	<b>GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS</b>		<b>CÓDIGO</b>	FO-GS-15	
			<b>VERSIÓN</b>	02	
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>			<b>FECHA</b>	03/04/2017
				<b>PÁGINA</b>	1 de 78
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad	

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): DUBAN FELIPE \_\_\_\_\_ APELLIDOS: CORREDOR GODOY

FACULTAD: INGENIERIAS \_\_\_\_\_

PLAN DE ESTUDIOS: \_INGENIERIA MECANICA\_  
\_\_\_\_\_

DIRECTOR: \_CARLOS HUMBERTO \_\_\_\_\_ APELLIDOS: \_ACEVEDO PEÑALOZA \_\_\_\_\_

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): PROPUESTA DE RECICLAJE MECÁNICO DE PLÁSTICOS  
EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, NORTE DE SANTANDER

#### RESUMEN

El siguiente proyecto consiste en una propuesta de reciclaje mecánico para el municipio de Villa del Rosario. Los plásticos son recuperados y comercializados por asociaciones de recicladores donde solo el 8% realiza procesos de transformación lo demás es enviado principalmente al municipio de Cúcuta. La propuesta se basa en los datos proporcionados por la Secretaria de Vivienda y medio ambiente del municipio. En sus datos informa una producción mensual de 65,6 Toneladas de plástico Pet, y de alta y baja densidad, obteniendo una producción perca pita (PPC) de 0,02 Kg\*persona/día. Con estos datos se procedió a calcular la capacidad de producción para cada tipo de máquina y así seleccionar la indicada en cada proceso. El estudio de rentabilidad arrojó un 27% en el primer año con una utilidad de 500 millones de pesos anual.

PALABRAS CLAVES: Reciclaje, producción perca pita, PET, HDPE, PEBD

PÁGINAS: 78      PLANOS: 1      ILUSTRACIONES: 26      CD ROOM: \_\_\_\_

PROPUESTA DE RECICLAJE MECÁNICO DE PLÁSTICOS EN EL MUNICIPIO DE VILLA  
DEL ROSARIO, NORTE DE SANTANDER

DUBAN FELIPE CORREDOR GODOY

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECANICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

PROPUESTA DE RECICLAJE MECÁNICO DE PLÁSTICOS EN EL MUNICIPIO DE VILLA  
DEL ROSARIO, NORTE DE SANTANDER

DUBAN FELIPE CORREDOR GODOY

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Mecánico

Director

Ph.D. CARLOS HUMBERTO ACEVEDO PEÑALOZA  
Ingeniero mecánico

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECANICA

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

**FECHA:** CÚCUTA, 18 DE NOVIEMBRE 2022  
**HORA:** 08:00 A.m.  
**LUGAR:** AULA DISEÑO MECÁNICO DM 201 UFPS  
**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA MECÁNICA

**TÍTULO:** "PROPUESTA DE RECICLAJE MECÁNICO DE PLÁSTICOS EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, NORTE DE SANTANDER."

**Jurados:** ING. GERMAN ADOLFO JABBA CASTAÑEDA  
ING. JORGE EDUARDO GRANADOS GRANADOS

**Director:** ING. CARLOS HUMBERTO ACEVEDO PEÑALOZA

Nombre del estudiante	Código	Calificación	
		Letra	Número
DUBAN FELIPE CORREDOR GODOY	1120926	Cuatro, Dos	4.2

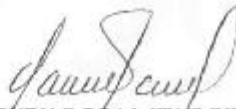
### APROBADA



ING. GERMAN ADOLFO JABBA CASTAÑEDA



ING. JORGE EDUARDO GRANADOS G.



Vo.Bo GONZALO DE LA CRUZ ROMERO GARCÍA  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Mecánica

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Introducción	12
1. Problema	15
1.1. Título	15
1.2.Planteamiento del problema	15
1.2.1.Formulación del problema	16
1.3. Justificación	16
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2.Objetivos específicos	17
2. Marco referencial	18
2.1. Antecedentes	18
2.2.Marco Teórico	20
2.2.1. Breve historia del plástico	20
2.2.2. Plástico	21
2.2.2.1. Tipos de plásticos	22
2.2.2.2. Termoplásticos	23
2.2.2.3. Plásticos degradables, biodegradables y compostables	25
2.2.3. Industria del plástico en Colombia	28
2.2.4. Reciclaje	30
2.2.5. Reciclaje de plástico	30
2.2.5.1. Reciclaje Mecánico	31
2.3. Marco conceptual	33

2.4. Marco contextual	34
2.4.1. Generalidades	34
2.4.2. Economía	35
2.5. Marco Legal	36
3. Diseño metodológico	36
3.1. Tipo de investigación	37
3.2. Universo y Muestra	37
3.3. Instrumentos para la recolección de datos	37
3.4. Etapa y desarrollo de las actividades	37
3.5. Tabulación y análisis de los resultados	38
3.6. Técnicas de análisis y procedimientos de la información	38
4. Diagnóstico del reciclaje de plásticos en el municipio de Villa del Rosario	38
4.1. Caracterización de bodegas de reciclaje del Municipio de Villa del Rosario	39
4.1.2. Bodegas censadas	39
4.1.3. Cantidad de material	40
4.1.4. Proceso de transformación	41
4.1.5. Precio promedio del material	42
4.1.6. Comercialización de los materiales recuperados	43
4.2. Información relevante para el desarrollo del proyecto	44
4.2.1. Cantidad y precio del material plástico reciclado	44
4.2.2. Producción perca pita (PPC) de plásticos	45
4.3. Gestión de residuos sólidos en Villa del Rosario	46
4.4. Proceso de reciclaje	47

4.5. Mercado actual	49
5. Datos tecno económicos del proyecto	49
5.1. Materiales plásticos a procesar	49
5.2. Cálculos de capacidad requerida por maquinaria	50
5.3. Precios	51
5.4. Selección de maquinaria	52
5.4.1. Empresa elegida para la selección de maquinaria	54
5.4.2. Características técnicas de los equipos	55
5.5. Inversión	60
5.5.1. Inversión en maquinaria	60
5.6. Capacidad	61
5.7. Ingresos	61
5.8. Egresos	62
5.8.1. Egresos por materia prima	62
5.8.2. Egresos por mano de obra	63
5.8.3. Egresos por servicios	65
6. Rentabilidad del Proyecto	66
6.1. Introducción	66
6.2. Consideraciones generales del “Método que considera el valor del dinero en el tiempo”	67
6.2.1. Valor Actual Neto (VAN)	67
6.2.2. Tasa Interna de Rendimiento (TIR)	68
6.2.3. Costo Beneficio	69
6.2.4. Criterio de Aceptación	70

6.3.Calculo de la Rentabilidad	71
6.3.1. Evaluación financiera con EXCEL	72
7. Conclusiones	74
8. Recomendaciones	75
Referencias Bibliográficas	76
Anexos	78



## Lista de Tablas

Tabla 1. Bodegas censadas	39
Tabla 2. Cantidad de material recibido	40
Tabla 3. Precios promedio de material	42
Tabla 4. Comercialización	43
Tabla 5. Resumen material plástico reciclado	44
Tabla 6. Precio total producido al mes de cada material	45
Tabla 7. Precio compra y venta de plástico	51
Tabla 8. Tipo de proceso de las etapas de la propuesta de reciclaje	54
Tabla 9. Inversión en maquinaria	61
Tabla 10. Especificaciones técnicas	61
Tabla 11. Cálculos de ingreso por venta de plástico reciclado	62
Tabla 12. Egresos por materia prima	62
Tabla 13. Egresos mensuales por mano de obra	65
Tabla 14. Egresos por servicio	66
Tabla 15. Ingresos y egresos	72

## Lista de Figuras

Figura 1. Línea de tiempo historia del plástico	21
Figura 2. Siete códigos del reciclaje y aplicaciones	23
Figura 3. Proceso de reciclaje mecánico básico	33
Figura 4. Bandera de Villa del Rosario	35
Figura 5. Escudo de Villa del Rosario	35
Figura 6. Porcentajes material reciclado	41
Figura 7. Porcentaje de bodegas que realiza proceso de transformación	42
Figura 8. Porcentaje de lugares donde se comercializa el material	43
Figura 9. Porcentaje de cada material plástico	44
Figura 10. Parque tecnológico Guayabal	46
Figura 11. Circuito de reciclaje en Villa del Rosario	48
Figura 12. Hojuelas de PET	49
Figura 13. Pellet de distintos colores	50
Figura 14. Aglutinado de baja densidad	50
Figura 15. Diagrama de flujo del proceso de reciclaje propuesto	53
Figura 16. Aglutinador plástico	55
Figura 17. Molino de plástico	56
Figura 18. Extrusor- Peletizador	57
Figura 19. Prensa compactador hidráulica	58
Figura 20. Lavador secador plástico	59
Figura 21. Bascula de piso industrial	60
Figura 22. Calculo costo mensual operario	64
Figura 23. Calculo costo mensual jefe de planta y contador	65

Figura 24. Ingreso de datos (Egresos e ingresos totales)	72
Figura 25. Ingreso de datos (Egresos e ingresos totales)	72
Figura 26. Calculo de VAN, TIR, B/C	73

## **Introducción**

Los materiales plásticos juegan un papel importante en casi todos los aspectos de la vida cotidiana. Los plásticos se utilizan para la fabricación de productos de consumo tales como envases de bebidas y contenedores de alimentos, por ejemplo. El uso generalizado de plásticos exige una buena gestión del límite de vida del producto hasta su desecho. En las últimas décadas, los plásticos han presentado un crecimiento continuo en la cantidad de residuos sólidos urbanos, un aumento realmente notorio desde 1960, cuando los plásticos representaron menos del 1% de los desechos sólidos urbanos (Urquiza & Ferrando, 2022).

Hoy en día, el consumo de materiales plásticos no solo se encuentra en el sector de envase y embalaje, sino también dentro otros sectores industriales, dentro de los cuales se pueden destacar el sector de bienes duraderos como los electrodomésticos, automoción, muebles; así como también los bienes no duraderos o desechables como los pañales, bolsas de basura, y utensilios médicos. La generación de residuos y su manejo adecuado son dos de los grandes retos que enfrentan la sociedad para garantizar su viabilidad y sustentabilidad. Una de las formas de aprovechar los residuos plásticos es mediante el reciclaje mecánico.

Esta actividad aún no se desarrollada en Villa del Rosario, solo se realiza el proceso de reciclaje sin ningún proceso de reutilización y comercialización dado en un ámbito informal. No Existen trabajos de investigación acerca de la industria del reciclaje de plásticos en el municipio. Solo se han, se han realizado trabajos referentes a la caracterización de residuos sólidos pero hasta ahora no se había presentado un estudio proponiendo el reciclaje de los residuos plásticos a nivel empresarial.

Por ello el presente trabajo pretende introducir el reciclaje de plásticos como una actividad formal que contribuya a la gestión de los residuos sólidos urbanos y el desarrollo sostenible del Municipio histórico de Villa del Rosario.

Asimismo, son objetivos del presente trabajo; diagnosticar el sistema actual de reciclaje de plásticos, determinar la producción per cápita (PPC) de residuos plásticos, establecer la cantidad de residuos plásticos que se reciclan diariamente, describir las características de los plásticos a reciclar y sus procesos de reutilización, seleccionar la maquinaria adecuada para el proceso de reciclaje a partir de las características de cada material y finalmente la rentabilidad del proyecto.

El proyecto contiene teoría sobre los plásticos, su clasificación, sus características y aplicaciones de los termoplásticos de uso más general; se analiza la industria plástica en Colombia, precios y expectativas de este subsector de la industria manufacturera en nuestro país.

Seguidamente se introduce al tema de reciclaje en sí; da una visión del marco legal del reciclaje a nivel mundial, nacional y local. Se presenta los plásticos más comúnmente reciclados y sus aplicaciones. Da a conocer las etapas de reciclaje y las técnicas utilizadas en cada una de ellas. Asimismo, se presenta información acerca de cómo se lleva a cabo el proceso del reciclaje mecánico, volúmenes de comercialización, importación y exportación de desechos plásticos, precios en el mercado nacional.

Luego se presenta un diagnóstico de la situación del reciclaje de plásticos en el municipio de Villa del Rosario; brinda información acerca de la recuperación de los residuos plásticos, producción per cápita, composición física. Se da a conocer las empresas que realizan el proceso de reciclaje de plásticos que se llevan a cabo en el municipio, información de precios y comercialización de los residuos plásticos.

En base a la información presentada y analizada, se presenta una propuesta de datos técnico económicos para el reciclaje mecánico de plásticos en Villa del Rosario, a nivel de pequeña empresa. Se hace un análisis de rentabilidad de ingresos y egresos necesarios para poner en marcha un negocio de reciclaje de plásticos en el municipio.

Finalmente se presenta las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo

Esperamos que esta tesis sirva como guía para profundizar en el tema de reciclaje de plásticos e implementar una industria plástica en el municipio aprovechando este tipo de residuos.

## **1. Problema**

### **1.1. Título**

PROPUESTA DE RECICLAJE MECÁNICO DE PLÁSTICOS EN EL MUNICIPIO DE VILLA DEL ROSARIO, NORTE DE SANTANDER

### **1.2. Planteamiento del problema**

Vivimos rodeados de plástico, un material inventado hace más de 160 años que supuso una revolución por ser resistente, ligero y barato. Polietileno, poliéster, polipropileno o cloruro de polivinilo puede que no sean términos muy familiares para la mayoría de la sociedad, sin embargo, están más presentes en nuestro día a día de lo que pensamos: se usan como materiales de construcción, en nuestros vehículos, en el procesado de alimentos y su embalaje, en teléfonos móviles, en la ropa, en la composición de muchos cosméticos e incluso en los utensilios que usamos para comer.

Entre 1950 y 2017 se produjo un total de 9.2 mil millones de toneladas de plástico. Eso es más de una tonelada por cada persona que actualmente vive en la tierra. La mayor porción consiste en productos y empaques de un solo uso. Menos del 10% del total de plástico producido se ha reciclado (Boll, 2019, pág. 8).

En Colombia los índices de reciclaje de PET son bajos. Se estima, según Acolplásticos, que de los 12 millones de botellas que salen al mercado a diario solo 3 millones se reciclan. Empresas como Postobón y Coca Cola envasan en PET reciclado en categorías de gaseosas, aguas y bebidas hidratantes. Algunas de ellas buscan incrementar sus índices de PET reciclado. Postobón en la actualidad usa 46% de resina PET reciclada en sus envases, y tiene la meta de aumentar al 70% en 2024.

El municipio de Villa del Rosario, no cuenta con un sistema de reciclaje y reutilización de los residuos sólidos que se producen diariamente, simplemente estos residuos son mezclados y desechados junto con la basura que se genera en cada hogar, negocio o empresa.

Los recicladores “callejeros” son los que se encargan de recolectar los residuos plásticos, aunque no todos, solo reciclan las botellas PET y las bolsas de embalaje, las botellas con residuos de aceite de cocina y las bolas de baja densidad no son recicladas. Esta práctica trae mucho malestar, debido a que proceden a destapar las bolsas de basura, lo que desprende malos olores y desaseo en las calles. Estos desechos recolectados son llevados a centros de acopio independientes, donde únicamente son seleccionados y enviados a la Ciudad de Cúcuta, se está desperdiciando la oportunidad de generar un beneficio económico, reutilizando este material con un proceso de reciclaje mecánico.

Dicho esto, se requiere realizar una propuesta de reciclaje y reutilización de los residuos plásticos que se generan en el municipio, ya que traerá no solo beneficios medioambientales sino económicos.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Realizar una propuesta de reciclaje y reutilización en el municipio de Villa del Rosario, brindara un beneficio medioambiental y económico?

### **1.4. Justificación**

Según los investigadores del Banco Mundial, Hoornweg y Bhada-Tata (2012), para el año 2025 se espera que la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) tienda a duplicarse debido a que la producción per cápita pasará de 1.20 a 1.42 Kg/hab en los próximos 15 años; es así como la producción actual de 1,300 millones Tn/año será de 2,200 millones para el año 2025.



El municipio de Villa del Rosario viene experimentando un gran crecimiento poblacional y urbanístico a causa de la migración de venezolanos a Colombia, este crecimiento ha generado un aumento en los desechos sólidos, principalmente plásticos. Los manejos de recolección de residuos domiciliarios e industriales no cuentan con una selección que permita separar los plásticos de los demás desechos.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta propuesta busca aprovechar los residuos plásticos del municipio de Villa del Rosario, con el fin de reutilizarlos, generando una solución a una problemática ambiental y a su vez brindar un impacto económico a la región generando empleo.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Elaborar una propuesta de reciclaje mecánico de plástico, aprovechando los residuos sólidos del municipio de Villa del Rosario

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar el sistema actual de reciclaje de plásticos en el municipio de Villa del Rosario
- Determinar la producción per cápita (PPC) de residuos plásticos en el municipio de Villa del Rosario
- Establecer la cantidad de residuos plásticos que se reciclan diariamente en el municipio de Villa del Rosario.
- Describir las características de los plásticos a reciclar y sus procesos de reutilización.
- Seleccionar la maquinaria adecuada para el proceso de reciclaje a partir de las características de cada material.
- Rentabilidad del proyecto.

## **2. Marco Referencial**

### **2.1. Antecedentes**

Rivera (2004). Propuesta de Reciclaje mecánico de plásticos en la ciudad de Piura

Para el desarrollo de este proyecto, primero realizo el diagnóstico del reciclaje de plásticos, determinando la producción per cápita y el tipo de residuos que se producen. Procede a definir el proceso de reciclaje, especificando precios y volúmenes de recuperación. Con estos datos selecciona el tipo de maquinaria, con las características técnicas necesarias para procesar el material a reutilizar. Finalmente determino el costo beneficio del proyecto donde concluyo que el reciclaje de PET se hará con una maquinaria nacional, que ofrece una TIR de 201%, un VAN financiero de US\$ 266 669 con recuperación de la inversión al primer año de operación.

Vaca & Rojas (2012). Proyecto de factibilidad para la instalación de una planta de reciclaje mecánico de plásticos para el Cantón Santo Domingo de los Colorados.

La presente investigación plantea como objetivo principal, la Instalación de una Planta de Reciclaje Mecánico de Plásticos para el Cantón Santo domingo de los Colorados; el fin es el reciclaje de plásticos en la zona de influencia y la disminución de las importaciones del producto desde otro país.

El diseño y tamaño de la planta se realizó en base al estudio de mercado, utilizando encuestas y entrevistas a los generadores de residuos plásticos, a los productores de envases plásticos y a los municipios del Ecuador, estimándose la demanda insatisfecha y el mercado potencial.

Finalmente se presenta el estudio económico-financiero, los elementos de evaluación como el VAN, TIR, Balance Beneficio/Costo y otros, se ejecutaron y analizaron, obteniendo resultados

positivos que indican la fiabilidad financiera-económica del proyecto concluyendo que el mismo es rentable y socialmente sustentable.

Ochoa (2017). Propuesta integral para el aprovechamiento del plástico a partir de los residuos sólidos resultantes del embalaje de plaguicidas (residuos respel).

Este proyecto tuvo como objetivo estructurar una propuesta para el aprovechamiento del plástico a partir de los residuos sólidos resultantes del embalaje de plaguicidas recolectados en el plan pos consumo Campo Limpio. Esto como alternativa para la reducción de los impactos ambientales basado en el marco de la gestión y manejo integral de los mismos, sujeta al carácter obligatorio que surge de la normatividad existente y en cumplimiento de las pautas recolectoras de la política ambiental para la gestión integral de los residuos peligrosos.

El proyecto analiza la viabilidad de alternativas de aprovechamiento y valorización tanto actuales como futuros, con un criterio de selección apropiado desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, y así se dan las pautas necesarias para que la industria tenga la posibilidad de aplicarlas e implementarlas. Para el análisis de estas alternativas se tomó en cuenta los parámetros establecidos de la empresa EMDEPSA S.A. como unidad de negocio.

Igualmente analizo y selecciono los residuos objeto de aprovechamiento y valorización de aspectos e impactos ambientales para la alternativa seleccionada. Finalmente se plantearon los costos estimados para el desarrollo del proyecto que incluye los lineamientos generales sobre la disminución, aprovechamiento y valorización de los residuos peligrosos.

Urquiza & Ferrando (2015). Reciclado mecánico de residuos plásticos. Caso práctico: Poliestireno de alto impacto para la fabricación de componentes de TV.

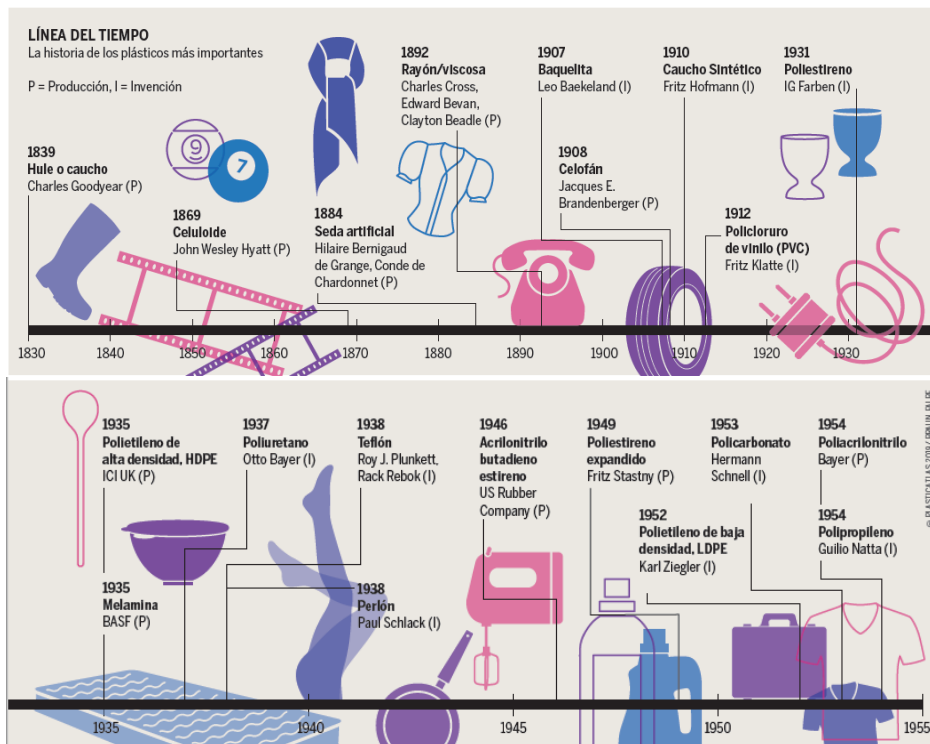
Este trabajo se enfoca en un caso práctico que se llevó a cabo en el Centre Català del Plàstic (CCP) y la empresa SONY para la obtención de materiales plásticos reciclables para manufacturar

carcasas de televisiones. El trabajo realizado en el CCP fue el estudio de la viabilidad de la sustitución de materiales vírgenes por materiales reciclados procedentes de residuos industriales. El estudio consistió en analizar la viabilidad de sustituir un poliestireno antichoque (HIPS) virgen por el mismo material de origen pero reciclado. De esta manera, se compararon las propiedades de cuatro materiales HIPS reciclados (HIPS-RA, -RB, -RC y -RD) así como un estudio de su morfología. Se observó que el índice de fluidez del HIPS aumentó con la proporción de material reciclado y con el número de procesos de transformación. La propiedad mecánica más afectada resultó ser la resistencia al impacto, y se observaron dos tipos de morfologías claramente diferentes. El material reciclado que mostró mejores propiedades fue el HIPS-RB, y fue escogido para sustituir al HIPS virgen en la producción de componentes de electrónica de consumo.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Breve historia del Plástico**

El primer plástico se presentó en 1862 en la Exposición Universal de Londres. Llamado “Parkesina” en honor a su inventor, Alexander Parkes, que la fabricó a partir de la celulosa. Este material podía ser moldeado cuando se calentaba, y mantenía su forma al enfriarse. Pocos años después, John Wesley Hyatt transforma la nitrocelulosa en el celuloide, un plástico deformable al tratarlo con calor y presión y añadiendo alcanfor y alcohol. Este material reemplazó al marfil y al carey utilizado en bolas de billar y en peines, y tendría un futuro brillante en la industria cinematográfica y la fotografía. En 1884, el químico Hilaire de Chardonnet patentó una fibra sintética conocida como “Seda Chardonnet” que antecedió al rayón o viscosa. Un plástico semisintético hecho de celulosa químicamente tratada y más barata que las fibras naturales como la seda (Boll, 2019). En la siguiente imagen se muestra una breve línea del tiempo.



**Figura 1. Línea del tiempo historia del plástico**

Fuente: Atlas del plástico 2019

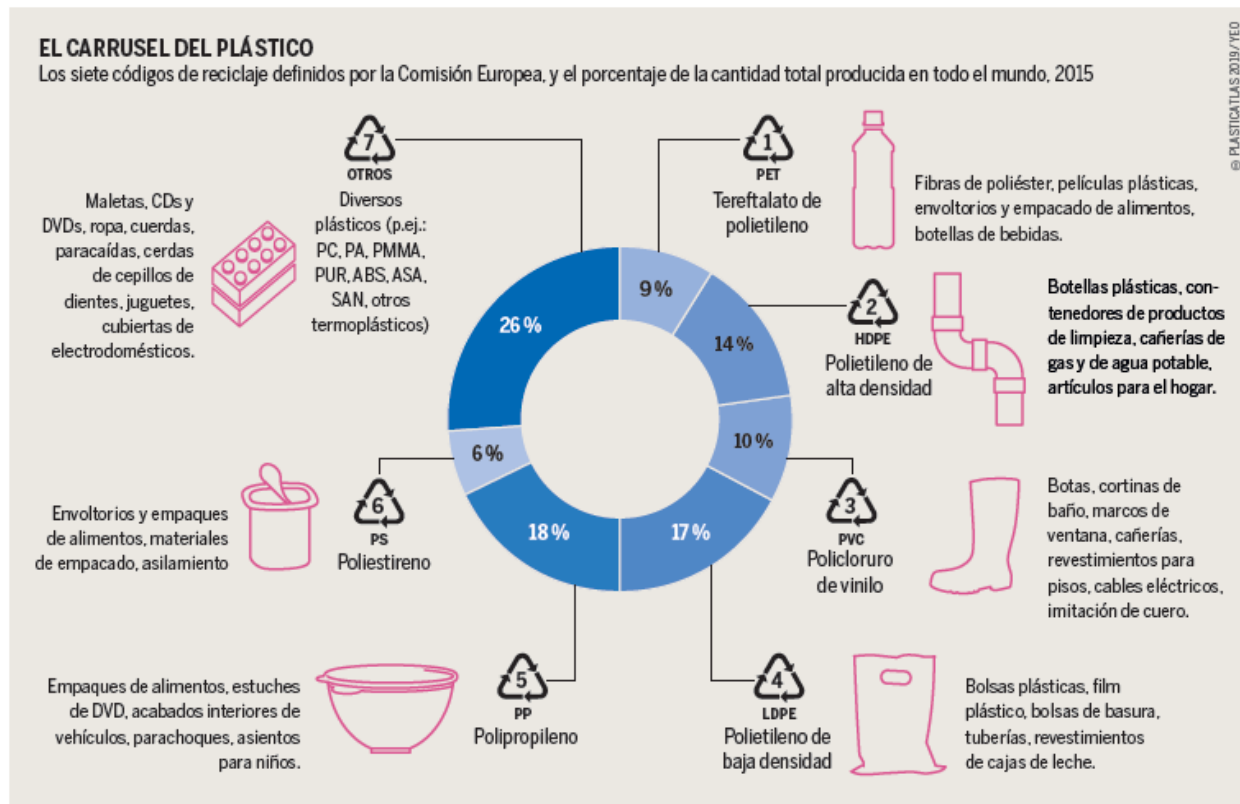
## 2.2.2. Plástico

Las resinas plásticas o polímeros son cadenas largas de pequeñas moléculas repetidas, llamadas meros, que debido a sus propiedades tienen una gran variedad de aplicaciones a nivel industrial, comercial y doméstico. Tienen la característica de poder cambiar de forma y conservar ésta de modo permanente, a diferencia de los materiales elásticos. Hoy día, los plásticos se obtienen a partir del petróleo crudo, el gas natural (etileno, butadieno y propileno) y el carbón, mediante procesos químicos. El porcentaje utilizado de estos hidrocarburos para la fabricación de los plásticos es de aproximadamente el 4% de la producción mundial anual (Rubiano, 2011).

### 2.2.2.1. Tipos de Plásticos

Debido a los grandes avances logrados en la química e ingeniería química, se han desarrollado una gran cantidad de productos plásticos, dentro de los cuales los más conocidos y empleados según Gaggino (2006) son:

- PEBD: polietileno de baja densidad. Se encuentra en bolsas de supermercado; puede ser reciclado en nuevas bolsas de supermercado.
- PEAD: polietileno de alta densidad. Se encuentra en botellas de detergente o de aceite para motor; puede ser reciclado en macetas, cestos de basura, conos para señales viales, botellas de detergente.
- PVC: cloruro de polivinilo. Se usa en botellas de champú o de aceites para cocina; puede ser reciclado en tubos de drenaje e irrigación.
- PET: polietileno tereftalato: Se encuentra en envases de gaseosa; reciclado se usa para fibra poliéster, flejes, láminas para termoformado y madera plástica.
- PP: polipropileno. Se encuentra en recipientes para yogur, botellas de miel o tapas de botella; se puede reciclar en viguetas de plástico o cajas de baterías para autos.
- EPS: poliestireno expandido. Se encuentra en tazas desechables para bebidas calientes, materiales de empaquetado, bandejas de carne. Puede ser reciclado en viguetas de plástico y macetas.
- PC: policarbonato. Empleado en pantallas protectoras de focos de iluminación de vehículos automotrices, pantallas de computadora, lentes de bajo beso para corrección visual



**Figura 2. Siete códigos del reciclaje y aplicaciones**

Fuente: Atlas del plástico 2019

### 2.2.2.2. Termoplásticos

Se conocen como termoplásticos aquellos plásticos que se funden a altas temperaturas, por lo que pueden moldearse con distintas formas cuando están sometidos a ellas. Cuando se enfrían, se endurecen, conservando la forma que se les ha dado.

Su principal peculiaridad es que pueden moldearse y fundirse más de una vez, la cual los hace muy adecuados para el reciclaje. Eso sí, si se hace muchas veces, sus propiedades físicas irán cambiando, por lo que disminuyen sus posibilidades de reutilización.

La mayoría de los materiales plásticos que se usan en el día a día son termoplásticos. Pertenecen a este grupo el polietileno (PE), el polipropileno (PP), el policloruro de vinilo (PVC), el poliestireno (PS), el tereftalato de polietileno (PET), el nylon, el teflón (Envaselia, 2022).

### *Polietileno*

El polietileno es uno de los polímeros más simples en la química y uno de los plásticos más comunes, debido a su alta producción mundial y su bajo precio. Éste se obtiene de la polimerización del etileno y puede ser producido por diferentes reacciones de polimerización, por ejemplo: Polimerización por radicales libres, polimerización aniónica, polimerización por coordinación de iones o polimerización catiónica. Cada uno de estos mecanismos de reacción produce un tipo diferente de polietileno (Quiminet, 2012).

### *Polietileno de alta densidad*

El polietileno de alta densidad es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos (como el polipropileno), o de los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) o PEAD (polietileno de alta densidad) (Quiminet, 2012).

El polietileno de alta densidad se encuentra en diversas aplicaciones como son:

- Bolsas plásticas.
- Envases de alimentos, detergentes, y otros productos químicos.
- Artículos para el hogar.
- Juguetes
- Dispositivos protectores



- Empaques para partes automotrices.
- Charolas

### *Polietileno de baja densidad*

El polietileno de baja densidad es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos, como el polipropileno y los polietilenos.

Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno y designado como LDPE (por sus siglas en inglés, Low Density Polyethylene) o PEBD, polietileno de baja densidad.

El polietileno de baja densidad es un polímero de adición, conformado por unidades repetidas de etileno. Generalmente, el proceso de polimerización más comúnmente empleado se realiza a alta presión.

El polietileno de baja densidad puede utilizarse en:

- Sacos plásticos
- Bolsas plásticas
- Film para invernaderos y otros usos agrícolas
- Juguetes
- Fabricación de vasos, platos, cubiertos
- Botellas

### **2.2.2.3. Plásticos degradables, biodegradables y compostables**

#### *Plásticos degradables*

La palabra “degradable” sólo significa que algo se rompe. Técnicamente, todo el plástico es degradable. Se puede romper con un martillo o un molino por ejemplo. Por lo tanto se puede moler en un polvo muy fino. Todo esto se cuenta como “romper” el plástico, y por lo tanto (técnicamente) “degradar” el plástico.

Esto crea un poco de confusión, ya que a algunos plásticos se les añaden productos químicos que harán que se descompongan, rompan o degraden más rápido bajo ciertas condiciones. Por ejemplo, se puede añadir un aditivo a un plástico común fabricado a base de petróleo que hará que se convierta en quebradizo y se desmorone en la luz del sol: esto se conoce como hacer “fotodegradable” el plástico. Otros aditivos se pueden poner en el plástico que hará el “rompimiento” del éste por oxidación: esto se conoce como “plástico oxo-degradable”.

Estos métodos harán que la mayor parte del plástico parezca desaparecer, sin embargo, las piezas pequeñas (o incluso polvo fino o “arena”) que se produce por este efecto son aún pequeñas piezas de plástico. Por lo tanto, nada ha cambiado. En una cuestión de años, es posible que las piezas puedan ser lo suficientemente pequeñas como para ser asimiladas por los microorganismos, pero todavía hay una gran cantidad de investigación que se necesita hacer para verificar cuánto tiempo podría tomar este proceso. Por el momento, no son más que trozos muy pequeños de plástico.

Así que hay que tener cuidado cuando un producto de plástico se anuncia como “degradable” porque no es nada especial. Como veremos a continuación lo importante para el medio ambiente es que sea biodegradable o compostable. El material plástico no “volverá a la tierra” de una manera real. Simplemente se vuelve muy, muy pequeño (Packsys, 2012).

*Plásticos Biodegradables*

Cuando algo es biodegradable, quiere decir que es degradable, pero también significa algo más: que puede ser degradado por el metabolismo de los microorganismos. Cuando un plástico es biodegradable, significa que puede ser digerido, de manera que los átomos de carbono en las cadenas del polímero se rompen, y realmente puede participar en la creación de otras moléculas orgánicas. Puede ser procesado y se convierten en parte de los seres vivos orgánicos. Esto los vuelve a la naturaleza en un sentido muy real: se convierten en parte del ciclo del carbono de la ecología de la tierra.

Sólo los bioplásticos son biodegradables dentro de un plazo razonable. Los plásticos a base de petróleo que simplemente se descomponen en una arena fina o trozos pequeños todavía no pueden ser digeridos por los microorganismos. Tal vez durante el paso de muchos años las piezas pueden ser tan pequeñas que pueden ser digeridas por los microorganismos. Este es actualmente el foco de una gran cantidad de investigación y debate, ya que los diferentes grupos tratan de establecer qué tan rápido los plásticos oxo-biodegradables se pueden reducir a un tamaño tal que en realidad sean biodegradables.

También es importante señalar que incluso algunos plásticos que están hechos a partir de recursos renovables se procesan de una manera que los hace no biodegradables. Siguen siendo “degradables”, pero no vuelven a la naturaleza; y no pueden ser procesados por los microorganismos. Es por ello que la diferencia entre los plásticos biodegradables y plásticos no biodegradables es tan importante (Packsys, 2012).

### *Plásticos Compostables*

Cuando algo es compostable, significa que se biodegrada, pero también significa algo más: se degrada dentro de una cierta cantidad de tiempo bajo ciertas condiciones. Para muchos tipos de

bioplásticos, es posible decir que se van a descomponer “con el tiempo”, pero si lo dejas en una habitación hermética, podrían tardar miles de años en descomponerse.

Las organizaciones que regulan las normas de los materiales han desarrollado una serie de pruebas y puntos de referencia concluyendo que si un plástico llega a biodegradarse por completo lo suficientemente rápido en un determinado tipo de entorno, entonces puede ser etiquetado como “compostable”.

Así que estos tres términos no son diferentes “clases” de plástico, son diferentes clasificaciones. Ellos son subconjuntos uno del otro: todos los plásticos compostables son biodegradables, y todos los plásticos biodegradables son degradables. Pero ten cuidado con las personas que hacen afirmaciones sobre la “descomposición” de su producto: porque no todos los plásticos degradables son biodegradables o compostable (Packsys, 2012).

### **2.2.3. Industria del plástico en Colombia**

En el país hay aproximadamente 3.600 empresas dedicadas a su producción, la cual, pese a los retos ambientales y ahora de la pandemia, sigue dando cifras positivas en 2021 (Gutiérrez, 2021).

La industria del plástico en Colombia y el mundo es hoy conocida por su innovación y tecnología. También, porque ha venido demostrando su capacidad de transformarse, lo que la llevó a crecer en los dos primeros trimestres del año 22,2% frente a 2020 y 8,6% frente al mismo periodo de 2019.

Y es que cuando se habla de la industria del plástico, esto no solo incluye los productos finales para su uso, sino que también toda una cadena de valor que empieza por los insumos. En 2020, el procesamiento nacional de resinas plásticas registró una cifra de 1,33 millones en 2020. Los materiales más demandados en ese año para la fabricación de distintos productos de plástico fueron

los polietilenos (39%), los polímeros de propileno (19,5%), los policloruros de vinilo (16%), las resinas de poli(etilentereftalato) PET (12,5%) y los poliestirenos (6%), y otros polímeros (8%).

Por otro lado, un dato que sigue evidenciando la buena salud en el mercado de la industria plástica, que cuenta con aproximadamente 3.600 empresas en el país, está en las cifras de exportación. Las resinas plásticas crecieron 68% en valor y 4% en toneladas. Mientras que los productos plásticos como tal aumentaron 18% su valor de importación frente a 2020.

Según Acoplástico, de la producción local de materias plásticas, más de la mitad tiene como destino los mercados externos. En 2020, 56% del tonelaje total corresponde a la exportación directa de resinas y el porcentaje restante se transformó en el país, en semiproductos y manufacturas, intermedios y de consumo final, los cuales a su vez, se venden en el mercado doméstico, y se exportan también a otros países.

Por lo que pese a los efectos económicos de la pandemia y a los retos en materia ambiental que ha venido enfrentando el sector plástico, la oferta y demanda se sigue manteniendo por buen camino. No obstante, se destaca que el PIB del sector cayó 6.7% en 2020.

Para Daniel Mitchell, presidente ejecutivo de Acoplástico, el comportamiento de la industria plástica en el país ha sido bastante variable. Por ejemplo, según Mitchell, en los primeros meses de pandemia (abril-junio 2020), la mayoría de segmentos cayeron, con excepción de los empaques y envases para alimentos y para productos de aseo, higiene y limpieza, así como las telas plásticas para tapabocas y otros elementos de protección.

Pese a esto, desde el segundo semestre de 2020 y lo que lleva este resto de año, todos los segmentos vienen creciendo, en especial, los plásticos de electrodomésticos, envases de bebidas, autopartes y línea hogar.

“En términos generales, pienso que la pandemia ha hecho evidente la utilidad e importancia del plástico en la vida moderna, debido a que es un material inocuo, impermeable, versátil y económico”, complementó el presidente ejecutivo de Acoplásticos.

Por lo que, si hablamos del futuro, la visión a 2032 del Plan de Negocios del sector Plásticos será el de promover el consumo local pero responsable de los productos plásticos (Gutiérrez, 2021).

#### **2.2.4. Reciclaje**

El reciclaje es una práctica eco-amigable que consiste en someter a un proceso de transformación un desecho o cosa inservible para así aprovecharlo como recurso que nos permita volver a introducirlos en el ciclo de vida sin tener que recurrir al uso de nuevos recursos naturales. A su vez, el reciclaje es una manera verde de gestionar o, directamente, de acabar con buena parte de los desechos humanos.

El reciclaje permite usar los materiales repetidas veces para hacer nuevos productos, lo que supone la reducción de futuros desechos, al mismo tiempo que reduce la utilización de materias primas al mismo tiempo que ahorra la energía, el tiempo y el dinero que serían necesarios para su extracción y/o su obtención mediante distintos procesos de fabricación (Isan, 2017).

#### **2.2.5. Reciclaje de plásticos**

Proceso de recuperación de materiales plásticos ya usados, como por ejemplo en envases y bolsas, con el fin de minimizar su impacto en el ambiente y de reducir el consumo de energía requerido para la generación de nuevos productos de consumo, por medio de su procesado para obtener materia prima como la original, con el fin de elaborar otra vez productos plásticos.

El reciclado de los plásticos, actualmente está enmarcado en proyectos de desarrollo sostenible, en los cuales se busca: la conservación de nuestro medio ambiente, reducir o retardar el agotamiento de los recursos naturales, promover el uso de energías alternativas que poco impacten el medio ambiente y desarrollar conciencia, para que nuestra acción sobre la naturaleza genere un ambiente amable y amigable en nuestro entorno (Rubiano, 2011).

### **2.2.5.1. Reciclaje mecánico**

El reciclaje mecánico o proceso físico de recuperación del plástico industrial; se refiere al conjunto de labores o actividades para el procesamiento del plástico industrial y lograr nuevamente su circulación o reutilización.

Su procesamiento, consta de la primera fase o etapa como el acopio de material, empaclado o compactación, separación/molido, lavado, secado, aglutinación y extrusión que funde el plástico para su homogeneización.

Los plásticos que son reciclados en este proceso provienen de fuentes como los residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos plásticos de los procesos de fabricación industrial (SCRAP).

Al mismo tiempo, estos se clasifican según su grado de organización en residuos simples; que son diferenciados por clases, los residuos mixtos; que son diversos tipos de plástico mezclados y los residuos mixtos combinados con otros residuos; diversos plásticos mezclados y combinados con otros como cartón, papel o metal (Pineda, 2021).

Las etapas de este proceso según Rubiano (2010), son las siguientes:

-Limpieza: Proceso consistente en tomar los materiales plásticos recuperados, revisarlos y eliminar bolsas con cintas plásticas o pegantes, tintas de impresión, grasas o ganchos que puedan alterar drásticamente la calidad del producto.

-Clasificación: Se separan manualmente, en lotes, los diferentes tipos de plásticos antes de transformarlos, almacenándolos y marcándolos para su posterior procesamiento.

-Lavado: Los productos plásticos a reciclar se lavan en grandes tanques con agua fría y detergentes o en agua caliente, para eliminar impurezas como tierra, grasa, detergentes, o cualquier otra impureza que se pueda eliminar por este medio.

-Trituración: Manual o mecánicamente se procede a picar en tamaños lo suficientemente pequeños para su fácil manipulación y para lograr mayores densidades del material a procesar.

-Aglutinado: Se toma el material ya picado y por medio de una cuchilla giratoria se friccionan los pedazos de material plástico entre sí para elevar su temperatura. Cuando se ha alcanzado una temperatura lo suficientemente alta, se introduce una pequeña cantidad de agua líquida a temperatura ambiente, la cual se mezcla rápidamente con el material plástico debido a la cuchilla giratoria, pero la alta temperatura hace que rápidamente se evapore el agua, lo que trae como consecuencia la formación de pequeños granos asimétricos fácilmente manipulables. Como esta presentación no es la adecuada para su manipulación industrial, se procede con la siguiente etapa.

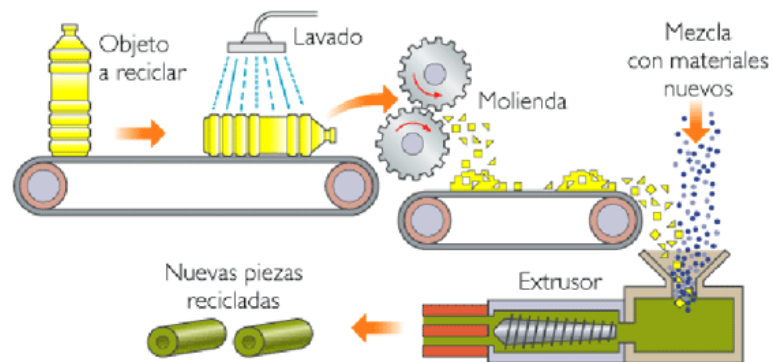
-Peletizado: Proceso consistente en la formación de granulado de material plástico.

Para lograr esto, se utiliza una extrusora, la cual emplea como material de consumo, el previamente aglutinado. Aplicando presión y calor, se funde el material plástico en una cámara diseñada para tal fin dentro de la cual se encuentra un tornillo, el cual facilita la fundición y el transporte del plástico fundido hasta una boquilla donde se da forma cilíndrica al material que sale de la boquilla, se enfría en un tanque de refrigeración, se hala el material por medio de un halador rotatorio y se parte en trozos pequeños con una máquina picadora. De esta manera, los residuos de plástico se suelen vender en forma de granza, pero si esto no sucede, se deben convertir a granza para poder introducirlos en los equipos de reciclaje.



-Conformado: consiste en someter a presión al material fundido para hacerlo pasar a través de una matriz. Las materias primas se introducen en forma sólida y en la máquina se funden, se homogenizan y conforman. Dentro de los diversos procesos, se pueden encontrar:

- Extrusión
- Termoformado
- Soplado
- Inyección
- Compresión
- Transferencia
- Calandrado



**Figura 3. Proceso de Reciclaje mecánico básico**

Fuente: Tipos de reciclaje (García, 2015)

### 2.3. Marco Conceptual

**Plástico:** Es un material constituido por compuestos sintéticos con la propiedad de ser maleables para ser moldeados en otras formas.

**Reciclaje:** Es el proceso de convertir residuos en nuevos productos o materia prima.

Reciclaje mecánico: Consiste en el tratamiento de residuos plásticos aplicando presión y calor, para volver a darles forma y conseguir otros objetos.

Reutilizar: Es la acción que permite volver a utilizar los productos desechados.


Maquinaria: Es el conjunto de bienes tangibles que se dedican a la producción.

## **2.4. Marco contextual**

### **2.4.1. Generalidades**

Este proyecto se realizara con la información tomada del municipio de Villa del Rosario, Norte de Santander.

Villa del Rosario es un municipio colombiano ubicado en el departamento de Norte de Santander, sobre la frontera con Venezuela. Tiene una superficie de más de 228 km<sup>2</sup> (comprendidos en sus barrios y veredas). Cuenta con una población de 112 798 habitantes, siendo la tercera ciudad en población del departamento después de Cúcuta y Ocaña. Hace parte del Área metropolitana de Cúcuta.

Se localiza exactamente en las coordenadas  7°50'2"N 72°28'27"O.5 Su altitud es de 440 m s. n. m. y su zona horaria es UTC-5.Su temperatura promedio es 22 a 31°C a lo largo del año.

Se divide administrativamente en 5 corregimientos y 4 veredas. Limita al norte con Venezuela y Cúcuta, al sur con Ragonvalia y Chinácota, al oriente con Venezuela y al occidente con Los Patios. Su único río es el Táchira.

Los símbolos oficiales de la ciudad son: la bandera, el escudo y el himno

**Bandera:** Decretada por el Acuerdo 58 del 8 de mayo de 1984. Sus colores significan: El amarillo representa la riqueza del Municipio. El rojo la sangre que derramaron nuestros libertadores en la época de la independencia. El verde manifiesta toda la vegetación.



**Figura 4. Bandera de Villa del Rosario**

Fuente: Alcaldía municipal de Villa del Rosario 2022

**Escudo:** La cinta esta membretada con la frase insignia “cuna de las leyes y la libertad” debido a que allí Bolívar cristalizó el sueño de la Gran Colombia.



**Figura 5. Escudo de Villa del Rosario**

Fuente: Alcaldía municipal de Villa del Rosario 2022

#### **2.4.2. Economía**

Su economía se basa en el comercio fronterizo y los cultivos de café, arroz, caña de azúcar, hortalizas y árboles frutales. También se desarrolla producción de calzado y productos de madera;

actividades pecuarias vacuna, bovina, caprina, piscícola y de aves de corral, y minería de carbón, arcilla, yeso y piedra caliza.

## **2.5. Marco Legal**

Ley 1973 de 2019: Por medio de la cual se establecen medidas tendientes a la reducción de la producción y el consumo, de los plásticos de un solo uso en el territorio nacional, se regula un régimen de transición para reemplazar progresivamente por alternativas reutilizables, biodegradables u otras cuya degradación no genere contaminación, se crean mecanismos de financiación se dictan otras disposiciones

Proyecto de ley número 010 de 2020: Por la cual se prohíbe en el territorio nacional la fabricación, importación, exportación, comercialización y distribución de plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones.

Proyecto de Ley número 274 de 2020: Por medio de la cual se establecen medidas tendientes a la reducción de la producción y el consumo de plásticos de un solo uso en el territorio nacional, se regula la sustitución gradual mediante alternativas reutilizables o biodegradables, y se dictan otras disposiciones.

## **3. Diseño Metodológico**

### **3.1. Tipo de Investigación**

En este proyecto la investigación será de tipo descriptiva como lo menciona Carlos Sabino al definir la investigación descriptiva en su obra El proceso de investigación (1992) como “el tipo de investigación que tiene como objetivo describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos, utiliza criterios sistemáticos que permiten establecer la estructura o el

comportamiento de los fenómenos en estudio, proporcionando información sistemática y comparable con la de otras fuentes”.

### **3.2. Universo y muestra**

El universo está constituido por las empresas recicladoras del municipio de Villa del Rosario, las cuales suman un total de 25, valor que será igual a la muestra.

### **3.3. Instrumentos para la recolección de la información**

Como instrumento de recolección de datos se utilizarán fuentes de archivo y fuentes gubernamentales.

### **3.4. Etapas y desarrollo de las actividades**

#### **Fase I: Diagnóstico del sistema actual de reciclaje**

Identificar los sitios de acopio de residuos sólidos y recicladoras de plásticos en el municipio de Villa del Rosario.

Definir la producción per cápita de plástico producido en el municipio

Caracterizar los residuos plásticos en el municipio de Villa del Rosario

#### **Fase II: Reciclaje**

Describir el proceso de reciclaje en el municipio

Verificar si estos residuos se clasifican y reutilizan

Detallar la comercialización del producto reciclado (precios y mercado)

#### **Fase III: Datos técnico económicos**

Describir la propuesta de reciclaje mecánico

Definir precios de plásticos

Seleccionar maquinaria para el proceso de reciclaje

#### **Fase IV: Resultados obtenidos**

Determinar el costo beneficio del proyecto

Conclusiones finales

### **3.5. Tabulación y análisis de los resultados**

Los datos a procesar, se realizaran con la ayuda de una plantilla de Excel, para determinar la TIR (Taza interna de retorno) donde nos indicara que tan viable y beneficioso será el proyecto.

### **3.6. Técnicas de Análisis y procedimientos de la información**

Los datos obtenidos de los documentos servirán para:

- ✓ Determinar la producción per cápita de desechos plásticos en el municipio
- ✓ Calcular el tipo de plástico y la cantidad desechada a diario, usando su densidad.

## **4. Diagnóstico del reciclaje de plásticos en el Municipio de Villa del Rosario**

La información y datos que se presentara a continuación corresponden al mes de octubre del año 2022 fue tomada del “Informe de seguimiento al programa de aprovechamiento del plan de gestión integral de residuos sólidos – PGIRS”, realizado por la Secretaria de Vivienda y Ambiente perteneciente a la alcaldía de Villa del Rosario.

Dicho informe tuvo como propósito, presentar el estado de la actividad de aprovechamiento dentro del servicio público de aseo en el municipio de Villa del Rosario, así como la identificación

número organización y/o empresas que prestan el servicio, número de estaciones de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos ECAS, finalmente la identificación de recicladores de oficio asociados a estas organizaciones.

#### **4.1. Caracterización bodegas de reciclaje del municipio de Villa del Rosario**

Según el informe, el trabajo de campo para caracterización de las bodegas en el municipio de realizaron los días 12 de octubre en los barrios Santander, la Palmita, Paramo en jornada mana y tarde, 13 de octubre en el corregimiento de Juan Frio jornada mañana los día 19, 20 de octubre del 2021 en el barrio la parada estas visitas de inspección ocular se realizaron en compañía de la Policía Nación con el objetivo de caracterizar estos establecimiento y verificar las condiciones sanitarias en que operación se realizaron.

##### **4.1.2. Bodegas censadas**

De acuerdo con las visitas de campo llevadas a cabo por personal adscrito a la Secretaría de Vivienda Y Ambiente de la Alcaldía Municipal de Villa del Rosario, lograron censar 25 Bodegas de Reciclaje, sin embargo, dentro del municipio hay existencia de más, las cuales no fue posible censar debido a la falta de disposición por parte de los propietarios o del personal a cargo de cada una de estas, las bodegas censadas fueron las siguientes:

**Tabla 1**

*Bodegas censadas*

<b>No.</b>	<b>NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO</b>
1	Recuperadora El Ohim
2	Depósito de Materiales Reciclables La Mona
3	Silver Metal
4	Recuperadora Llanos
5	Chatarrería el Recorte Internacional
6	Recuperadora Los 3 Angelitos
7	Recuperadora Cuidemos
8	Chatarrería Pichon
9	Chatarrería Los Mangos
10	Recuperadora La Monumental

11	Recuperadora Tracker
12	Recuperadora JMC
13	Recuperadora M.E.S.
14	Recuperadora de Hierros M Y J
15	Chatarrería El Mono
16	Recicloven
17	Recicladora Milena
18	Recuperadora El Chivo N° 2
19	Recuperadora F600
20	Recicladora R y T
21	Chatarrería Meneo
22	Chatarrería Los Mangos
23	Recuperadora La Parada
24	Recuperadora La Octava
25	Recuperadora FIDE

Fuente: Informe Secretaria de Vivienda y Ambiente Villa del Rosario 2021

#### 4.1.3. Cantidad de Material

Los materiales recuperados por las bodegas comprenden al grupo de cartón, papel, vidrio, metales, entre otros, para los cuales, de acuerdo con la caracterización realizada, las cantidades de material recuperado son las siguientes:

Tabla 2

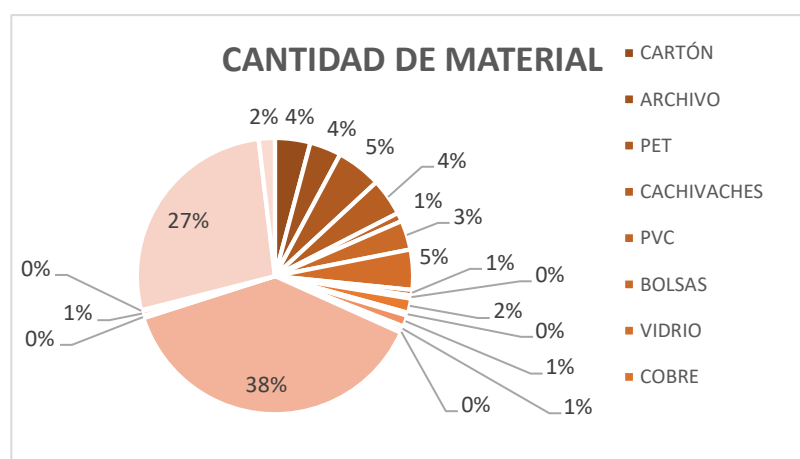
*Cantidad de Material reciclado*

Material	Cantidad (kg)	Número de bodegas censada que recuperan	Promedio semanal de materiales recuperados en Toneladas (Ton)
Cartón	381,81	11	4.19
Archivo	340,76	13	4.42
PET	486,92	13	5.84
Cachivaches	402	15	6.03
PVC	94,125	8	0.753
Bolsas	315,83	12	3.78
Vidrio	433,33	3	1.29
Cobre	60,074	21	1.26
Bronce	34,38	21	0.721
Aluminio	153,57	21	3.22



Acero inoxidable	31,85	12	0.382
Aluminio de latas	121,77	18	2.191
Antimonio	49,42	14	0.691
Plomo	22,75	12	0.272
Chatarra	3538,57	21	74.30
Baterías de carros	25 unidades	14	350
Baterías de motos	51,63	15	0.77
Chatarra electrónica	10	1	0.01
Hierro colado	2500	3	7.5
Radiadores	175	2	0.35

Fuente: Informe Secretaria de Vivienda y Ambiente Villa del Rosario 2021

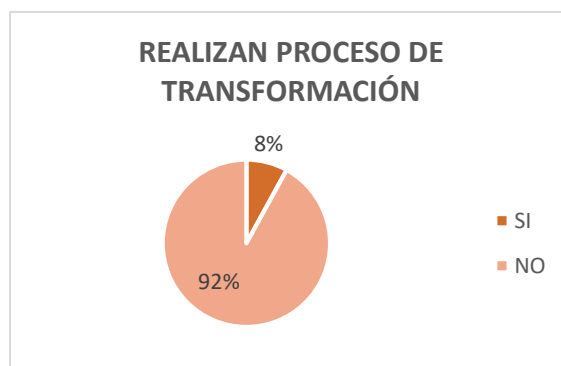


**Figura 6. Porcentajes del material reciclado**

Fuente: Informe Secretaria de Vivienda y Ambiente Villa del Rosario 2021

#### 4.1.4. Proceso de transformación

Del total de las bodegas caracterizadas, 92% de las bodegas afirman NO realizar proceso de transformación del material en relación al 8% afirman realizar procesos de transformación.



**Figura 7. Porcentaje de bodegas de realizan procesos de transformación**

Fuente: Informe Secretaria de Vivienda y Ambiente Villa del Rosario 2021

#### 4.1.5. Precio promedio del material

En relación al precio promedio del material (precio de compra por las chatarrerías) en la caracterización realizada a las 25 bodegas distribuidas dentro del municipio, los precios promedio de los materiales son los siguientes:

**Tabla 3**

*Precios promedio del material*

Material	Precio promedio kg
Cartón	158
Archivo	520
PET	834
Cachivaches	1563
PVC	550
Bolsas	808
Vidrio	56
Cobre	21428
Bronce	13523
Aluminio	4004
Acero inoxidable	3623
Aluminio de latas	3600
Antimonio	3885
Plomo	4091
Chatarra	742
Baterías de carros	28428
Baterías de motos	2206

Chatarra electrónica	14000
Hierro colado	1166
Radiadores	10000

Fuente: Informe Secretaria de Vivienda y Ambiente Villa del Rosario 2021

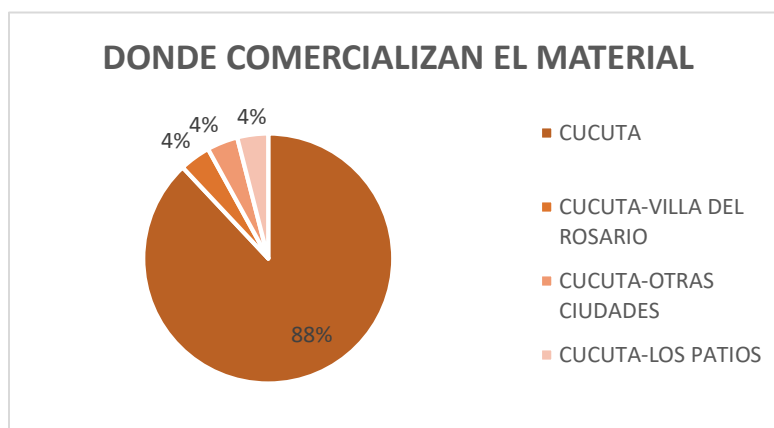
#### 4.1.6. Comercialización de los materiales recuperados

Del total de las bodegas caracterizadas, se encontró que todas 88% realizan comercialización en la ciudad de Cúcuta, y 4 % comercializan dentro del municipio (Villa del Rosario).

Tabla 4

<i>Comercialización</i>	
Cúcuta	22
Cúcuta-villa del rosario	1
Cúcuta-otras ciudades	1
Cúcuta-Los Patios	1
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>

Fuente: Informe Secretaria de Vivienda y Ambiente Villa del Rosario 2021



**Figura 8. Porcentajes de lugares donde se comercializa el material**

Fuente: Informe Secretaria de Vivienda y Ambiente Villa del Rosario 2021

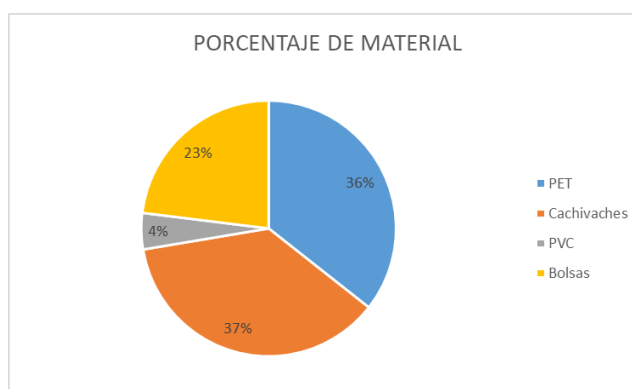
## 4.2. Información Relevante para el desarrollo del proyecto

Teniendo en cuenta, que el proyecto hace referencia a los materiales plásticos, se seleccionara la información referente a ellos.

**Tabla 5**

*Resumen material plástico reciclado*

Material	Cantidad (kg)	Promedio semanal de materiales recuperados en Toneladas (Ton)	Porcentaje
PET	486,92	5.84	35,6
Cachivaches	402	6.03	36,8
PVC	94,125	0.753	4,6
Bolsas	315,83	3.78	23,0



**Figura 9. Porcentaje de cada material plástico**

Fuente: Informe Secretaria de Vivienda y Ambiente Villa del Rosario 2021

### 4.2.1. Cantidad y precio del material plástico reciclado

Tomando los datos de las Tablas 2 y 3, se procede a construir la siguiente tabla, donde se evidencian los datos de toneladas de plásticos producidos al mes y el precio total de cada uno.

**Tabla 6**

Precio total producido al mes de cada material		
Material	TON/ mes	Precio COP/ mes
PET	23,36	19.482.240,00
Cachivaches	24,12	37.699.560,00
PVC	3,012	1.656.600,00
Bolsas	15,12	12.216.960,00
<b>Total</b>	<b>65,6</b>	<b>71.055.360,00</b>

#### 4.2.2. Producción per cápita de plásticos

Para calcular la cantidad de plástico producido por cada habitante del municipio de Villa del Rosario, se empleara la siguiente formula:

$$PPC = \frac{Pw}{Np}$$

Donde:

$$PPC = \text{produccion per capita en } \left( \frac{Kg}{\text{persona} * \text{dia}} \right)$$

$$Pw = \text{peso diario de residuos en } \left( \frac{Kg}{\text{dia}} \right)$$

$$Np = \text{numero de personas}$$

La Tabla 2 indica que la cantidad mensual de plástico es de 65.6 toneladas al mes. Para determinar la relación kilo/ día, se hace el siguiente procedimiento:

$$Pw = 65.6 \frac{\text{Ton}}{\text{mes}} \times \frac{1000\text{Kg}}{1 \text{Ton}} \times \frac{1 \text{mes}}{30 \text{dias}}$$

$$Pw = 2186,7 \text{ Kg/dia}$$

El número de personas es igual a:  $Np = 112\,798$ , este valor se estableció en el marco contextual de este proyecto.

El resultado es:

$$PPC = \frac{2186,7 \text{ Kg/dia}}{112798 \text{ personas}}$$

$$PPC = 0,02 \text{ Kg} * \text{persona/dia}$$

### 4.3. Gestión de residuos sólidos en Villa del Rosario

Los residuos sólidos son recolectados por la empresa VEOLIA, encargada de gestionar estos residuos en la ciudad de Cúcuta y el área metropolitana. Como se menciona, la totalidad de estos residuos son depositados en el Parque Tecnológico Ambiental Guayabal que se encuentra a solo 16,8 kilómetros de Cúcuta, sobre la vía a Puerto Santander, cabe mencionar que el Banco Mundial lo reconoció como modelo de Gestión de Residuos y pocas personas creerían que allí funciona un relleno sanitario que recibe a diario casi 1.000 toneladas de basura. Da la impresión de ser una granja o un vivero, pero menos lo que en verdad es.



**Figura 10. Parque Tecnológico Guayabal**

Fuente: La Opinión 2022

Dicho esto, un porcentaje de los residuos plásticos que se desechan en el municipio no son aprovechados, ya que no hay una un sector o empresa que lidere un proceso de recolección, selección y reutilización de estos materiales.

La ciudad de Cúcuta, es la mayor beneficiaria de estos residuos, según el periódico La Opinión:

A través de una lianza de Aguas Kpital Cúcuta con la Asociación de Emprendedores Recicladores de Norte de Santander, 600 colaboradores recogen en promedio 1.5 toneladas de plástico cada mes. Esto a través de un programa multipropósito de manejo de residuos sólidos, reciclaje y economía circular, que ha contribuido a minimizar la huella de carbono en la ciudad y ha abierto las posibilidades laborales a personas vulnerables de la región.

La iniciativa ha estado presente en la ciudad desde hace años, y busca que las personas desde sus hogares o lugares de trabajo separen correctamente los residuos, que son entregados a Arenorte para ser transformados y prolongar su vida útil (La Opinión, 2022).

Según informe presentado por Veolia, afirma que recibe 0,36 Toneladas/ día, de material aprovechable, lo que equivale a 360 Kilos de material plástico al día que no aprovecha el municipio (Veolia, 2021).

#### **4.4. Proceso de Reciclaje**

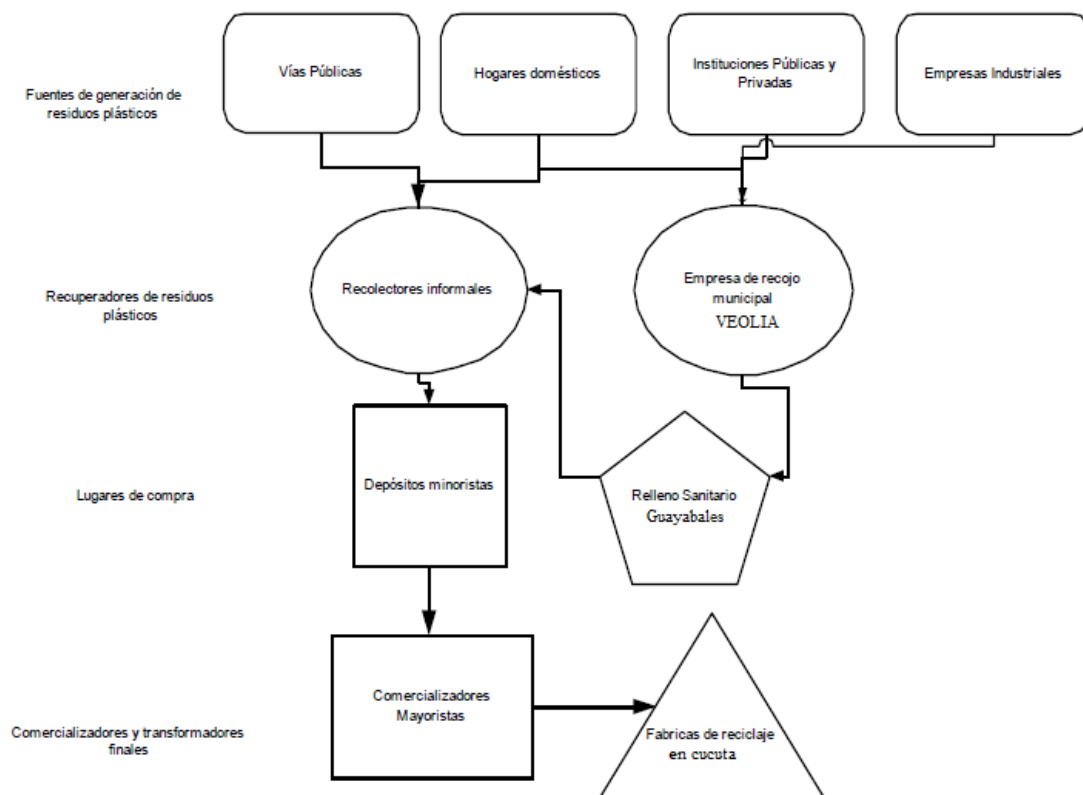
Al no contar en el municipio con una empresa de reciclaje, solo se puede mencionar el proceso de clasificación, el cual realizan las empresas recicladoras.

*Clasificación*

La clasificación se realiza por separado teniendo en cuenta la clase de plástico, los cuales son: PET (botellas de gaseosa, jugos, energizantes, etc.), cachivaches (envases de cloro, champú, jabón líquido, etc.), PVC (tubería y accesorios) y finalmente, las bolsas (de empaque, de alimentos para mascotas, de harina, de embalaje, etc.)

Los elementos que están sucios ya sea por agentes líquidos como son, aceites y pinturas, y agentes sólidos como tierra y lodos, no son aceptados.

En el siguiente esquema se evidencia el destino final del plástico desechado en el municipio.



**Figura 11. Circuito de Reciclaje en Villa del Rosario**



#### **4.5. Mercado actual**

Según manifestaciones de los recuperadores, los materiales plásticos son vendidos a mayoristas que los transportan a la ciudad de Cúcuta donde son posteriormente comercializadas a las empresas recicladoras, medianas y grandes, de esta ciudad.

### **5. Datos tecno económicos del proceso de reciclaje propuesto**

#### **5.1. Materiales plásticos a procesar**

Actualmente, el reciclaje mecánico de los plásticos se presenta como la mejor opción para la contribución a la gestión de los residuos sólidos en el municipio de Villa del Rosario.

Debido a que requieren de menos dinero, no contamina el ambiente, genera mayores ganancias, fuentes de empleos y con un mercado principal asiático para nuevos productos finales (Rueda, 2021).

La intención de este proyecto, es llegar a producir tres tipos de material plástico procesado como lo son: hojuelas o laminillas de PET, pellets de PEAD, PEBD, PP y finalmente plástico aglutinado.

- Hojuelas de PET: La hojuela tiene aplicación para la fabricación de productos textiles, productos de empaque y embalaje y diversos tipos de piezas inyección.



**Figura 12. Hojuelas de PET**

Fuente: Marebol 2022

- Pellets: Este material se utiliza para ser inyectado por medio de una extrusora, con la intención de formar nuevas piezas plásticas.



**Figura 13. Pellet de distintos colores**

Fuente: Aristegui Maquinaria 2022

- Aglutinado: Es un proceso donde se corta y se comprime el material PEBD, mediante el calor que produce la fricción de la máquina. Se utiliza mucho como soporte de colchones, asientos para sala y sillas; también se utiliza en la producción de pellets.



**Figura 14. Aglutinado de baja densidad**

Fuente: Polímeros reciclados 2022

## 5.2. Cálculos de la capacidad requerida por maquinaria

El cálculo de la capacidad de la maquinaria necesaria para el procesamiento de cada tipo de plástico se estima de la siguiente manera:

Según datos tomados de la Tabla 6

- **PET**

Generación mensual de residuos = 23360 Kg

Generación diaria de residuos = 23360 Kg/ 30 días = 778,7 Kg / día

Capacidad requerida de la maquinaria = 778,7 Kg / día / 8 h /día = **97 Kg/ h**

- **PEAD- PP**

Generación mensual de residuos = 24120 Kg

Generación diaria de residuos = 24120 Kg/ 30 días = 804 Kg / día

Capacidad requerida de la maquinaria = 804 Kg / día / 8 h /día = **100,5 Kg/ h**

- **PEBD**

Generación mensual de residuos = 15120 Kg

Generación diaria de residuos = 15120 Kg/ 30 días = 504 Kg / día

Capacidad requerida de la maquinaria = 504 Kg / día / 8 h /día = **63 Kg/ h**

### 5.3. Precios

Los precios de los desechos plásticos en el municipio de Villa del Rosario y los precios del plástico reciclado procesado (*scraps, pellets*) al 2022 se muestran en la siguiente tabla respectivamente.

**Tabla 7**

*Precios de compra y venta de plásticos*

<b>Material</b>	<b>Precio de compra COP</b>	<b>Precio de venta procesado COP</b>
PET	1672	3543
PEAD- PP	1738	3786
PEBD	1516	3128

Fuente: Acoplasticos Agosto 2022

Se puede apreciar una gran diferencia entre los precios de compra del desecho y los precios de venta del *pellet*, debido a las diferentes etapas de transformación que sufre el desecho plástico.

Según el mercado, el precio está en función a los tipos de plástico reciclado, siendo el de mayor precio el *pellet* cristalino que se obtiene de los residuos plásticos de PET, y que tiene más demanda por la industria del plástico ya que tienen la posibilidad de darle el color que ellos requieren durante su proceso industrial; en cambio los *pellets* de color y negro tienen menor precio y se obtienen de los otros tipos de plástico reciclado (HDPE, LDPE, PVC, PP, PS y otros). El *scrap* tiene un menor precio porque es obtenido de los residuos plásticos en la etapa de molienda.

#### **5.4. Selección de maquinaria**

Para seleccionar la maquinaria adecuada se solicitó cotizaciones a empresas importadoras de maquinaria en el país, a través de internet y a fabricantes nacionales. Fue necesario dar a conocer las características de los productos plásticos a reciclar y del proceso que se piensa implementar para que las empresas ayudasen a proponer la mejor opción.

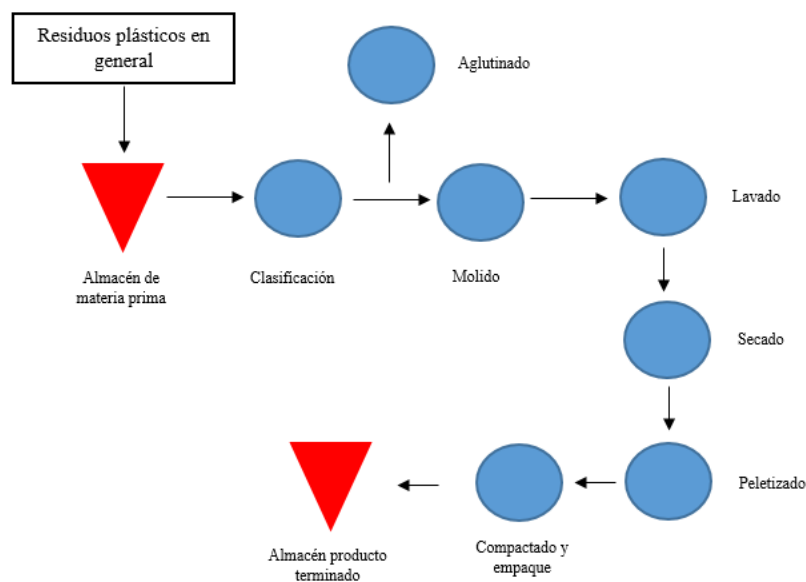
Estas características o información necesaria es la siguiente:

- Tipo de material a reciclar.
- Forma física del material
- Origen del material plástico a reciclar
- Contenido original del material a ser reciclado
- Producción requerida (kg/h).
- Grado de limpieza que deben tener los materiales procesados.
- Grado de reciclaje

Para nuestro caso se dieron las siguientes características:

- Tipo de material a reciclar: HDPE, PP, PET
- Forma física del material: botellas, recipientes y otros.
- Origen del material plástico a reciclar: recolectores de basura del municipio
- Contenido original del material a ser reciclado: alimentos, productos químicos, etc.
- Producción requerida: 100- 200 kg/h
- Grado de limpieza que deben tener los materiales procesados: 90 %
- Grado de reciclaje: hojuelas de PET, pellets y aglutinado

Existen diferentes tipos de maquinaria y tecnología según el tipo de plástico que se pretenda reciclar. Se elegirá una empresa para la selección de maquinaria. En la Figura # se muestra el diagrama de flujo del proceso de reciclaje propuesto.



**Figura 15. Diagrama de flujo del proceso de reciclaje propuesto**



### Figura 16. Tipos de maquinaria de la empresa Dinaplast

Fuente: Acoplasticos 2022

Nombre empresa: DINAPLAST GM LTDA PLASTIC AND MACHINERY

Propietario: Guillermo Moreno

Ubicación: Calle 32N° 17-57 Villavicencio, Meta

Teléfono: +57(313)2357865

Correo: dinaplast.gm@gmail.com

Página web: dinaplast.gm@gmail.com

#### 5.4.2. Características técnicas de los equipos

<b>Aglutinador de plástico</b>

<b>Descripción</b>
<p>-Minimización de los espacios en las fábricas es fundamental para la disponibilidad de los residuos reciclables plásticos y mejorar así la utilización de los mismos.</p> <p>-Granulan los empaques flexibles para garantizar una adecuada alimentación en las tolvas de las Peletizadoras, Sopladora, inyectoras u otras máquinas, además; está diseñadas procesar cualquier tipo de Poliolefinas como son los polipropilenos y los polietilenos de alta o baja densidad, incluso PVC y otros.</p>

-Diseñada para rendimientos óptimos y minimización de energía, al dotarse de volantes de inercia en el eje, el cual va montado sobre rodamientos axiales y radiales, empotrados en una carcasa mecanizada y refrigerada de ser necesario.
<b>Especificaciones técnicas</b>
Potencia: 25-50 hp
Producción: 100-200 Kg/h
Voltaje: 220- 440 V
Precio: 21.420.000 COP

**Figura 17. Aglutinador plástico**

<b>Molino de plásticos</b>

<b>Descripción</b>
-Rotores de corte tangencial lineal o escalonado. Gran robustez en toda su construcción, generando materias primarias recicladas intermedias de alta calidad. Los molinos trituradores para plástico, puede ser usados para cualquier tipo de resina plástica como: PE, PP, PET, PVC, PS, PC, ABS. -Adicionales: Apertura neumática, extracción de triturado por aspiración, sinfín, etc. Según necesidad.
<b>Especificaciones técnicas</b>
Potencia: 15-60 hp
Producción: 200-1500 Kg/h
Voltaje: 220- 440 V
Precio: 15.340.000 COP

**Figura 18. Molino de plástico**



<b>Extrusora - Peletizadora</b>

<b>Descripción</b>
<p>Con un concepto innovador, la máquina está cerrada herméticamente, según normas de seguridad industrial, integrada de manera óptima a la transmisión, la unidad de proceso y el equipo eléctrico, teniendo un mantenimiento extremadamente reducido.</p>
<p>Tienen un Accionamiento con rodamiento axial integrado, permitiendo el accionamiento directo del husillo al sistema motriz del acoplado al reductor, este sistema está presente en todas las extrusoras mono husillo hasta 250 mm de diámetro.</p>
<p>Amplias líneas, procesos variados como Peletizadora, fabricación de plástica, poliductos y film.</p>
<b>Especificaciones técnicas</b>
Potencia: 10-100 hp
Producción: 30-350 Kg/h
Voltaje: 220- 440 V
Precio: 53.550.000 COP

**Figura 19. Extrusor peletizador**

<b>Prensa Compactadora hidráulica</b>	
	
<b>Descripción</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ser utilizada en Papel, Cartón, Plástico, Latas, Aluminio, Envases de Pet, etc.</li> <li>• Compactan sus costos de eliminación de residuos.</li> <li>• Convierten sus residuos en dinero.</li> <li>• Contribuyen a la conservación ecológica permitiendo el reciclaje.</li> <li>• Minimizan las posibilidades de robo de materiales reciclados.</li> <li>• Bajan los costos de manipulación y transporte de materiales.</li> <li>• Mejoran la higiene evitando la procreación de insectos.</li> <li>• Reducen al mínimo el riesgo de incendios.</li> <li>• Los fardos (pacas) resultan de tamaño uniforme e independiente de la voluntad del Operador, facilitando el manipuleo y almacenaje.</li> </ul>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	
Potencia: 10- 25 hp	
Presiones: 10- 50 Toneladas	
Tipo: Hidráulica	
Precio: 20.230.000 COP	

**Figura 20. Prensa Compactadora hidráulica**

<b>Lavadora-secadora de plásticos</b>	
	
<b>Descripción</b>	
<p>La lavadora plásticos rígidos, es la llave del éxito de una planta de lavado es el tratamiento del agua para obtener una buena calidad del producto final y evitar la contaminación de las fuentes hídricas. La Lavadora de plásticos rígidos permite lavar plásticos muy sucios y con un alto contenido de papel y residuos de Aluminio.</p> <p>Son máquinas robustas de alto desempeño para mejorar la calidad de los reciclados. Cuentan con una Centrifuga para extraer la humedad. Estas centrifugas se colocan después de la Tina de Flotación, Separación y Lavado y posteriormente pasan las resinas plásticas a la Secadora a Gas para obtener un producto de alta calidad y sin humedad.</p>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	
Potencia: 10- 25 hp	
Producción: 100- 300 Kg/h	
Voltaje: 220-440 V	
Precio: 20.230.000 COP	

**Figura 21. Lavador secador de plástico**

Para el proceso de reciclado es muy necesario contar con un equipo que pese el material, tanto en el área de recepción como en el área de producto terminado. Por lo que incluirán en la selección de equipos dos básculas de piso industrial.

<b>Bacula de piso Industrial</b>	
	
<b>Descripción</b>	
<p>Ideal para pesar paquetes de tamaño mediano, utilizado con mayor frecuencia en el área industrial, ya que por su tamaño y capacidad, favorece el recibo o despacho de mercancía en medianas cantidades o pesos.</p> <p>Cuenta con estructura tubular pintada y cubierta en acero inoxidable, celda de carga mono bloque y topes para sobrecarga.</p>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	
Capacidad: 300- 600 Kg	
Peso bruto: 31,5 Kg	
Voltaje: 120-240 V	
Potencia: 6 W	
Precio: 1.785.000 COP	

**Figura 22. Bacula de piso Industrial**

## **5.5. Inversión**

### **5.5.1. Inversión en maquinaria**

En la siguiente tabla se muestra el tipo de máquina y su valor comercial:

**Tabla 9**

<i>Inversión en Maquinaria</i>		
<b>Tipo de maquina</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio COP</b>
Aglutinador de plástico	1	21.420.000
Molino de plásticos	1	15.340.000
Extrusora - Peletizadora	1	53.550.000
Prensa Compactadora hidráulica	1	20.230.000
Lavadora-secadora de plásticos	1	20.230.000
Bascula de piso Industrial	2	3.570.000
	<b>TOTAL</b>	<b>134.340.000</b>

### 5.6. Capacidad

A continuación se describen las especificaciones técnicas más relevantes de cada máquina seleccionada.

**Tabla 10**

<i>Especificaciones Técnicas</i>			
<b>Tipo de maquina</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Potencia (hp/KW)</b>	<b>Voltaje</b>
Aglutinador de plástico	100-200 Kg/h	50/37.3	220/440
Molino de plásticos	200-1500 Kg/h	60/44.7	220/440
Extrusora - Peletizadora	30-350 Kg/h	100/74.6	220/440
Prensa Compactadora hidráulica	50 Toneladas de presión	25/18.7	220/440
Lavadora-secadora de plásticos	100-300 Kg/h	25/18.7	220/440
Bascula de piso Industrial	300-600 Kg	0.006	120/240

### 5.7. Ingresos

Para el cálculo de la capacidad de producción mensual se considera un turno de trabajo de 8 horas diarias y 25 días de trabajo al mes, y estimando una pérdida del 2% del material reciclado.

**Tabla 11***Cálculos de ingreso por la venta de plástico reciclado*

	<b>Hojuelas de PET</b>	<b>Pellets</b>	<b>Aglutinado</b>
Capacidad de producción nominal (Kg/h)	300 Kg/h	350Kg/h	200 Kg/h
Capacidad de producción mensual nominal (Kg)	60000	70000	40000
Materia prima disponible para procesar mensual (Kg)	23360	24120	15120
Cantidad procesado (Kg)	22893	23638	14818
Precio (COP/Kg)	3543	3786	3128
<b>Ingreso mensual (COP)</b>	<b>81.109.899</b>	<b>89.474.538</b>	<b>46.350.704</b>
<b>Ingreso anual (COP)</b>	<b>973.318.799</b>	<b>1073.694.456</b>	<b>556.208.448</b>

Según los datos de la tabla, la relación de producción mensual nominal y materia prima disponible, podemos concluir que el molino trabajara al 39% de capacidad, la extrusora al 34,5% de capacidad y el aglutinador a 37,8% de capacidad. Por lo que a futuro se puede pensar en una mayor producción sin cambiar o aumentar la maquinaria.

## 5.8. Egresos

### 5.8.1. Egresos por materia prima

Los egresos por materia prima se consideran según la cantidad de materia prima a comprar de acuerdo a la tabla.

**Tabla 12***Egresos por materia prima*

	<b>PET</b>	<b>PEAD-PP</b>	<b>PEBD</b>
Cantidad (Kg)	23360	24120	15120
Precio de compra (COP)	1672	1738	1516
<b>Egreso mensual (COP)</b>	<b>39.057.920</b>	<b>41.920.560</b>	<b>22.921.920</b>
<b>Egreso anual (COP)</b>	<b>468.695.040</b>	<b>503.046.720</b>	<b>275.063.040</b>

Se debe tener en cuenta, que en este proyecto se asume que el material procesado es comprado directamente a las recicladoras formales, por lo tanto los precios de compra son más elevados. Si se comprara directamente al cliente o reciclador informal, el precio sería más bajo, obteniendo una mayor ganancia.

### **5.8.2. Egresos por mano de obra**

Para este proyecto se consideran cinco (7) operarios de producción, un jefe de planta encargado de la logística y representación de la empresa, quien a su vez realizará las funciones de supervisión y una contadora que a su vez también realizara algunas funciones de administración. En total

El personal estará distribuido de la siguiente manera:

- 02 operarios para la selección de materia prima
- 01 operario para la alimentación del molino
- 01 operario para alimentación del aglutinador
- 01 operario para la alimentación de la extrusora
- 01 operario para lavado y secado
- 01 operario para compactación y empaque

El salario neto que debe pagar el empleador a cada uno de los empleados, se calculara con la ayuda de una calculadora online. El salario mensual de cada operario será de 1.000.000 COP, el salario del Jefe de planta y contador serán de 2.500.000 COP.

En la tabla 13 se muestra el pago total de los salarios mensuales.

### Calcula el costo mensual de tu empleado

Tipo de salario: Ordinario ⓘ

Salario: \$1,000,000 ⓘ

Otros ingresos mensuales salariales: \$0 ⓘ

Otros ingresos mensuales no salariales: \$0 ⓘ

ARL (Administradora de Riesgos Laborales): 1.044% ⓘ

Subsidio de transporte: \$117.172 ⓘ

Calcular costo mensual

Total ingreso promedio mensual: \$1.117.172

IBC parafiscales - IBC seguridad social:	<b>\$1.000.000</b> ⓘ
Salud obligatoria:	\$85.000
Pensión obligatoria	\$120.000
ARL (Administradora de Riesgos Laborales):	\$10.440
Caja de compensación familiar:	\$40.000
SENA + ICBF	0 ⓘ
Subsidio de transporte:	\$117.172
Vacaciones	\$41.667 ⓘ
Prima de servicios:	\$93.098
Cesantías:	\$93.098
Intereses de cesantías:	\$11.172

**COSTO MENSUAL REAL: \$1.611.646**

Nota: el cálculo de la retención en la fuente se estima con el procedimiento del # 1 (Art. # 385 E.T.) y la tabla de retención en la fuente (Art. # 383 E.T.).

**Figura 23. Calculo costo mensual operario**



### Calcula el costo mensual de tu empleado

Tipo de salario: Ordinario ⓘ

Salario: \$2,500,000 ⓘ

Otros ingresos mensuales salariales: \$0 ⓘ

Otros ingresos mensuales no salariales: \$0 ⓘ

ARL (Administradora de Riesgos Laborales): 1.044% ⓘ

Subsidio de transporte: \$0 ⓘ

Calcular costo mensual

Total ingreso promedio mensual: \$2.500.000

IBC parafiscales - IBC seguridad social:	<b>\$2.500.000</b> ⓘ
Salud obligatoria:	\$212.500
Pensión obligatoria:	\$300.000
ARL (Administradora de Riesgos Laborales):	\$26.100
Caja de compensación familiar:	\$100.000
SENA + ICBF:	0 ⓘ
Subsidio de transporte:	\$0
Vacaciones:	\$104.167 ⓘ
Prima de servicios:	\$208.333
Cesantías:	\$208.333
Intereses de cesantías:	\$25.000

**COSTO MENSUAL REAL: \$3.684.433**

Nota: el cálculo de la retención en la Fuente se estima con el procedimiento del # 1 (Art. # 385 E.T.) y la tabla de retención en la Fuente (Art. # 383 E.T.).

**Figura 24. Calculo costo mensual Jefe de planta y Contador**

**Tabla 13**

*Egresos mensuales por mano de obra*

Personal	Cantidad	Costo mensual COP	Total (COP)
Operario	7	1.611.646	11.281.522
Jefe de planta	1	3.684.433	3.684.433
Contador	1	3.684.433	3.684.433
<b>Total</b>			<b>18.650.388</b>

### 5.8.3. Egresos por servicios

Los gastos estimados por servicios se resumen en la Tabla 14

**Tabla 14**

<i>Egresos por servicio</i>	
<b>Servicio</b>	<b>Costo por servicio COP/mes</b>
Electricidad	33.538.060
Agua	350.000
Teléfono	110.000
Mantenimiento	2.000.000
Arriendo terreno	1.500.000
<b>Total mensual (COP)</b>	<b>37.498.060</b>
<b>Total anual (COP)</b>	<b>449.976.720</b>

El costo por servicio de electricidad se ha calculado considerando 900 COP por kW-h en energía y el cálculo de agua se ha estimado ya que no se cuenta con información suficiente, de igual manera el costo por servicio telefónico, mantenimiento y arriendo de terreno.

Los costos de electricidad, agua y mantenimiento se consideran, en el flujo de caja, como costos indirectos de fabricación, mientras que los gastos de teléfono como gastos administrativos.

## **6. Rentabilidad del proyecto**

### **6.1. Introducción**

El costo de un bien constituye un conjunto de esfuerzos y recursos que han sido invertidos con el fin de producirlo. La producción de un bien requiere de un conjunto de factores técnicos: horas de trabajo, costo de maquinaria, materiales y herramientas.

Tiene como objetivo aprovechar los recursos para mejorar las condiciones de vida de una comunidad, pudiendo ser a corto, mediano o a largo plazo. Comprende desde la intensión o pensamiento de ejecutar algo hasta el término o puesta en operación normal.

Responde a una decisión sobre uso de recursos con algún o algunos de los objetivos de incrementar, mantener o mejorar la producción de bienes o la prestación de servicios.

## 6.2. Consideraciones generales del “Método que considera el valor del dinero en el tiempo”

Las inversiones que se realizaron con un propósito de obtener un rendimiento, es necesario cuantificar el monto de la inversión, así como los flujos de dinero que surgirán durante el proyecto.

La cuantificación de los ingresos y los egresos se hace con base en las sumas de dinero que se reciben (ingresos) y se entregan (gastos); aplicando una serie de índices o indicadores de eficiencia financiera los cuales permiten conocer con cuanta eficiencia se utilizan los recursos en el desarrollo de las actividades dentro del proyecto.

### 6.2.1. Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como Valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN).

Para ello trae todos los flujos de caja al momento presente descontándolos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en n° de unidades monetarias (euros, dólares, pesos, etc.).

Se utiliza para la valoración de distintas opciones de inversión. Ya que calculando el VAN de distintas inversiones vamos a conocer con cuál de ellas vamos a obtener una mayor ganancia.

La fórmula que se utiliza para calcular el valor actual neto (VAN) es:

$$VAN = \sum_0^n \frac{FNE}{(1+i)^n}$$

Donde:

VAN: Valor Actual Neto

FNE: Flujo neto de efectivo

i: Tasa de interés a la que se descuentan los flujos de efectivos

n: corresponde al año que se genera el flujo de efectivo de que se trate

### 6.2.2. Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

La Tasa Interna de Rendimiento (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el Valor Actualizado Neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de rendimiento (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación a resolver. Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones, utilizar una calculadora financiera o un programa informático.

$$TIR = ia - \left[ (ia - ib) * \frac{VAN}{VAN_+ + VAN_-} \right]$$

Donde:

TIR: Tasa Interna de Rendimiento

ia: tasa de interés alta

ib: tasa de interés baja

VAN<sub>+</sub>: Valor actual Neto positivo

VAN<sub>-</sub> : Valor Actual Neto negativo

### 6.2.3. Costo Beneficio

La relación costo-beneficio es una herramienta financiera que compara el costo de un producto versus el beneficio que este entrega para evaluar de forma efectiva la mejor decisión a tomar en términos de compra.

El análisis costo-beneficio de un proyecto, por ejemplo, está constituido por un conjunto de procedimientos que proporcionan las medidas de rentabilidad del proyecto mediante la comparación de los costos previstos con los beneficios esperados al llevarlo a cabo.

En economía, para calcular si la balanza costo-beneficio está equilibrada se utilizan los siguientes pasos y fórmulas:

Se define el valor monetario de los costos y de los beneficios para la implantación del sistema.

Se convierten los costos y los beneficios a un valor actual.

Se halla la relación costo-beneficio (C/B), que es igual a los ingresos totales netos divididos por los costos totales:

$$B/C = \frac{\sum_1^N VAN_n}{\text{Inversión Inicial}}$$

Donde:

B/C: Costo Beneficio

VAN: Valor Actual Neto

N: duración de años del proyecto

Si el análisis de la relación C/B es mayor a 1 significa que es rentable, mientras que si es igual o menor a 1 indica que no es rentable.

Se toma el resultado y se compara con otros proyectos.

Se escoge el proyecto con el mayor índice en la relación.

#### **6.2.4. Criterio de Aceptación**

Los valores arrojados por los indicadores de la metodología, dan la aceptación para la financiación del proyecto cuando resultan:

$VAN > 0$

$TIR >$  Tasa de actualización, pero dentro de los valores de interpolación

$B/C > 1$

- El primero indica que los beneficios proyectados son superiores a sus costos.
- El segundo indicador, significa que la tasa interna de rendimiento es superior a la tasa bancaria no tasa corriente.
- El tercero, revela que los beneficios generados por los proyectos, son mayores a los costos incurridos de implementación.

#### **Proyectos Postergados**

Los proyectos de inversión llegan a ser postergados cuando los indicadores arrojan los siguientes resultados:

$VAN = 0$

TIR = Tasa de descuento

$B/C = 1$

En ese caso, los beneficios y costos de los proyectos están en equilibrio, por tanto, se recomienda corregir algunas variables como pueden ser mercados, tecnología, gastos de implementación, financiamiento e inversión.

### **Proyectos Rechazados**

Los proyectos de inversión llegan a ser rechazados cuando los indicadores arrojan los siguientes resultados:

$VAN < 0$

TIR < Tasa de descuento

$B/C < 1$

Significa que los beneficios de los proyectos son inferiores a sus costos y la tasa interna de rendimiento es inferior a la tasa bancaria, siendo rechazado definitivamente el proyecto.

### **6.3. Calculo de la Rentabilidad**

Para determinar la rentabilidad del proyecto se usara el total de egresos y el total de ingresos, no se usaran costos fijos, diferidos ni un capital de trabajo. Estos valores serán proyectados al primer año.

En la inversión inicial se tiene en cuenta, el costo de maquinaria, materia prima, salarios y servicios. Los datos de rentabilidad se calcularan mediante un programa de Excel.

**Tabla 15**

<i>Ingresos y egresos</i>	
<b>Egresos</b>	
Costo de maquinaria	134.340.000 COP
Personal	223.804.656 COP
Materia prima	1246.804.800 COP
Servicios	449.976.720 COP
<b>Total Egresos</b>	<b>2054.926.176 COP</b>
<b>Ingresos</b>	<b>2613.221.703 COP</b>

### 6.3.1. Evaluación financiera con EXCEL

<b>EVALUACION FINANCIERA</b>								
<b>INDICADORES FINANCIEROS</b>								
<i>FLUJO NETO DE EFECTIVO</i>								
Año de operación	Ingresos totales*	Inversiones para el proyecto				Valor de Rescate		Flujo Neto de Efectivo
		Egresos totales	Fija	Diferida	Cap de trab.	Valor Residual	Recup. De cap. De Trab.	
0								0,00
1	2.613.221.703	2.054.926.176,00						558.295.527
2								0,00
3								0,00
4								0,00
5						200.000	0	200.000

**Figura 25. Ingreso de datos (Egresos e ingresos totales)**



**CALCULO DEL VAN, R B/C Y TIR CON UNA TASA DE DESCUENTO DEL 10%**

Año de operación	Costos totales (\$)	Beneficios totales (\$)	Factor de actualización 10,0%	Costos actualizados (\$)	Beneficios actualizados (\$)	Flujo neto de efectivo act. (\$)
0	0	0	1,000	0,00	0,00	0,00
1	2.054.926.176	2.613.221.703	0,909	1.868.114.705	2.375.656.093,64	507.541.388,18
2	0	0	0,826	0,00	0,00	0,00
3	0	0	0,751	0,00	0,00	0,00
4	0	0	0,683	0,00	0,00	0,00
5	0	200.000	0,621	0,00	124.184,26	124.184,26
<b>Total</b>	<b>2.054.926.176</b>	<b>2.613.421.703</b>		<b>1.868.114.705</b>	<b>2.375.780.277,90</b>	<b>507.665.572,45</b>

Los indicadores financieros que arroja el proyecto son:

<b>VAN=</b>	<b>507.665.572</b>	<b>Se acepta</b>
<b>TIR =</b>	<b>#INUM!</b>	<b>#INUM!</b>
<b>B/C =</b>	<b>1,27</b>	<b>Se acepta</b>

**Figura 26. Calculo de VAN, TIR, B/C**

El Proyecto se acepta, es viable.

## 7. Conclusiones

- El reciclaje de plásticos en el municipio de Villa del Rosario solo se basa en la recuperación por parte de empresas recicladoras, solo el 8% de las empresas recicladoras realizan un proceso de transformación como lo indica la Figura 7.
- En la cadena de comercialización de los residuos plásticos existen varios intermediarios que los venden principalmente a la ciudad de Cúcuta, para su posterior transformación, lo cual incrementa el precio de estos residuos. Con la introducción de una fábrica recuperadora y transformadora de plásticos la venta de estos residuos sería directa, mejorando la calidad de vida y fomentado la formalidad de estos microempresarios.
- La separación de los plásticos es la etapa más complicada, ya que de esto dependerá la calidad del producto, es necesario una recolección diferenciada orientada a la generación de desperdicios de la misma especie o bien mezclas de productos con composiciones constantes.
- Los materiales plásticos con mayor demanda en el mercado nacional e internacional son el PET, el HDPE y el PP según conversaciones con recicladores e importadores de material reciclado; cabe señalar que entre éstos, el material con mayor demanda es la hojuela o scrap de PET.
- Las propiedades de los plásticos reciclados deben ser analizadas ya que éstas disminuyen en un 5% a 10% cada vez que se recicla el material. Una alternativa es utilizarlo en combinación con material virgen.
- El análisis de Rentabilidad entrega un buen pronóstico, nos arroja un VAN mayor a uno, por lo que se tendrá un flujo de efectivo por 507.665.572 COP el primer año. Por otra parte el costo beneficio es de 1,27 lo cual indica que el proyecto se acepta o es viable.

## **8. Recomendaciones**

- Se recomienda la implementación de un programa de reciclaje y segregación en la fuente de generación (hogares, colegios, establecimientos comerciales, etc), como alternativa para el recojo de residuos plásticos en forma eficiente.

-Capacitar a los recolectores en lo referente a la clasificación de los residuos plásticos para optimizar la recolección diferenciada y el uso de artículos de seguridad.

- Para crear una empresa de reciclaje de plásticos en Colombia, primero se debe registrar regularmente como cualquier empresa, especificando la actividad principal que es el procesamiento de plásticos, además se deben obtener permisos, concesiones y licencias ambientales, las cuales otorgara la alcaldía del municipio de Villa del Rosario. Una vez en funcionamiento deberán cumplir con exigencias legales, como la resolución 1407 de 2018 la cual sentencia que el 30% de desechos reciclables incluyendo el plástico debe incorporarse al ciclo económico al cierre del 2030.

-Este proyecto sirve como punto de partida, con el fin de diseñar un proyecto de factibilidad donde integren más variables a estudiar incluyendo las de análisis financiero y de sensibilidad.

### Referencias Bibliográficas

- Acoplasticos (Agosto, 2022). Encuesta de precios del mercado de reciclaje en Colombia. Recuperado el 25 de octubre de 2022, de [https://www.plastic.org/files/encuesta\\_2022agosto\\_precios\\_de\\_reciclaje.pdf](https://www.plastic.org/files/encuesta_2022agosto_precios_de_reciclaje.pdf)
- Báscula de Piso Industrial Argos Pro PL SP. (s/f). Badecol - Balanzas de Colombia. Recuperado el 25 de octubre de 2022, de <https://www.badecol.com/products/bascula-de-piso-industrial-argos-pro-pl-sp>
- Calcula el salario neto mensual de tu empleado. (s/f). elempleo.com. Recuperado el 26 de octubre de 2022, de <https://www.elempleo.com/cross/calculadora-laboral-salario-neto-mensual>
- Fuhr, L., Fundación, H., Schächtele, K., Sach, J., Hecher, S., Appenzeller, L., Funke, K., Kraus, A., Mundy, P., Hausinger, I., Orellana, M., Arkin, C., Azoulay, D., Caterbow, A., Chemnitz, C., Duran, C., Eriksen, M., Feit, S., Fernandez, M., Böll, H. (2019). Boell.org. Recuperado el 1 de julio de 2022, de <https://co.boell.org/sites/default/files/2021-02/Plastic%20Atlas%202019%20cambio.pdf>
- La industria del plástico creció 22,2% frente a 2020 en el primer semestre. (s/f). Diario La República. Recuperado el 1 de julio de 2022, de <https://www.larepublica.co/especiales/la-revolucion-del-plastico/la-industria-del-plastico-crecio-22-2-frente-a-2020-en-el-primer-semestre-3233461>
- MARECBOL- Fabrica de Envases y Preformas. (s/f). Marecbol.com. Recuperado el 24 de octubre de 2022, de <https://www.marecbol.com/hojuelas.html>
- Maquinaria, A. (2019, mayo 21). El proceso de termoformado en plásticos. Aristegui Maquinaria. <https://www.aristegui.info/el-proceso-de-termoformado-en-plasticos/>
- Martínez, O. (2021) Informe de seguimiento al programa de aprovechamiento del plan de gestión integral de residuos sólidos – PGIRS. Secretaria de Vivienda y Ambiente. Alcaldía de Villa del Rosario-Colombia.
- Ochoa (2017). Propuesta integral para el aprovechamiento del plástico a partir de los residuos sólidos resultantes del embalaje de plaguicidas (residuos respel).
- Parque Tecnológico Ambiental Guayabal, referente de disposición adecuada de residuos sólidos. (2022). La Opinión. Recuperado el 26 de octubre de 2022, de <https://www.laopinion.com.co/economia/parque-tecnologico-ambiental-guayabal-referente-de-disposicion-adecuada-de-residuos>
- POLIMEROS RECICLADOS. (s/f). ENVYRO S.A.S. y Fundación ENVYRO. Recuperado el 24 de octubre de 2022, de <https://www.envyro.org/tienda-online-1/polimeros-reciclad/>

Rivera (2004). Propuesta de Reciclaje mecánico de plásticos en la ciudad de Piura

Rueda, D. (2021, junio 11). Reciclaje Mecánico. [encolombia.com. https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/reciclaje-mecanico/](https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/reciclaje-mecanico/)

Tipos de plásticos: termoplásticos, termoestables y elastómeros. (s/f). Envaselia.com. Recuperado el 26 de octubre de 2022, de <https://www.ensavelia.com/blog/tipos-de-plasticos-termoplasticos-termoestables-y-elastomeros-id14.htm>

Tipos de reciclaje. (2016, Febrero 9). A vueltas con los materiales. <https://lamateriadelsaber.wordpress.com/2016/02/09/tipos-de-reciclaje/>

Vaca & Rojas (2012). Proyecto de factibilidad para la instalación de una planta de reciclaje mecánico de plásticos para el Cantón Santo Domingo de los Colorados.

Urquiza & Ferrando (2015). Reciclado mecánico de residuos plásticos. Caso práctico: Poliestireno de alto impacto para la fabricación de componentes de TV.

## Anexos

### Anexo 1. Distribución en planta

