

Se documentaron las cantidades recolectadas y comercializadas, utilizando hojas de cálculo para registrar los ingresos generados y calcular el porcentaje de reducción en los residuos no aprovechables.

4.3.2 Análisis económico:

Se calculó el ahorro obtenido por la reducción de residuos enviados al relleno sanitario, contrastándolo con los ingresos obtenidos de la comercialización.

4.4 Evaluación de resultados y ajustes estratégicos

4.4.1 Comparación con los objetivos iniciales:

Los datos recopilados fueron analizados para determinar si se cumplían las metas planteadas, como el aumento en los ingresos por materiales aprovechables.

4.4.2 Optimización del sistema:

Con base en los hallazgos, se realizaron ajustes en la logística de recolección y almacenamiento, como el periodo de recolección de los materiales al interior de las instalaciones, maximizando la eficiencia del proceso.

4.4.3 Herramientas empleadas

- **Balanza industrial:** Para medir las cantidades recolectadas.



Figura 8. Balanza Industrial usada para el peso del material aprovechable, Elaboración Propia 2025.

- **Microsoft Excel:** Para realizar registros de indicadores de ingresos económicos y pesaje de material aprovechable.

5. Análisis de resultados

En el contexto actual de sostenibilidad y gestión responsable de residuos, las empresas enfrentan el desafío de reducir su impacto ambiental mediante estrategias de reciclaje y aprovechamiento de materiales. La transición hacia modelos de economía circular no solo responde a la necesidad de minimizar la generación de desechos, sino que también abre oportunidades para optimizar recursos y generar beneficios económicos a partir de materiales que antes eran descartados. En este sentido, la forma en que las organizaciones gestionan sus residuos influye directamente en su desempeño ambiental, su eficiencia operativa y su compromiso con la sostenibilidad (Valdés López, López Bastida, & Alonso Aguilera, 2019).

ARUS, en su búsqueda por mejorar la disposición y valorización de sus residuos aprovechables, implementó un cambio significativo en su sistema de gestión de residuos sólidos partir de enero. Este ajuste estratégico no solo ha modificado la manera en que se manejan ciertos materiales, sino que también ha permitido incluir en el proceso de reciclaje elementos que anteriormente eran enviados a rellenos sanitarios. La ampliación del espectro de materiales gestionados marca un hito en la optimización de los procesos de aprovechamiento, alineándose con prácticas más sostenibles y eficientes (Cerón Dávalos & Beltrán Hincapié, 2024).

El presente análisis detalla los resultados obtenidos tras esta transición, haciendo énfasis en los beneficios ambientales y económicos derivados de la incorporación de nuevos materiales al sistema de reciclaje. A través de un enfoque basado en datos concretos sobre los volúmenes recolectados y valorizados, se evidencia cómo la nueva estrategia ha permitido a ARUS transformar residuos considerados problemáticos en recursos valiosos. Esto no solo contribuye a la reducción de la carga ambiental asociada a la disposición final de los desechos, sino que también refuerza el compromiso de la empresa con un modelo de producción y consumo más responsable.

El cambio en la disposición de residuos aprovechables, al pasar de una empresa a otra en enero, ha traído consigo una transformación significativa en la forma en que ARUS gestiona y valoriza sus materiales reciclables. Bajo la gestión de la anterior empresa, materiales como el

poliestireno expandido (icopor), la espuma de polietileno (en las facturas de COOTRAMA policolor), el cartón reprocesado y el poliestireno de alto impacto (HIPS) no eran incorporados dentro del sistema de reciclaje. Esto resultaba en la disposición final de estos residuos en rellenos sanitarios, lo que implicaba no solo la pérdida de recursos potencialmente aprovechables, sino también un aumento de la carga ambiental asociada al manejo inadecuado de estos materiales. En la **Figura 9** se observa cómo, entre agosto y diciembre de 2024, el peso de los residuos aprovechables reciclados fluctuaba entre 350 y 450 kg mensuales. Sin embargo, tras el cambio de proveedor en enero de 2025, se evidenció un incremento significativo, en el primer mes, el peso aumentó en 100 kg, y en el segundo mes de implementación de esta estrategia, el crecimiento fue aún más notable, alcanzando casi el triple del valor promedio del año anterior y obteniendo un total de 1.206 kg en febrero de 2025.

Este notable incremento sugiere que en ARUS se estaban dejando de aprovechar aproximadamente 316 kg/mes de residuos reciclables mensuales en comparación con los valores promediados en 2024. Estos datos reflejan la efectividad del nuevo proveedor y ponen en evidencia una oportunidad de mejora en la gestión de residuos previos al cambio, lo que resalta la importancia de optimizar continuamente las estrategias de reciclaje.



Figura 9. Registro de Residuos aprovechables por mes en ARUS S.A Elaboración propia 2025.

Con la transición a COOTRAMA, ARUS ha logrado incluir estos residuos en su estrategia de valorización, ampliando el espectro de materiales gestionados. Esto no solo ha permitido que estos residuos sean aprovechados de manera eficiente, sino que también ha generado ingresos adicionales para la empresa (**Tabla 1**). A modo de ejemplo, en enero se recolectaron 30 kg y 53 kg de cartón reprocesado en las dos fechas de acopio registradas, volúmenes que anteriormente se consideraban como desecho. Estos 83 kg, bajo la tarifa ofrecida por COOTRAMA, representaron un ingreso de \$13.280 para ARUS, un beneficio económico que antes no existía, que, aunque es poco, se deja de llevar al relleno sanitario este material.

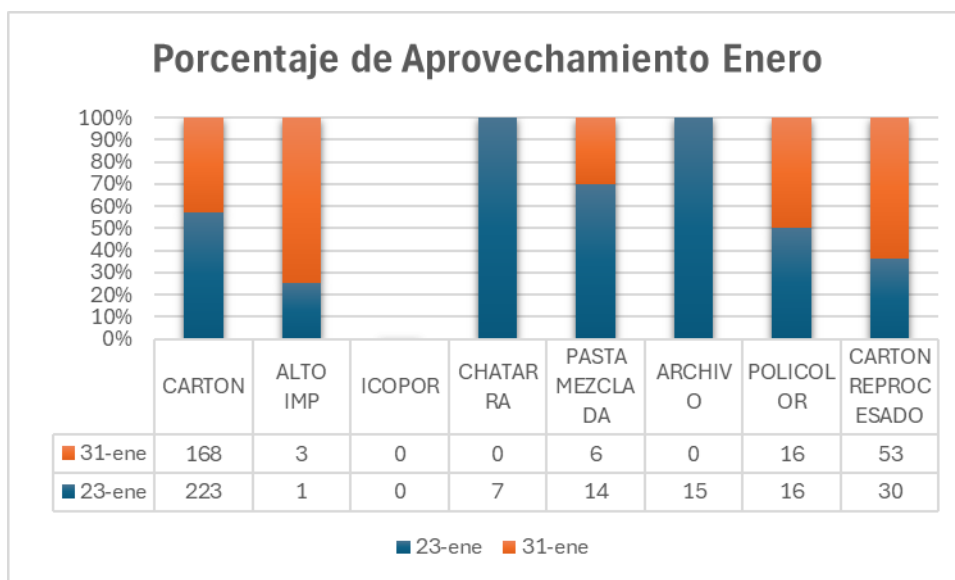


Figura 10. Porcentaje de aprovechamiento de cada material en enero. Elaboración propia 2025.

Uno de los materiales que ahora forma parte de este proceso de aprovechamiento es el poliestireno expandido (Icopor), conocido por ser altamente voluminoso y de difícil biodegradación. Su acumulación en los rellenos sanitarios representa un problema ambiental significativo, ya que ocupa grandes volúmenes sin descomponerse fácilmente, lo que contribuye a la saturación de estos espacios. A partir de febrero de 2025, ARUS implementó su gestión diferenciada, logrando recuperar 40 kg en el mes de febrero. Aunque en términos de peso estos valores puedan parecer bajos, su gran volumen dificulta tanto el almacenamiento como su transporte y procesamiento (Vergara Mejía, 2022).

Anteriormente, el Icopor era tratado como un desecho sin posibilidad de reutilización dentro de la organización, lo que aumentaba su impacto negativo en el ambiente. Sin embargo, con

la implementación de esta nueva estrategia, ahora se integra en un ciclo de aprovechamiento, lo que no solo reduce la cantidad de residuos enviados a los rellenos sanitarios, sino que también fomenta la economía circular. Este cambio permite que el material sea transformado en nuevos productos o insumos para diferentes industrias, minimizando así su huella ecológica y promoviendo prácticas más sostenibles dentro de la organización.

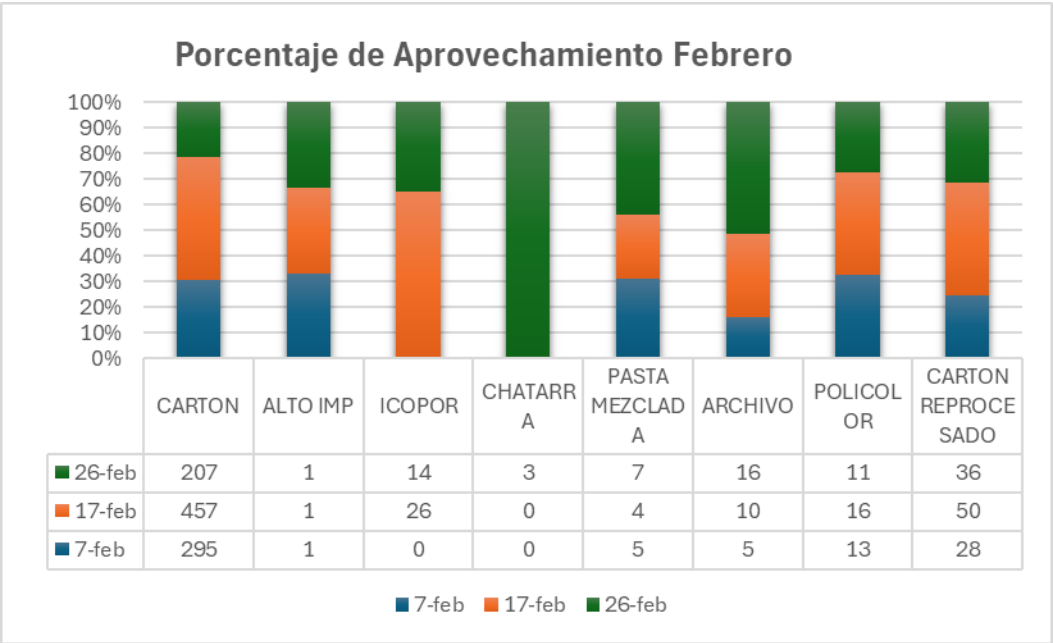


Figura 11. Porcentaje de aprovechamiento de cada material en Febrero. Elaboración propia, 2025.

Además, la inclusión de materiales como la espuma de polietileno (policolor), que registró volúmenes entre de 11 kg a 16 kg por recolección **Figura 11**. La espuma de polietileno al tener una baja densidad tal y como ocurre con el Icopor necesita grandes volúmenes para alcanzar un peso considerable, dificultando así su almacenamiento y transporte.

En términos cuantitativos, durante el mes de febrero se observó un aumento considerable en los volúmenes totales gestionados. En las tres fechas de recolección (7, 17 y 26 de febrero), se lograron acopiar 28 kg, 50 kg y 36 kg de cartón reprocesado, respectivamente. Este incremento evidencia cómo COOTRAMA ha establecido un sistema eficiente de recolección y valorización, permitiendo que materiales previamente considerados como desperdicio ahora generen valor económico y ambiental. Si extrapolamos este enfoque al resto del año, ARUS podría estar

desviando de los rellenos sanitarios cientos de kilogramos de materiales que antes no eran aprovechados.

Por otro lado, el cartón convencional, uno de los principales residuos aprovechables generados por la empresa, también experimentó una gestión más eficiente, con volúmenes significativos de 295 kg, 457 kg y 207 kg en las tres fechas de febrero. Este material, junto con el cartón reprocesado, representa una oportunidad económica destacada, al tiempo que contribuye a la preservación de recursos naturales al evitar la necesidad de fabricar nuevos productos a partir de materias primas vírgenes (Durán Romero, 2021).

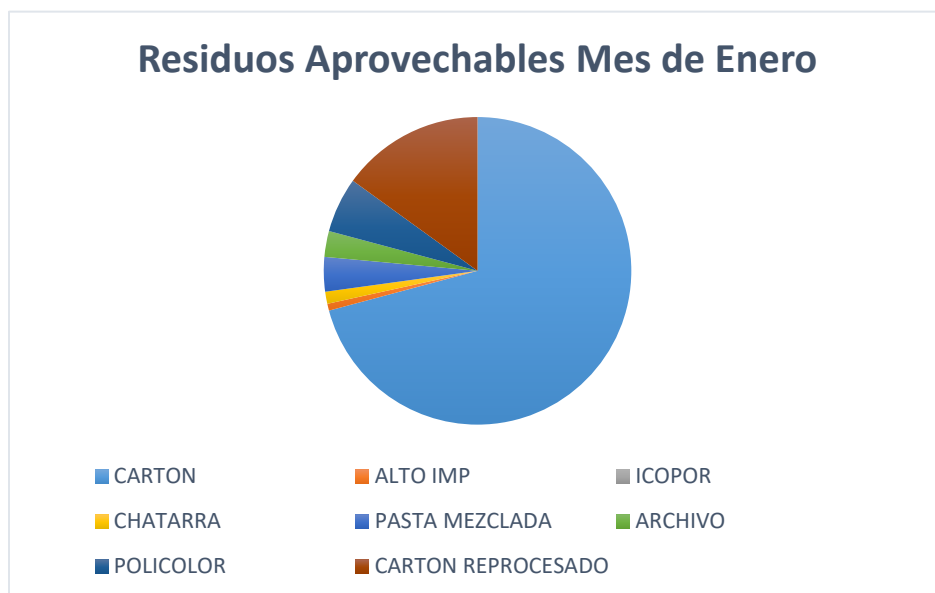


Figura 12. Porcentaje de materiales aprovechables en el mes de enero del año 2025, elaboración propia.

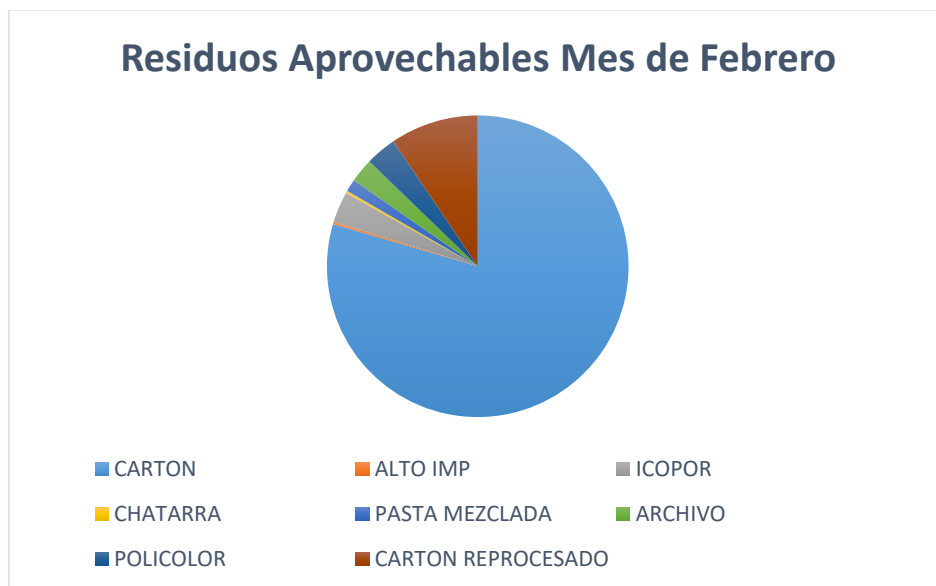


Figura 13. Porcentaje de Materiales Aprovechables mes de Febrero del año 2025, elaboración propia.

En la **Tabla 1** podemos observar en términos económicos, los ingresos obtenidos durante enero y febrero sumaron \$547.967, con una distribución de \$182.504 en enero y \$365.463 en febrero. Estos resultados evidencian el impacto positivo de la nueva gestión, destacando el potencial de esta estrategia no solo para generar ingresos, sino también para contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental al reducir la presión sobre los rellenos sanitarios (Durán Romero, 2021).

Tabla 1. Ingresos por recolección en mes de enero y febrero del año 2025.

MES	FECHA DE RECOLECCION	TOTAL VENTA	INGRESOS TOTALES POR MES	INGRESOS TOTALES
ENERO	23/01/2025	\$ 113,361	\$ 182,504	\$ 547,967
	31/01/2025	\$ 69,143		
FEBRERO	7/02/2025	\$ 107,781	\$ 365,463	
	17/02/2025	\$ 167,567		
	26/02/2025	\$ 90,115		

En conclusión, este cambio de enfoque en la gestión de residuos ha demostrado ser altamente beneficioso tanto en términos económicos como ambientales. La transición a COOTRAMA ha permitido transformar residuos en recursos, fomentando una cultura de sostenibilidad dentro de la organización y contribuyendo al cumplimiento de los objetivos ambientales de ARUS.

6. Conclusiones y recomendaciones

La adopción de la estrategia de economía circular en ARUS S.A.S. representó un avance significativo en la optimización de la gestión de residuos aprovechables, alineándose con los principios de la Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC). Este enfoque permitió incorporar al proceso de reciclaje materiales que previamente eran descartados, como el cartón reprocesado, el poliestireno expandido (EPS o Icopor) y la espuma de polietileno, maximizando el valor agregado de estos recursos.

A través de la colaboración con COOTRAMA y con un modelo basado en la eficiencia del uso de los recursos, se logró reducir considerablemente los residuos enviados a disposición final, promoviendo el uso circular de los materiales dentro de la empresa. Este cambio no solo contribuyó al cumplimiento de los objetivos planteados, sino que también fortaleció la innovación en la gestión de desechos, demostrando el compromiso de ARUS con un desarrollo sostenible que respeta la capacidad de recuperación de los ecosistemas.

En términos cuantitativos, la cantidad de residuos reciclados aumentó considerablemente. Mientras que en 2024 los volúmenes fluctuaban entre 350 y 450 kg mensuales, en febrero de 2025 se logró recolectar más de 1.200 kg de materiales aprovechables. Este crecimiento no solo demostró que había un potencial desaprovechado en la gestión anterior, sino que también evidenció la efectividad del nuevo modelo implementado. Además, la comercialización de estos residuos generó ingresos adicionales para la empresa, alcanzando aproximadamente \$550.000 en los dos primeros meses de aplicación de la estrategia. Si bien este monto no representa una fuente de financiamiento principal, sí contribuirá mitigar costos operativos asociados a la disposición final de los residuos y a proyectos ambientales en la compañía.

Desde el punto de vista ambiental, la iniciativa permitió disminuir la huella ecológica de la empresa al reducir la cantidad de materiales de difícil degradación enviados a los rellenos sanitarios. La inclusión del poliestireno expandido y la espuma de polietileno en el proceso de reciclaje marcó una diferencia clave, dado que estos materiales suelen presentar grandes desafíos en su disposición. Con su recuperación y valorización, ARUS S.A.S. avanzó en la consolidación de una economía circular dentro de sus operaciones, alineándose con los principios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Otro aspecto relevante fue el impacto positivo en la cultura organizacional. La estrategia promovió la sensibilización de los colaboradores mediante capacitaciones en la importancia de la separación en la fuente, lo que mejoró la eficiencia del proceso y fortaleció el compromiso ambiental dentro de la empresa.

Para dar continuidad a esta iniciativa y fortalecer los resultados obtenidos, se recomienda seguir optimizando el programa de separación en la fuente mediante estrategias de educación ambiental dirigidas a los colaboradores. Asimismo, es fundamental explorar nuevas alianzas con empresas de reciclaje que permitan ampliar la cantidad de materiales valorizados y mejorar las condiciones económicas de su comercialización.

A futuro, sería beneficioso evaluar la posibilidad de invertir en tecnologías especializadas para la compactación y procesamiento de materiales de baja densidad como el (EPS) Icopor y la espuma de polietileno, ya que su gran volumen dificulta su almacenamiento y transporte. Además, se sugiere expandir la estrategia a otras sedes de ARUS S.A.S. para maximizar su impacto y replicar los beneficios ambientales y económicos obtenidos en la sede de Itagüí.

Finalmente, un seguimiento continuo de los resultados a través de indicadores de desempeño permitirá realizar ajustes estratégicos y mejorar la eficiencia del modelo de aprovechamiento. Con estas acciones, ARUS S.A.S. podrá consolidarse como un referente en la gestión sostenible de residuos dentro del sector tecnológico, reforzando su compromiso con la reducción del impacto ambiental y la generación de valor a partir de la economía circular.

Referencias

- Area, M. C. (2017). El reciclado en la fabricación de papel y cartón (La Revista del Corrugado). *ResearchGate*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/322916778_El_reciclado_en_la_fabricacion_de_papel_y_carton_La_Revista_del_Corrugado
- Arthuz López, L., & Pérez Mora, W. (2019). Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial. *Servicio Nacional de Aprendizaje SENA*. doi:<https://doi.org/10.23850/22565035.1638>
- BANCOLOMBIA. (2020, Diciembre 21). *Bancolombia*. Retrieved from Bancolombia : <https://www.bancolombia.com/acerca-de/sala-prensa/noticias/responsabilidad-social-ambiental/bancolombia-entregara-las-primeras-1000-tarjetas-fabricadas-a-base-de-pvc-reciclado#:~:text=Cerca%20de%201.000%20clientes%20de%20Bancolombia%20recibir%20las,a%20>
- Bawareth, M., Weiheng, X., Dharneedar, R., Yuxiang, Z., Sayli, J., Fonseca, N., . . . Song, K. (2022). Crosslinked Polyethylene (XLPE) Recycling via Foams.
- Caraballo, A. M. (2014). IMPACTOS SOCIALES Y AMBIENTALES GENERADOS POR LA OPERACIÓN DEL RELLENO.
- Centro de Materiales. (2024). *Espuma de Polietileno biodegradable*. Retrieved from Fundación Universitaria de Bogotá Jorge Tadeo Lozano: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/34385>
- Cerón Dávalos, H., & Beltrán Hincapié, Y. L. (2024, 08 30). Estrategia para mejorar la gestión de residuos aprovechables priorizados, basada en principios de economía circular, para el Centro Comercial Unicentro. (U. A. Occidente, Ed.) *Universidad Autónoma de Occidente*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/10614/15836>
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. (2022). *Guía Nancional Para la Adecuada Separación de Residuos Solidos*. Retrieved from https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/Guia_Residuos%20Solidos_Digital.pdf
- Durán Romero, G. (2021). Impactos económicos de la Economía Circular. *ResearchGate*. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/352258760_Impactos_economicos_de_la_Economia_Circular

- EXITO, G. (2018, Abril 23). *Caracol Radio*. Retrieved from Grupo Exito: https://caracol.com.co/emisora/2018/04/23/medellin/1524492533_149476.html
- Jaramillo, J. (2003). Efectos de una inadecuada gestión de residuos. *Universidad de Antioquia*.
- Lope Vichata, M. A. (2024). Elaboración de Barniz Sostenible con Poliestireno Expandido y D-Limoneno de la Cascara Naranja. *Revista Veritas de Difusão Científica*. doi:<https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i3.265>
- Martínez López, C., & Laines Canepa, J. R. (2013). Poliestireno expandido (eps) y su problemática ambiental. *Revista de Divulgación Académica de Ciencias Biológicas*.
- Ortega, A. T., Marín Maldonado, D. F., & Castro, N. E. (2021). Problemas de la Generación, Disposición y Tratamiento de los Residuos Sólidos en el Municipio de Quibdó, Colombia. *REVISTA PRODUCCIÓN + LIMPIA—Vol. 16 No 2*.
- Rodríguez, J. . (2022). Nuevas oportunidades del polietileno reciclado para la transición hacia una Economía Circular. (U. R. Carlos, Ed.) *Universidad Rey Juan Carlos*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10115/18856>
- Roelof Franciscus Gerardus, M. D., Pratip, S., KristHendrikus, J. M., & Ruinaard, P. (2008). *España Patent No. ES 2 426 947 T3*.
- ROJAS GONZALES, D. (2004). RECICLAJE Y APROVECHAMIENTO DE POLIESTIRENO. *Universidad Nacional*.
- Rovere, J., Correa, C., Grassi, V., & Dal Pizzol, M. (2008). Caracterización morfológica del poliestireno de alto impacto (HIPS). doi:<https://doi.org/10.1590/S0104-14282008000100007>
- Valdés López, A., López Bastida, E. J., & Alonso Aguilera, A. (2019, 09). Gestión de residuos industriales y sostenibilidad. Necesidad de un enfoque de economía ecológica. *SciELO - Scientific Electronic Library Online*. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202019000400424&script=sci_arttext&tlng=en
- Vergara Mejía, G. E. (2022). La Gestión Integral de Residuos Sólidos con enfoque en la Sostenibilidad Ambiental dentro de la Fundación Socya. *Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria*. Retrieved from <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/6040>