

**ESTRATEGIA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE
TRATAMIENTO DE RESIDUOS PLÁSTICOS RECICLABLES EN EL
MUNICIPIO DE FUNZA - CUNDINAMARCA**

María Daveiba Rincón Verdugo

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
Facultad de Ciencias Ambientales
Especialización en Gestión Ambiental Urbana**

Bogotá D.C., octubre de 2021

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

**Facultad de Ciencias Ambientales
Especialización en Gestión Ambiental Urbana**

**Estrategia para la optimización de la gestión de tratamiento de residuos
plásticos reciclables en el Municipio de Funza - Cundinamarca**

María Daveiba Rincón Verdugo

**Director
Jairo Enrique Bárcenas Sandoval, Magister en Gestión del
Riesgo y Desarrollo**

Monografía presentada como requisito para la obtención del título de
Especialista en Gestión Ambiental Urbana
Bogotá D.C., octubre de 2021

Universidad Piloto de Colombia

Facultad de Ciencias Ambientales – Especialización en Gestión Ambiental Urbana

HOJA DE APROBACIÓN

Estrategia para la optimización de la gestión de tratamiento de residuos plásticos reciclables en el Municipio de Funza - Cundinamarca

María Daveiba Rincón Verdugo

Nombre, Título académico Jairo Enrique Bárcenas Sandoval, Magister en
Director del proyecto de grado Gestión del Riesgo y desarrollo

Nombre, Título académico
Co-Director del proyecto de grado _____

Nombre, Título académico
Miembro del Jurado _____

Nombre, Título académico
Miembro del Jurado _____

Nombre, Título académico
Decano _____

Bogotá D.C., septiembre de 2021

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad Piloto de Colombia (UPC) y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Así mismo, autorizo a la UPC para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual.

Nombre: María Daveiba Rincón Verdugo

C. C.: 51.874.820

Nombre: _____

C. C.: _____

Lugar: Bogotá D.C.

Fecha: noviembre de 2021

DEDICATORIA

A Dios, por darme la sabiduría y las fuerzas para continuar con este proceso.

A mis padres y a mi hermano, por su amor y apoyo incondicional, sin ellos no lo hubiera logrado... mamita esto es para ti y por ti, gracias por ser mi motor, mi polo a tierra, mi motivación completa. Te amo

A mis familiares y amigos, que me acompañaron durante este proceso de formación y desarrollo académico, alentándome cada día para culminarlo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, dador de vida y fuerzas.

A mis Padres, por su amor y apoyo incondicional.

A mi amigo Jose Manuel, por su invaluable ayuda.

A mis compañeros, Geovanny Burgos y Anderson Padilla por su motivación.

Al Doctor Jairo Enrique Bárcenas Sandoval, Director trabajo de grado, por la dirección y apoyo brindado hacia la presente investigación.

RESUMEN

Se plantea un estudio orientado a diseñar una estrategia ambiental, innovadora y con viabilidad financiera y técnica que permita la optimización de la gestión de tratamiento de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca. Para ello se buscó la identificación de experiencias nacionales e internacionales, innovadoras, para el tratamiento de los residuos plásticos reciclables, el análisis del diagnóstico del PGIR de Funza, Cundinamarca, con énfasis en el tratamiento de los residuos sólidos plásticos, y la estructuración de los componentes técnicos y financieros del método que permita optimizar el tratamiento de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca. Dentro de los principales hallazgos se tuvo las experiencias de países como Holanda, Alemania y Singapur en sus técnicas de tratamiento de residuos plásticos, el poco énfasis del plan de desarrollo municipal de Funza para el tratamiento de residuos plásticos, y la viabilidad de una estrategia de transformación de residuos plásticos en materias como PET, PEAD y PEBD, con la que se daría además un paso importante en la implementación de una economía circular en lo que a los plásticos se refiere.

Palabras clave: Gestión Ambiental, Gestión Ambiental Urbana, Desarrollo Sustentable, Residuos plásticos, Reciclaje.

ABSTRACT

A study is proposed aimed at designing an environmental, innovative strategy with financial and technical viability that allows the optimization of the management of recyclable plastic waste treatment in the municipality of Funza, Cundinamarca. For this, the identification of national and international, innovative experiences was sought for the treatment of recyclable plastic waste, the analysis of the diagnosis of the PGIR of Funza, Cundinamarca, with emphasis on the treatment of solid plastic waste, and the structuring of the technical and financial components of the method to optimize the treatment of recyclable plastic waste in the municipality of Funza, Cundinamarca. Among the main findings were the experiences of countries such as the Netherlands, Germany and Singapore in their plastic waste treatment techniques, the little emphasis of the municipal development plan of Funza for the treatment of plastic waste, and the viability of a strategy of transformation of plastic waste into materials such as PET, HDPE and LDPE, with which it would also take an important step in the implementation of a circular economy as far as plastics are concerned.

Keywords: Environmental Management, Urban Environmental Management, Sustainable Development, Plastic waste, Recycling.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1 Justificación	16
1.2 Descripción del problema	16
1.3 Formulación del Problema	19
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo General.....	19
1.4.2 Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL	20
2.1 Marco Teórico.....	20
2.1.1 Gestión Ambiental.	20
2.1.2 Gestión Ambiental Urbana.	21
2.1.3 Desarrollo Sustentable	22
2.1.4 Economía Circular.	24
2.1.5 Gestión Integral de Residuos.	28
2.2 Marco Conceptual.....	29
2.2.1 Contaminación.	29
2.2.2 Residuos.	30
2.2.3 Residuos Sólidos.....	31
2.2.4 Reciclaje.....	32
2.2.5 Residuos Plásticos.....	33
2.2.6 Los plásticos en Colombia.	36
2.2.6 Planes de gestión integral de residuos sólidos – PGIRS.....	37
2.3 Marco Contextual.....	38
2.4 Marco Jurídico	41
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	42

3.1 Tipo de investigación.....	42
3.2 Enfoque	42
3.3 Objeto de estudio	42
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información	42
3.5 Procedimiento	43
CAPÍTULO 4. EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES, INNOVADORAS, PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS RECICLABLES	45
4.1 Caso Singapur	45
4.2 Caso Holanda	47
4.2.1 Recuperación de biogás en rellenos sanitarios.....	49
4.2.2 Compostaje.....	49
4.2.3 Sistemas avanzados de recolección de residuos.	49
4.2.4 Técnicas de separación.....	50
4.2.5 Separación de plástico.....	51
4.2.6 Ayuda gubernamental para tratamiento de residuos.	51
4.2.7 Responsabilidad extendida del productor.	52
4.2.8 Energía a base de residuos (W2E).	52
4.3 Caso Alemania	53
4.4 Caso Argentina.....	56
4.5 Caso Perú	59
4.6 Otros Casos	63
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO DEL PGIR DE FUNZA, CON ÉNFASIS EN EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS	66
5.1 El Plan de Desarrollo Municipal 2020 – 2023	67
CAPÍTULO 6. COMPONENTES TÉCNICOS Y FINANCIEROS DE LA ESTRATEGIA	72
6.1 Componentes Técnicos	72
6.2 Componentes Financieros.....	81
6.3 Estrategia de implementación	89
6.4 Impacto ambiental, económico y social positivo por la transformación del plástico residual	90
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92

7.1 Conclusiones	92
7.2 Recomendaciones.....	95
BIBLIOGRAFÍA	97

TABLAS

<i>Tabla 1. Proyección de generación de residuos sólidos en el municipio de Funza</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 2. Composición de residuos sólidos en Funza</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3. Normalización colombiana acerca del manejo de residuos sólidos</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 4. Proyección de Residuos Sólidos Plásticos en el municipio de Funza de 2014 - 2022 ...</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 5. Equipo clave y capacidad máxima</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 6. Ficha técnica Molino de Martillo</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 7. Ficha técnica Banda Transportadora</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 8. Ficha técnica de la Lavadora y Centrifugadora</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 9. Ficha técnica de la Extrusora</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 10. Ficha técnica de la Peletizadora</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 11. Ficha técnica de la Embolsadora</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 12. Ficha técnica del montacargas eléctrico</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 13. Resumen de las áreas de la planta de tratamiento.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 14. Resumen de costos operacionales y variables mensuales</i>	<i>82</i>
<i>Tabla 15. Resumen gastos administrativos mensuales</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 16. Resumen costos maquinaria y equipos</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 17. Depreciación de equipo de oficina y maquinaria</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 18. Ingresos por ventas en miles de millones de pesos</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 19. Flujo de caja con precio incremental (en millones de pesos)</i>	<i>88</i>

FIGURAS

<i>Figura 1. Esquema de una economía circular</i>	26
<i>Figura 2. Pirámide de gestión de residuos</i>	29
<i>Figura 3. Mapa de Funza</i>	39
<i>Figura 4. División Política de Funza, Cundinamarca</i>	39
<i>Figura 5. División Política de Funza, Cundinamarca</i>	40
<i>Figura 6. Actividades con las que se va a desarrollar cada uno de los objetivos de la investigación</i>	44
<i>Figura 7. Sistema avanzado de recolección de residuos</i>	50
<i>Figura 8. Planta de separación</i>	51
<i>Figura 9. Instalaciones de recuperación de energía</i>	52
<i>Figura 10. Pfand de Alemania</i>	53
<i>Figura 11. Etiqueta utilizada para el Pfand de Alemania</i>	54
<i>Figura 12. Diagrama del proceso de reciclaje de plástico PET, PEBD Y PEAD</i>	74
<i>Figura 13. Diagrama de Flujo Cursograma del proceso de reciclaje de plástico PET, PEBD Y PEAD</i>	75
<i>Figura 14. Distribución de la planta 1, Planta de tratamiento de plástico PET, PEBD Y PEAD</i>	81

INTRODUCCIÓN

En el marco de la Gestión Ambiental Urbana uno de los temas importantes es el de manejo de residuos sólidos como lo anotan Velásquez et al (2002) y la Política Nacional de Gestión Ambiental Urbana (Min-ambiente, 2008), es por esto que este ejercicio se va a centrar en el tema de los residuos sólidos plásticos vistos desde una perspectiva de manejo en donde se quiere trabajar en la forma de optimizar su gestión en el municipio de Funza.

En este sentido, el manejo de los residuos en la sociedad actual se ha convertido en un tema de particular importancia, primero por los volúmenes que se generan, y segundo por la variedad de sustancias que los conforman, siendo un importante porcentaje materia de reutilización mediante su reciclaje. Sin embargo, dada la forma en la que se realiza su manejo y disposición final, su aprovechamiento es mínimo y la problemática que están ocasionando es de amplias dimensiones por la rápida colmatación de los rellenos sanitarios en los que están siendo dispuestos.

Pese a ello, en el mundo se han ido implementando sistemas, cada vez más eficientes, mediante los cuales se facilita y se promueve el reciclaje de residuos domésticos e industriales, permitiendo aumentar los porcentajes de aprovechamiento y disminuir los de disposición final, reduciendo la carga de los rellenos sanitarios y dando la posibilidad de aumentar su vida útil.

Es por ello, que en poblaciones donde los parques empresariales han ido ganando espacios, incorporando nuevas industrias de diferente índole, que generan residuos en grandes magnitudes y de diversos tipos, su plan de gestión integral de residuos sólidos muestra como necesario pensar en el desarrollo de sistemas eficientes que ayuden a seleccionar los residuos y permitan su reciclaje.

Este es el caso del municipio de Funza, en el occidente de la Sabana de Bogotá, cuna de múltiples empresas de todo nivel, en el que su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) 2015-2027 (Alcaldía de Funza, 2015), identificó insuficientes alternativas para la implementación del programa de aprovechamiento de residuos, convirtiendo la gestión de residuos plásticos reciclables en una importante posibilidad de tratamiento y transformación de este tipo de residuos, tanto para el aprovechamiento de las sustancias resultantes a manera de materias primas para la generación de nuevos productos, como para la disminución de la carga

de disposición de la que es objeto el relleno sanitario de Mondoñedo, al cual son dirigidos los residuos tanto industriales como domésticos de este municipio.

Además, este municipio fue elegido por contar con una creciente población tanto residente como laboral que tiende a incrementar la generación de residuos sólidos en el tiempo, y por la disponibilidad de acceso a la información pertinente al tema.

CAPÍTULO 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Justificación

La gestión de residuos plásticos reciclables mediante sistemas de tratamiento y transformación de residuos sólidos reciclables permitiría mitigar situaciones ambientales negativas como las que se están produciendo en el municipio de Funza, las cuales afectan la estructura institucional del municipio, en donde la población y, en especial, las personas que trabajan y conviven de cerca con esta problemática, son los directamente afectados por los impactos nocivos al ambiente, causados por el mal manejo de los residuos sólidos.

Es así como, ambientalmente, el proyecto fomentaría la reducción en el consumo de productos, la disminución en el gasto de los recursos naturales, el aumento de la vida útil del relleno sanitario y mejoraría la calidad ambiental del entorno (municipio).

Desde una perspectiva social, con la separación de residuos plásticos reciclables, se mejoraría la condición de trabajo de los recicladores o recuperadores informales, se dignifica su labor, se fortalecen y promueven los grupos de trabajo, su acercamiento a la empresa de aseo de Funza (EMAAF) y el desarrollo de proyectos ambientales. Así mismo, al industrializar el sistema, se generaría una organización social del territorio, lo que afectaría positivamente no sólo la parte física sino en el ser humano; en lo físico se puede encontrar la instalación de la planta de tratamiento de residuos sólidos reciclables, plantas de transferencia, entre otros, mientras que, en el ser humano, se encuentra la afectación social, ambiental y económica, en lo social se puede apreciar los aspectos de: reducción/eliminación de la contaminación, selección en la fuente o prevención, en lo ambiental, la reducción y eliminación de los impactos negativos y la redefinición del ciclo energético (Unicef, s.f.).

Finalmente, en el plano económico, al aprovechar los residuos plásticos reciclables como materia prima de nuevos productos, se disminuirían los costos en la obtención de la misma y se convertiría en alternativas de negocio para personas sin empleo o para los grupos organizados.

1.2 Descripción del problema

El manejo inadecuado de los residuos sólidos genera una problemática ambiental en el municipio de Funza que rompe con el equilibrio ecológico y dinámico del ambiente (Alcaldía de

Funza, 2015); que se origina porque no hay ningún tipo de tratamiento, ni de aprovechamiento de residuos sólidos reciclables, ni se cuenta con ninguna actividad establecida para la disminución de residuos sólidos en la fuente, en donde la falta de organización y planeación de la actividad de reciclaje y reutilización de residuos y, la más importante, la carencia de una cultura ambiental, se ve reflejada en la organización del municipio, lo cual fue identificado en las problemáticas descritas por el PGIRS de Funza 2015-2027 (Alcaldía de Funza, 2015).

Esta problemática ambiental se evidencia en la calidad del ambiente y de vida de las personas que viven y laboran en el municipio de Funza; es por eso que es de gran importancia reducir de algún modo la contaminación que se genera en los conglomerados industriales y a nivel doméstico en el municipio, donde no existe un programa que controle y maneje integralmente los residuos y que permita ejecutar acciones que busquen contribuir a la gestión ambiental del mismo.

Cada día, en Funza se recogen 50 toneladas de basura, la cuales son dispuestas en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo, en donde aproximadamente el 30% son reciclables, pero la gente no lo sabe o no aplica el reciclaje (EMAAF, 2017).

A pesar de ser un porcentaje importante, no existe un modelo o sistema de aprovechamiento de esta gran cantidad de residuos (tabla 1), comenzando porque no hay una adecuada separación en la fuente, lo que impide desde un principio que se lleve a cabo un aprovechamiento de material (Anzola, 2015).

Tabla 1. Proyección de generación de residuos sólidos en el municipio de Funza

	AÑOS PROYECTADOS											
TON	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2022	2023	2024	2025	2026	2027
AÑO	23.042	24.590	26.137	27.685	29.232	30.780	33.875	35.423	36.970	38.518	40.066	41.613
MES	1.920	2.049	2.178	2.307	2.436	2.565	2.823	2.952	3.081	3.210	3.339	3.468
DIA	73,85	78,81	83,77	88,73	93,69	98,65	108,57	113,53	118,49	123,46	128,42	133,38

Fuente: Alcaldía de Funza (2015)

Según la Convención Marco sobre el Cambio Climático (COP21 de París), los malos manejos de residuos sólidos en las ciudades, podría, para el año 2025 cuadruplicar las cantidades de desechos que se generan en las ciudades (Naciones Unidas, 2015).

Para la planeación integral de gestión de residuos sólidos se debe tener en cuenta que “la producción de residuos sólidos está unida al aumento de población de la ciudad, sus formas de consumo, las decisiones para el transporte y la disposición final de los mismos” (Rodríguez, 2002, p.144). Pero históricamente, la gestión de los residuos sólidos en el país se ha desarrollado desde la perspectiva del saneamiento básico. En tal sentido, solo tenía en cuenta el tema de la recolección de residuos, no importaba su tratamiento y disposición final; lo principal era evitar problemas de salubridad pública en las ciudades. La despreocupación por la disposición final tuvo como consecuencia que los residuos urbanos fueran depositados al aire libre o a cuerpos de agua, sin considerar las externalidades de tipo ambiental, lo que propició “una cultura hacia la disposición incontrolada” (Castro-Buitrago, et al. 2011, p. 144).

Al llevarse a cabo la industrialización de los residuos sólidos urbanos, de manera integral, como se puede ver en los casos de países como Holanda (Bastiaenen, s.f.) y Singapur (Rubio, 2016), los rellenos sanitarios a cielo abierto no serían necesarios, por lo tanto, en el proceso de recolección y disposición final se reducirían los costos ambientales del sistema actual. De esta manera, no sería necesario que el municipio de Funza dispusiera los desechos sólidos un terreno de gran área, como lo es el relleno sanitario de Mondoñedo, afectando la construcción de viviendas (por nombrar un ejemplo), por lo tanto, la industrialización de los residuos sólidos urbanos, permitiría configurar el ordenamiento territorial de la ciudad y de la región mejorando la calidad de vida de sus habitantes (Anzola, 2015).

En el municipio no se han implementados tecnologías para la transformación industrial eficiente. Sin embargo, dada la cantidad de residuos que se genera en el municipio y en los municipios aledaños es preciso diseñar y desarrollar estrategias y políticas para lograr su recuperación técnica en el ámbito regional, de tal manera que se apropien metodologías para recuperar, tratar y aprovechar estos materiales e incorporarlos al ciclo productivo. Se requiere reglamentar las condiciones de manejo y las características de calidad requeridas, para acondicionarlos como materia prima e incorporarlos a los procesos productivos (Alcaldía de Funza, 2015).

1.3 Formulación del Problema

¿Qué estrategia ambiental, innovadora y con viabilidad financiera y técnica permitiría optimizar la gestión de tratamiento de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General.

Diseñar una estrategia ambiental, innovadora y con viabilidad financiera y técnica que permita la optimización de la gestión de tratamiento de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Identificar experiencias nacionales e internacionales, innovadoras, para el tratamiento de los residuos plásticos reciclables.
- Analizar el diagnóstico del PGIR de Funza, Cundinamarca, con énfasis en el tratamiento de los residuos sólidos plásticos.
- Estructurar los componentes técnicos y financieros del método que permita optimizar el tratamiento de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca.

CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Gestión Ambiental.

De acuerdo con la Red de Desarrollo Sostenible de Colombia “la gestión ambiental es un proceso que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental, con el propósito de lograr un desarrollo sostenible, entendido éste como aquel que le permite al hombre el desenvolvimiento de sus potencialidades y su patrimonio biofísico y cultural y, garantizando su permanencia en el tiempo y en el espacio” (RDS, 2011, p.1). Así, un programa de gestión ambiental es el que busca dar soluciones adecuadas a problemáticas de carácter ambiental relacionadas tanto con el ser humano como con la naturaleza, para ello se apoya en acciones y conocimientos, políticas ambientales, recursos antrópicos y/o naturales que generen mecanismos alternativos a aquellos que están generando impactos negativos (RDS, 2011).

El término gestión se entiende como el proceso que comprende determinadas funciones y actividades organizativas que se llevan a cabo por un ente o sus representantes con el fin de lograr los objetivos y metas deseadas (Martínez et al., 2016).

Así mismo, Rodríguez y Espinoza (2002) la entienden como el conjunto de acciones emprendidas por la sociedad, o parte de ella, con el fin de proteger el medio ambiente. Sus propósitos están dirigidos a modificar una situación actual a otra deseada, de conformidad con la percepción que sobre ella tengan los actores involucrados. También consideran que, en su concepción más amplia, la gestión ambiental es un proceso permanente y de aproximaciones sucesivas en el cual diversos actores públicos y privados y de la sociedad civil desarrollan un conjunto de esfuerzos específicos con el propósito de preservar, restaurar, conservar y utilizar de manera sustentable el medio ambiente.

Massolo (2015) por su parte, argumenta que la gestión ambiental es el conjunto de acciones y estrategias mediante las cuales se organizan las actividades antrópicas que influyen sobre el ambiente con el fin de lograr una adecuada calidad de vida previniendo o mitigando los problemas ambientales. Partiendo del concepto de desarrollo sostenible se trata de conseguir el equilibrio adecuado para el desarrollo económico, crecimiento de la población, uso racional de los recursos y protección y conservación del medio ambiente. Es un concepto integrador que

abarca no solo las acciones a implementarse sino también las directrices, lineamientos, y políticas para su implementación. Una adecuada gestión ambiental debería seguir los lineamientos de la Agenda 21.

Para el presente estudio se entiende la gestión ambiental como un proceso permanente que está orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental relacionadas tanto con el ser humano como con la naturaleza, para ello se apoya en acciones y conocimientos, políticas ambientales, recursos antrópicos y/o naturales que generen mecanismos alternativos a aquellos que están generando impactos negativos, con el propósito de preservar, restaurar, conservar y utilizar de manera sustentable el medio ambiente, entendiendo esto como la posibilidad que le permite al hombre el desenvolvimiento de sus potencialidades y su patrimonio biofísico y cultural y, garantizando su permanencia en el tiempo y en el espacio.

2.1.2 Gestión Ambiental Urbana.

La Gestión Ambiental Urbana – GAU, de acuerdo con la Política de Gestión Ambiental Urbana se refiere a “la gestión de los recursos naturales renovables, los problemas ambientales urbanos y sus efectos en la región o regiones vecinas” (Minambiente, 2008, p.18). También se indica que la GAU “es una acción conjunta entre el Estado y los actores sociales, que se articula con la gestión territorial, las políticas ambientales y las políticas o planes sectoriales que tienen relación o afectan el medio ambiente en el ámbito urbano regional” (Minambiente, 2008, p.18).

Esta gestión, requiere del uso conjunto de herramientas jurídicas, técnicas, económicas, financieras, administrativas y de planeación, para lograr sus propósitos de proteger y mantener el funcionamiento de los ecosistemas, así como el mejoramiento de la calidad de vida de la población, dentro de un marco de ciudad sostenible (Minambiente, 2008).

De esta forma, en lo urbano, la GAU se encarga de implementar un esquema particular y organizado de gestión ambiental, dirigido a desarrollar las acciones necesarias que garanticen la máxima racionalidad en relación con la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente (Minambiente, 2008).

Desde otra perspectiva Rodríguez, López y Goicochea (2009) explican que la gestión ambiental implica la práctica de la totalidad de las actividades humanas, ya que transcurren o afectan al medio, en mayor o menor grado, y está supeditada a una ordenación previa del territorio y de los usos del mismo. Esta ordenación marca para qué usos puede destinarse el suelo

en función de su aptitud potencial como terreno agrícola, como poseedor de minerales aprovechables, como suelo industrial en función de su escasa aptitud para un uso más directo, como residencial en función de la existencia de agua disponible y de una climatología adecuada, o como reservado en función de su valor natural intrínseco, entre otros. Una vez que se ha establecido la ordenación, se diseña una estrategia para gestionar cada parte y uso. A la gestión más o menos productivista o economicista, diseñada para la explotación y aprovechamiento del suelo, se superpone la gestión ambiental.

Actualmente se reconocen tres principios básicos que sostienen cualquier gestión ambiental urbana:

- La ciudad es de todos.
- La ciudad es para todos.
- La ciudad somos todos (Cela,1992).

González (2015) considera que es el ambiente urbano la materia más importante de la que hay que ocuparse porque compromete todos los aspectos de la vida citadina, de modo que hoy no es concebible una gestión municipal que prescindiera de los valores ambientales. Es más, en una obligación que se desprende del reconocimiento universal de los derechos humanos y de su consagración constitucional que no pueden dejarse en una mera declaración, sino que tienen que encontrar en la ciudad su pleno goce y disfrute.

Para el caso del presente estudio se seguirán los conceptos y lineamientos definidos por el Minambiente (2008).

2.1.3 Desarrollo Sustentable

Para Foster (citado en Vare & Scott, 2007, p. 45), el desarrollo sustentable es: “un proceso de hacer que el futuro emergente sea ecológicamente sano y humanamente habitable tal como surja, a través del aprendizaje continuo donde la especie humana es la más dotada. Es un proceso de aprendizaje social de mejoramiento de la condición humana. Y es un proceso que se puede continuar indefinidamente sin socavarse así mismo”.

Dicho proceso de desarrollo sustentable surgió a finales de la década de los 60's en respuesta a los problemas ambientales identificados por ese entonces, los cuales daban cuenta de las limitaciones del planeta en cuanto a disponibilidad de recursos y a la baja capacidad de autorregenerarse para garantizar la subsistencia del ser humano. Por ello fue concebido el

desarrollo sustentable “como una propuesta orientada a forjar un desarrollo capaz de satisfacer las necesidades del conjunto de la sociedad, sin comprometer los requerimientos de las futuras generaciones” (Carpinetti y Esponda, 2013, p.63).

López (2004) expresa que “el término técnico de desarrollo sustentable es definido como aquel desarrollo que no compromete la habilidad de generaciones futuras para cumplir con sus necesidades, mientras que cumple con las nuestras” (p.8). Por su parte, Almagro y Venegas (2009) afirman que la vinculación de la sustentabilidad en los programas de desarrollo es de suma importancia para que la humanidad pueda seguir existiendo y esto sumado al tema ecológico y social que, de la mano con una administración eficiente de los recursos naturales, no se ponga en peligro a las generaciones venideras. Se puede ver que hay una concordancia en que si se quiere tener generaciones futuras que cuenten con los elementos necesarios para su desarrollo y crecimiento, se debe de administrar de manera responsable los recursos con que se cuentan

La sustentabilidad implica la gestión eficiente de los recursos naturales y los ecosistemas, en relación con la demanda antrópica que de ellos se hace. Por ello Muriel (2006) contempla que el concepto de sustentabilidad parte de dos premisas básicas, que son:

Primero, la escala y el índice de utilización de materiales y energía a través del sistema económico están sometidos a una limitación dada por la evolución del mismo sistema, y segundo, la intervención humana (pública, empresarial y cívica) es necesaria, porque el mercado por sí mismo es incapaz de reflejar la limitación de un recurso natural o ecosistema, de modo preciso. Si los fallos de mercado y las externalidades negativas existen, que es como explica la teoría económica los problemas ambientales, esto exige una dosis alta de intervencionismo, en primera instancia gubernamental y en segunda instancia de los consumidores y grupos de interés (ONGs Ambientalistas), para presionar de esta forma a los productores o agentes privados para que asuman una posición ecoética frente al manejo de los recursos y la naturaleza. (p.2)

Con base en lo expuesto se asume para la presente investigación el desarrollo sustentable como lo proponen Carpinetti y Esponda (2013), es decir, “como una propuesta orientada a forjar un desarrollo capaz de satisfacer las necesidades del conjunto de la sociedad, sin comprometer los requerimientos de las futuras generaciones” (p.63).

2.1.4 Economía Circular.

De acuerdo con lo planteado por la Fundación Ellen MacArthur (2016), la economía circular es la que concibe desde el principio que los productos, componentes y materias primas continúen siendo útiles después de haber sido empleados, dando la posibilidad de restaurarlos y regenerarlos a propósito, desvinculando del desarrollo global el consumo de recursos finitos, reduciendo, en consecuencia, los efectos medioambientales de lo que se desecha como residuos.

Ya que el modelo económico convencional genera una cantidad de residuos asombrosa. Como ejemplo se puede mencionar que “en Europa, el reciclaje de materias y la recuperación de energía basada en residuos capturan solo el 5% del valor original de las materias primas” (p.3).

Así, este modelo circular, que desvincula el consumo de productos finitos capaz de ofrecer sistemas económicos resilientes, se considera como la siguiente ola de desarrollo, en donde los avances tecnológicos pueden crear oportunidades de carácter empresarial, generando intercambios de conocimiento más eficientes para mejorar el seguimiento de las materias, una mejor configuración de la logística futura e inversa y, un mayor uso de la energía renovable (MacArthur, 2016).

La economía circular se soporta en tres principios, a saber (MacArthur, 2016):

Preservar y mejorar el capital natural controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables. Cuando se necesitan recursos, el sistema circular los selecciona de forma sensata y elige tecnologías y procesos que utilizan recursos renovables o de mayor rendimiento, cuando resulta posible. Una economía circular mejora también el capital natural alentando los flujos de nutrientes dentro del sistema y generando las condiciones para la regeneración, por ejemplo, del suelo.

Optimizar los rendimientos de los recursos distribuyendo productos, componentes y materias con su utilidad máxima en todo momento tanto en ciclos técnicos como biológicos. Esto implica diseñar para refabricar, reacondicionar y reciclar para mantener los componentes técnicos y materias circulando y contribuyendo a la economía. Los sistemas circulares utilizan bucles internos más estrechos (p. ej., mantenimiento en lugar de reciclaje) cuando resulta posible, preservando así más energía implícita y otro valor.

Estos sistemas maximizan también el número de ciclos consecutivos y/o el tiempo empleado en cada ciclo, aumentando la vida útil de los productos y optimizando la reutilización. A su vez, el compartir incrementa la utilización de los productos. Los sistemas circulares promueven también que los nutrientes biológicos vuelvan a entrar en la biosfera de forma segura para que la descomposición resulte en materias más valiosas para un nuevo ciclo. En el ciclo biológico, los productos se diseñan deliberadamente para ser consumidos o metabolizados por la economía y regenerar el valor del nuevo recurso. En el caso de las materias biológicas, la esencia de la creación de valor consiste en la oportunidad de extraer valor adicional de productos y materias mediante su paso en cascada por otras aplicaciones. Así, un sistema circular no pone en peligro la eficacia.

Promover la eficacia de los sistemas detectando y eliminando del diseño los factores externos negativos. Esto incluye reducir los daños en sistemas y ámbitos como la alimentación, la movilidad, los centros de acogida, la educación, la sanidad y el ocio, y gestionar factores externos como el uso del suelo y la contaminación acústica, del aire y del agua o el vertido de sustancias tóxicas. (p.7)

La economía circular hace una distinción entre ciclos técnicos y ciclos biológicos (Figura 1), así:

El ciclo técnico consiste en la gestión de reservas de materias finitas. El uso sustituye al consumo. Las materias técnicas se recuperan y la mayor parte se restauran en el ciclo técnico.

El ciclo biológico comprende los flujos de materias renovables. El consumo únicamente se produce en el ciclo biológico. Los nutrientes renovables (biológicos) se regeneran en su mayor parte en el ciclo biológico (MacArthur, 2016).

Para Equo (2016), la economía circular es un modelo económico basado en el principio de «cerrar el ciclo de vida» de los recursos de forma que se produzcan los bienes y servicios necesarios al tiempo que se reduce el consumo y el desperdicio de energía, agua y materias primas. Este modelo de ciclos cerrados de producción y consumo conserva los recursos naturales y contribuye al desarrollo sostenible. Así, la economía circular imita a la Naturaleza: Los sistemas vivientes han existido desde hace millones de años, pero en la Naturaleza no hay vertederos. El Sol proporciona la energía, las plantas extraen los materiales que necesitan del

suelo, crecen y alimentan a los animales, luego ambos mueren y los nutrientes regresan al suelo, preparados para un nuevo ciclo. Los materiales fluyen dentro de los ecosistemas y los desperdicios de una especie son alimento para otras.

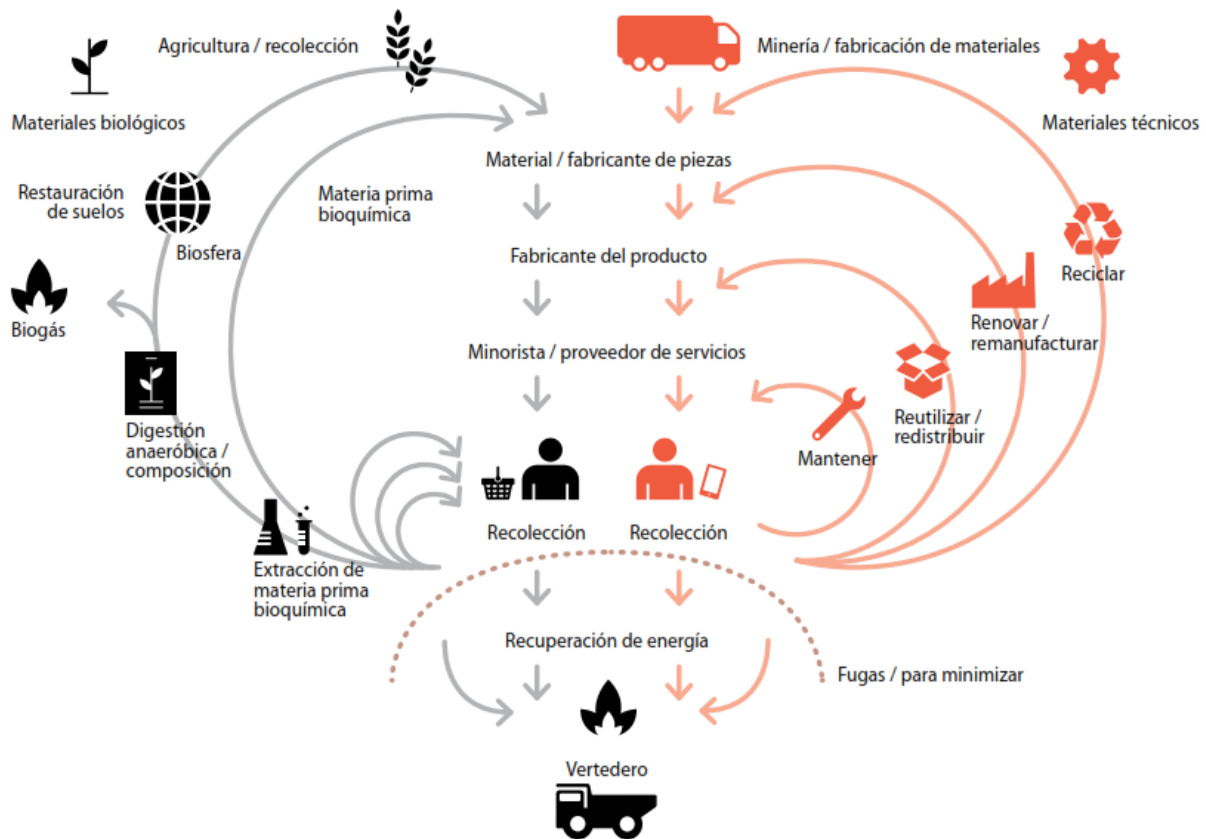


Figura 1. Esquema de una economía circular
Fuente: Macarthur (2016)

En una economía circular los recursos naturales (energía, agua y materias primas) se utilizan repetidamente, conservándose dentro de la economía local el mayor tiempo posible. La extracción de materias primas se reduce y, con ella, el impacto ambiental en los países de origen de esos recursos naturales. Dentro de la economía local el impacto ambiental de las actividades económicas también se reduce y desaparecen o se reducen al máximo los vertidos al suelo y la contaminación en el aire y en el agua (Equo, 2016).

El efecto principal de la introducción de los flujos cerrados de producción, consumo y (re)producción que caracterizan a la economía circular es que la productividad neta de los

procesos económicos locales aumenta mientras que su huella ecológica (local y global) se reduce (Equo, 2016).

La Economía Circular se presenta ahora como una alternativa innovadora al modelo lineal. La idea fuerza es redefinir un sistema económico esencialmente regenerativo a base de mantener los productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad y valor, bajo el principio de eliminar el despilfarro y no destruir innecesariamente los recursos para conservar el capital natural (Jiménez, 2020).

La circularidad no puede ser completa, porque los procesos económicos reales derivan en un «bucle espiral-helicoidal» de degradación permanente por disipación de los materiales y de muchas de las sustancias empleadas en los procesos productivos a través de su uso. No todo se puede reciclar, porque existen límites termodinámicos y económicos y siempre quedarán residuos irreciclables (Jiménez, 2020).

El nuevo modelo cíclico es mucho más ambicioso que un uso eficiente de los recursos y una minimización de los desechos y de las emisiones nocivas en base a un «súper-reciclado». La opción de «máxima circularidad», para convertir la mayor parte posible de residuos en nuevos recursos que realimenten el proceso económico, supone ampliar las clásicas y famosas tres «Rs» (de reducir, reutilizar, reciclar) con una «R-Tipología» ampliada que incluye nuevas funciones del tratamiento circular de los materiales, productos y servicios. Ciertamente, para abordar las primeras fases de la transformación circular se requiere romper la «linealidad viciosa» en favor de una «circularidad virtuosa» de los bienes producidos, consumidos y reincorporados al sistema. Pero la nueva economía de ciclos cerrados aspira a provocar un cambio sistémico para afrontar la crisis ambiental y transformar los modos de producción y consumo de forma más sostenible a largo plazo, con la potencialidad de hacerlo de forma mutuamente beneficiosa, tanto para el medio ambiente como para la economía y la sociedad (Jiménez, 2020).

Con este planteamiento, se modifican sustancialmente los enfoques de las políticas de gestión ambiental. Una de las primeras cuestiones para enfrentar el cambio circular es superar el predominio del enfoque de gestión de tratamiento de «final de tubería», recomendado por las clásicas políticas ambientales, mayormente reactivas y correctivas, que son inherentes al propio modelo económico lineal. El nuevo enfoque es integrador, a fin de reconsiderar la prevención en origen, el diseño ecológico y la ecoeficiencia y la ecoeficacia a lo largo de toda la cadena de valor. Pero también se modifica la lógica del tratamiento con la «jerarquía de residuos», la cual

establece la prevención como opción prioritaria, seguida de la reutilización, el reciclado, la valorización energética y la eliminación, como última opción (Jiménez, 2020).

La transición hacia una Economía Circular requiere abordar simultáneamente nuevos escenarios de desmaterialización, desenergización y des carbonización del sistema económico, garantizando, en primera instancia, la disociación económica-ambiental. Sin duda, hay que dar prioridad a una eficiente gestión del ciclo recursos-residuos, pero es fundamental superar las opciones simplistas y tranquilizadoras basadas en el «súper-reciclado» (Jiménez, 2020).

2.1.5 Gestión Integral de Residuos.

La Gestión Integral de Residuos se concibe como el manejo que implica la cobertura y planeación de todas las actividades relacionadas con la gestión de los residuos desde su generación hasta su disposición final (Mora y Berbeo, 2010)

En ese orden de ideas el documento Conpes 3874 enunció que:

Con respecto a los avances en los aspectos ambientales de la gestión integral de residuos sólidos, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible formuló la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible en el año 2010. Esta política actualiza e integra la Política Nacional de Producción Más Limpia y el Plan Nacional de Mercados Verdes como estrategias del Estado colombiano que promueven y enlazan el mejoramiento ambiental y la transformación productiva con la competitividad empresarial. En el tema específico de residuos sólidos se destacan estrategias y líneas de acción como: (i) desarrollo de sistemas de aprovechamiento de residuos a nivel regional; (ii) regulación del manejo de residuos en sectores como el de la construcción, la manufactura, el transporte, los alimentos, y los empaques y envases; (iii) desarrollo de la responsabilidad extendida del productor en sectores como el electrónico, el de pilas, baterías, llantas, el farmacéutico y el de productos químicos; (iv) fortalecimiento de los instrumentos económicos existentes y desarrollo de nuevos que promuevan la producción y el consumo sostenible; (v) articulación interinstitucional e intersectorial del Programa Nacional de Educación Ambiental para la producción y consumo sostenible; (vi) fortalecimiento de la capacidad de investigación aplicada de centros, instituciones, fundaciones y empresas, en materia de

producción y consumo sostenible, y (vii) emprendimiento de negocios verdes.
(DNP, 2016, p.16,17)

De manera que el país, desde su Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos ha adquirido un compromiso estatal de responsabilidad por manejar desde la fuente hasta la disposición los residuos sólidos que se generan en su territorio, desde lo cual se crean las bases para plantear propuestas que desde los municipios y sus instituciones se articulan para reducir la mencionada contaminación.

A continuación, se presenta la pirámide de gestión de residuos, en la cual se ve reflejada la jerarquización del manejo de residuos (Figura 2). Con este modelo se busca minimizar el impacto ambiental que la generación de residuos trae consigo.



Figura 2. Pirámide de gestión de residuos
Fuente: Anzola (2015, p.16)

Con base en lo anterior, se asume como concepto y lineamientos de la Gestión Integral de Residuos para el presente estudio lo planteado por el Documento Conpes 3874.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Contaminación.

Durante la producción, uso y disposición final, de prácticamente cualquier bien y servicio, se emiten al ecosistema, materiales y energía, los cuales pueden llegar a causar desórdenes temporales o daños permanentes de tal manera que no se puedan dar los mecanismos

propios de la naturaleza para regenerarlo y sustentar la vida, esto es a lo que se le conoce como contaminación (Reyna, 1999).

Albert (1997) anota que la contaminación ambiental es:

[...] la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un tiempo suficiente, y bajo condiciones tales que esas sustancias interfieren con la salud y la comodidad de las personas, dañan los recursos naturales o alteran el equilibrio ecológico de la zona. (p.38)

De esta manera se tiene una definición práctica que incluye las causas, los efectos y sobre quienes se genera.

De acuerdo con Peñaloza (2012) “la contaminación es la introducción de agentes biológicos, químicos o físicos a un medio al que no pertenecen. Cualquier modificación indeseable de la composición natural de un medio; por ejemplo, agua, aire o alimentos” (p.1). De igual forma anota que “la contaminación es la introducción de agentes biológicos, químicos o físicos a un medio al que no pertenecen, modificando de forma indeseable la composición natural de un medio” (p.1).

Así, la contaminación del ambiente se ha convertido en uno de los problemas más críticos del mundo, lo cual ha dado origen a la búsqueda de alternativas para su solución (Peñaloza, 2012).

Con base en lo anterior se aborda la contaminación para el presente estudio bajo la perspectiva de Albert (1997).

2.2.2 Residuos.

El AMVA (2006) definió el término residuo como:

[...] cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula. (p.4)

Así mismo, se consideran residuos o desechos, tanto a productos como a materiales, sustancias o elementos, lo cual significa que un residuo puede ser no sólo un producto resultante

de un proceso o una actividad, sino también un material o una sustancia no procesada, que cumpla con la característica de haber sido descartada, rechazada o entregada por resultar inservible debido a que sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó (Min-ambiente, 2007).

De acuerdo con Barradas (2009), se entiende por residuo “todo material que es destinado al abandono por su productor o poseedor, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza” (p.4).

Con base en lo anterior se asume el concepto de residuo de Barradas (2009) en la presente investigación.

2.2.3 Residuos Sólidos.

De acuerdo con el decreto 1713 de 2002 del Ministerio de Ambiente, establece que: [...] residuo sólido o desecho es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas. (Rodríguez, 2012, p.44)

La Política para la Gestión Integral de Residuos planteó como objetivo fundamental:

[...] impedir o minimizar de la forma más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos... y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico. (Minambiente, 1998, p.25)

Los orígenes de los residuos sólidos en una comunidad están, en general, relacionados con el uso del suelo y su localización. Aunque pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones sobre los orígenes, las siguientes categorías son útiles: 1) doméstico, 2)

comercial, 3) institucional, 4) construcción y demolición, 5) de barrido y limpieza, 6) industrial, 7) hospitalarios, 8) agrícolas, etc. (Rodríguez, 2012).

Rondón et al (2016), definen los residuos sólidos como la “parte o porción que queda de un todo, así como aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo, y como cualquier material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación” (p.17).

Con base en lo anterior, para esta investigación aplican todas las definiciones planteadas y busca tomar una parte de los residuos sólidos mencionados, correspondientes a los plásticos, como elemento para contribuir al desarrollo de los objetivos de la Política Colombiana para la Gestión Integral de Residuos.

2.2.4 Reciclaje.

Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima o insumos para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización (Gómez y Araujo, s.f.).

De acuerdo con Bonmatí y Gabarrell (2008), el reciclaje es el “método de gestión de residuos en que los materiales considerados reciclables se separan, en algún punto del proceso, del resto de residuos y se reprocesan hasta alcanzar una calidad aceptable para su reintroducción en el sistema como productos útiles” (p.212).

Así mismo, de acuerdo con Ávila, Velarde y Gregoire (1993) es una de las prácticas empleadas para el manejo integral de residuos sólidos, la cual permite separar y seleccionar materiales útiles para evitar que sean colocados en los rellenos sanitarios, los cuales pueden ser comercializados sin un proceso posterior para transformarse en nuevos productos.

En ese orden de ideas, también se puede expresar que el reciclaje es un proceso por el que un material, previamente recuperado del flujo de desperdicios sólidos, se reintegra a la cadena de uso, disminuyendo la cantidad de residuos que pueden llegar a los vertederos o rellenos sanitarios, permitiendo que productos de residuos sean nuevamente utilizados (Arнау, 2000).

Para el caso de la presente investigación se asumirá el concepto de Bonmatí y Gabarrell (2008) para entender la perspectiva desde la que se contempla.

2.2.5 Residuos Plásticos.

El plástico es un material sintético que se produce a partir del petróleo y que por procesos de polimerización del carbono es altamente modificable y maleable a las necesidades requeridas. Sus características de resistencia, versatilidad, elasticidad y bajo costo lo hacen un material presente en casi todos los elementos cotidianos, desde la ropa, pasando por empaques de alimentos, bolsas, pitillos, vasos y demás recipientes desechables (MASP, 2019).

Sin embargo, en una planta de carbón de 189-500 mega watts, los procesos de extracción, refinamiento y eliminación propios de la producción y de la incineración del plástico pueden llegar a emitir 850 millones de toneladas métricas de gases de efecto invernadero (Greenpeace, 2019). Circunstancia que acentúa la problemática ambiental si se coteja con el tiempo de empleo de cada producto plástico y su proceso de degradación posterior.

Entre los plásticos catalogados como de un solo uso se encuentran bolsas, rollos de embalaje, películas extensibles y de burbujas, envases de alimentos, vasos desechables, platos, bandejas, botellas de agua y bebidas hidratantes, envoltorios de comida, tapas, cubiertos, pitillos, mezcladores, copitos, filtros de cigarrillo, entre otros. Dichos elementos surgieron con el fin de dar una respuesta rápida, económica y cómoda a los consumidores, abriendo paso a productos acordes a las necesidades de un modelo de vida consumista e inmediata. El usar y tirar todo tipo de productos plásticos a diario causa la generación exponencial de residuos y marca el comienzo de un largo proceso de degradación (ONU, 2018).

De acuerdo con Crawford (2017), hay aproximadamente 150 millones de toneladas de plásticos en el océano y aproximadamente 8 millones de toneladas de plásticos ingresan anualmente en él. Teniendo en cuenta estos datos, se predice que la cantidad de plástico que ingresa al océano cada año aumentará a alrededor de 16 millones de toneladas para 2030, y aproximadamente a 32 millones de toneladas para 2050, por lo cual se estima que, en términos de peso, habrá más plásticos en el océano que peces en 2050. Estos plásticos acaban en el océano debido a que son tan ligeros que se transportan fácilmente por medio del viento o los ríos que desembocan en el mar (Crawford, 2017).

Según Jaén, Esteve y Banos-González (2019) el consumo incesante de productos plásticos genera 5,25 trillones de plásticos flotantes acumulados en el agua superficial marina. Los efectos de esta contaminación son la asfixia y heridas que afectan a las especies marinas, en

especial a los cetáceos y por otro lado a las aves que también consumen plástico al confundirlo con su alimento natural, lo cual conlleva a la incorporación de tóxicos (propios del plástico) a la biomasa marina. Alrededor de ocho millones de toneladas de plástico llegan a los océanos cada año, lo correspondiente a un camión lleno de este material cada minuto (Jaén et al, 2019). A su vez Crawford (2017) menciona que la problemática va más allá de un problema estético, pues representa un peligro para los organismos marinos que sufren daños por ingesta y atragantamiento. De hecho, se calculan en cientos de miles las muertes de mamíferos marinos al año por esta causa, y son más de 1,200 especies las impactadas por el material en los océanos (Crawford, 2017).

La presencia de plásticos en los residuos se ha incrementado de forma continua en las últimas décadas. Esto obedece a distintas causas, entre las que destaca su utilización en productos de vida útil corta que son desechados rápidamente por los usuarios; se ha estimado que alrededor del 50% de los plásticos que se producen se destina a aplicaciones de un solo uso, entre 20 y 25% se emplean en la construcción y el resto en la fabricación de otros productos, como electrónicos, muebles y vehículos (Vázquez et al, 2016). Los plásticos con mayor presencia en los residuos son el polietileno y el PET, debido a que representan la mayor proporción en los envases y embalajes (Subramanian, 2000).

Como la gran mayoría de los plásticos no son degradables, una vez que se desechan se acumulan en los rellenos sanitarios o tiraderos, e incluso en los distintos hábitats que conforman el planeta (Vázquez et al, 2016), a los que llegan debido a su mal manejo. En México los plásticos constituyen el 12.88 % de los residuos sólidos urbanos (INECC, 2012), aunque debido a su baja relación masa/volumen, su proporción en el espacio ocupado en los rellenos es hasta 2.5 veces mayor (Barlow & Morgan, 2013). Su presencia en los residuos contribuye de manera importante a la saturación de los rellenos, lo que a la larga lleva a buscar sitios de disposición cada vez más alejados de los puntos de generación, aumentando el costo del manejo de los residuos.

Además de los problemas asociados a su manejo como residuos, los plásticos generan impactos en el ambiente en otras etapas de su ciclo de vida. Uno de sus efectos más notables es su contribución al agotamiento de los recursos no renovables, ya que se calcula que 4% del petróleo y gas extraídos se usa como materia prima para la producción de plásticos, y entre 3 y 4% para generar la energía requerida en su manufactura (Vázquez et al, 2016).

En este contexto, y gracias a sus características físicas y químicas, el reciclaje de los plásticos constituye una opción viable para disminuir el impacto en el ambiente originado por su uso. Además de disminuir los costos asociados al manejo de residuos, la necesidad de materias primas vírgenes y la energía de su procesamiento, reciclar, en muchos casos, resulta muy atractivo desde el punto de vista económico (Vázquez et al, 2016).

Los plásticos, en función de su estructura y su comportamiento cuando son expuestos a la temperatura pueden clasificarse en termoplásticos, termofijos y elastómeros. Los termoplásticos, al estar compuestos por cadenas lineales y ramificadas, se funden al ser sometidos al calor y pueden adoptar nuevas formas. Esta propiedad es fundamental para el reciclaje, pues permite recuperar los materiales y volver a utilizarlos mediante procesos físicos simples, como el calentamiento. Dado que aproximadamente el 80% de los plásticos que se producen son termoplásticos (Al-Salem, Lettieri & Baeyens, 2009), puede afirmarse que la gran mayoría de los plásticos son reciclables. Los termoplásticos, a su vez, pueden dividirse en dos grupos (Vázquez, 2016):

- **Commodities:** son plásticos de bajo costo que se producen en grandes volúmenes, por lo que son ampliamente empleados en aplicaciones de vida útil corta. Este grupo, que incluye a los polietilenos (PE), polipropileno (PP), policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS), polietileno tereftalato (PET) y sus copolímeros, constituye la proporción principal de los plásticos reciclados.

- **Plásticos de ingeniería:** tienen mejores propiedades mecánicas, resistencia al calor y al impacto, por lo que pueden usarse para reemplazar metales en productos como los automóviles y equipo electrónico. Su costo puede ser entre 2 y 20 veces el de los commodities, por lo que se usan generalmente en aplicaciones de mayor vida útil, que se ha estimado en al menos 3 años (Subramanian, 2000). Sin embargo, a pesar de que constituyen una proporción menor en los residuos plásticos, su presencia va en aumento debido a factores como la obsolescencia programada de muchos productos. Su reciclaje es complejo, pues comúnmente se encuentran integrados con otros materiales, por lo que requieren varias etapas previas de separación. Cuando el proceso se realiza, generalmente consiste en su trituración para ser usados como cargas.

Los termofijos y elastómeros presentan estructuras más complejas que los termoplásticos, en las que las distintas cadenas de polímeros están unidas entre sí por medio de enlaces químicos, formando redes. Al calentarse no se funden, comienzan a descomponerse y se

transforman en otras sustancias. Su reciclaje es, por tanto, similar al de los termoplásticos de ingeniería, pues únicamente se muelen o pulverizan para ser usados como cargas en matrices de otros polímeros (Vázquez et al, 2016).

2.2.6 Los plásticos en Colombia.

Según datos de la Superintendencia de Servicios Públicos (2017) (en adelante, SSP) en Colombia se generaron 10.3 millones de toneladas de residuos sólidos (SSP, 2018). En promedio, Colombia dispuso alrededor de 30.081 Ton/día de residuos sólidos. La cifra promedio de generación de residuos sólidos en un hogar colombiano es de 4.3 Kg/día (DANE, 2018).

Aterrizando lo anterior, cabe mencionar y revisar las implicaciones de la generación de residuos en las principales ciudades. En el año 2017 la generación de residuos en Bogotá fue de 2.2 millones de toneladas, lo equivalente al 21% del total de lo dispuesto en el país; por su parte Cali, Medellín, Barranquilla generaron en promedio 657 mil toneladas de residuos en el mismo periodo de tiempo y; ciudades como Cartagena, Bucaramanga, Santa Marta y Pasto generaron en promedio 200 mil toneladas (SSP, 2018).

Según información del año 2017, en el caso de Bogotá, en la principal ciudad del país se generan diariamente 6.265 toneladas. De esto, 56% corresponden a plásticos donde se incluyen los de un solo uso. Esta cifra demuestra que: i) más de la mitad de los residuos generados por los 45,5 millones de colombianos son potencialmente reducibles, reusables e incluso reciclables y; ii) la capacidad de carga de los rellenos sanitarios podría aumentar con un adecuado y efectivo manejo de residuos sólidos (SSP, 2018).

Es importante resaltar que el consumo de este material plástico en Colombia es de 1.250.000 ton/año (DANE, 2018) en materias primas, materiales y empaques consumidos y comprados. Además, en promedio un colombiano genera 24 kg al año (DANE, 2018).

El Gobierno de Iván Duque ha hecho énfasis en la economía circular y sostenible como mecanismo para resolver los principales retos de las ciudades sobre la base de un modelo de ocho dimensiones: ambiental, económica, sociocultural, educativa, político-normativa, científico-tecnológica; buscando la recirculación de productos, generación de residuos y una disminución en el consumo de recurso que permita la coherencia con un planeta de recursos finitos (Garrido & Gándara, 2013).

Sin embargo, en Colombia únicamente el 17% de todos los residuos sólidos incluyendo los plásticos son reciclados, razón por la cual esta visión de economía circular y de un manejo adecuado de los residuos debe ir más allá de la disposición adecuada. Es necesario cambiar este ritmo insostenible de consumo y generación de residuos y optar por un cambio de mentalidad integral por parte de las administraciones públicas, el sector privado y la ciudadanía (ONU, 2018).

Cabe resaltar que son las ciudades los lugares en donde hay un mayor consumo generalizado de bienes y servicios como agua, energía, alimentos y transporte, por lo tanto, son el lugar en donde se generan grandes volúmenes de residuos. Esto, sumado a que las personas se acostumbraron a la inmediatez y la comodidad referentes a un ritmo de vida frenético, han llevado a que el cuidado del ambiente y el interés por un desarrollo sostenible hayan pasado a segundo plano (MASP, 2019).

2.2.6 Planes de gestión integral de residuos sólidos – PGIRS.

Son el instrumento de planeación municipal o regional que contiene un conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por uno o más entes territoriales para el manejo de los residuos sólidos, fundamentado en la política de gestión integral de los mismos, el cual se ejecutará durante un período determinado, basándose en un diagnóstico inicial, en su proyección hacia el futuro y en un plan financiero viable que permita garantizar el mejoramiento continuo del manejo de residuos sólidos y la prestación del servicio de aseo a nivel municipal o regional, evaluado a través de la medición permanente de resultados (Min-vivienda, 2015).

Los PGIRS son una herramienta estratégica para el control de la generación, almacenaje, recolección, transferencia y transporte, tratamiento y evacuación de los residuos, de forma que sea respetuosa con el medio ambiente, para ello es necesario priorizar las acciones en función de criterios ambientales de la siguiente manera: Reducir, reutilizar, reciclar, tratar y eliminar Bonmatí y Gabarrell (2008).

Desde otra mirada los PGIRS son un modelo que se intenta implementar a nivel planetario como la vía económica, técnica, socialmente aceptable y sustentable (McDougall et al., 2001) para —minimizar los impactos antiestéticos, a la salud y al ambiente (Zhu et al., 2008; Karak et al., 2012) provocados por los residuos sólidos urbanos (RSU). Más aún, la

implementación de la GIRSU representa una de las metas a conseguir en términos de política ambiental en el mundo (Ayalon et al., 1999; Jenkins et al., 2009; Nash, 2009; Karak et al., 2012).

De acuerdo con Tchobanoglous et al. (1994) “la GIRSU incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de residuos sólidos (p.7-8).

Para la presente investigación se toma como punto de referencia los conceptos manejados por Minvivienda (2015).

2.3 Marco Contextual

El proyecto se desarrolló en el municipio de Funza, el cual es uno de los 116 municipios del departamento de Cundinamarca, Colombia. Se encuentra ubicado en la provincia de Sabana Occidente a 15 km de Bogotá, formando parte del Área metropolitana de la ciudad de Bogotá. Limita al norte con los municipios de Madrid y Tenjo, al oriente con los de Cota y La Mesa, y al sur con Mosquera (DANE, 2005).

Según la Alcaldía de Funza (2014) este municipio se encuentra ubicado a 4° 43' de latitud norte, 74° 13' de longitud al oeste de Greenwich (Figura 3), a una altura aproximada de 2548 msnm (metros sobre el nivel del mar), y cuenta con una superficie total de 70km², de los cuales 4 km² corresponden al área urbana, y 66 km² al sector rural. El territorio es plano y en su mayoría las tierras son aptas para la agricultura. Se encuentra circundado por las aguas del Río Bogotá y cuenta con la red de riego del Distrito. Su población es de aproximadamente 70.000 habitantes (Alcaldía de Funza, 2014).

En el municipio de Funza se cultiva principalmente papa, maíz, repollo, lechuga, zanahoria y arveja. La mayoría de estos cultivos están localizados en las veredas Siete Trojes, Hato y Florida (Figura 4). Ellos son irrigados con agua de los humedales y del distrito de riego La Ramada. La mayoría de estos productos son comercializados en la plaza mayorista de Corabastos y la menor proporción en plazas de mercados de Funza y Facatativá. El municipio se divide en 6 veredas las cuales tienen un total de 32 barrios (Alcaldía de Funza, 2014).

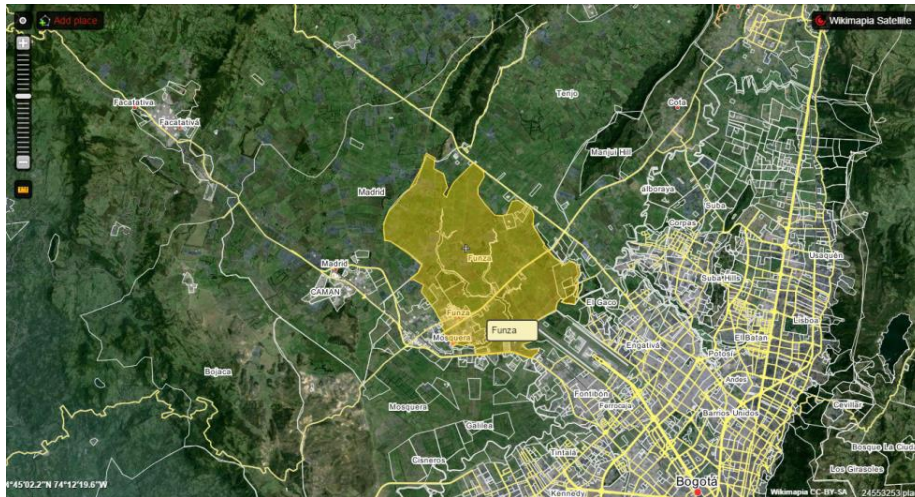


Figura 3. Mapa de Funza
Fuente: Google Maps, 2017

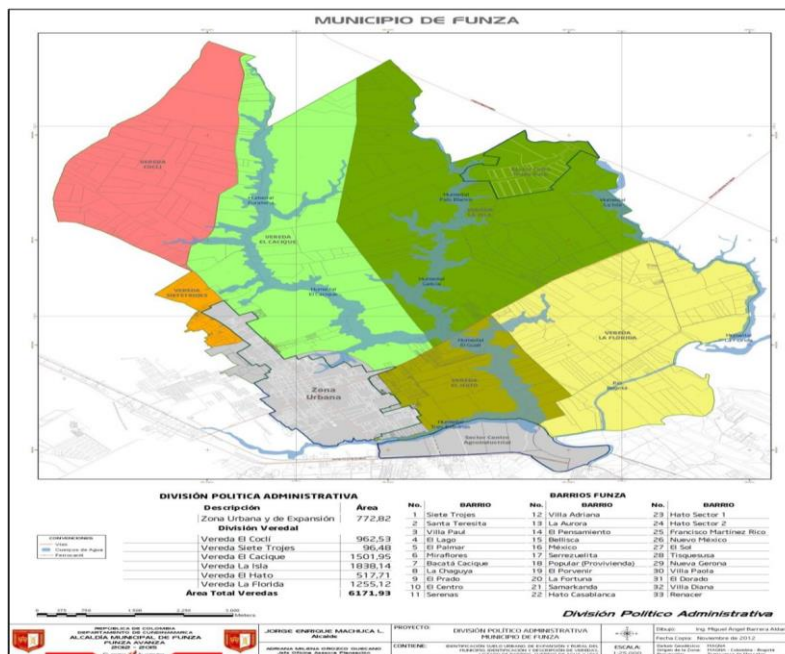


Figura 4. División Política de Funza, Cundinamarca

Fuente: Página web de Funza, Cundinamarca. (En línea) Link: http://funza-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/63313139623832373334636133613730/divisin-politico-administrativa-funza_1.jpg

Así mismo, en los últimos años ha sido cuna del asentamiento de un creciente parque industrial conformado por empresas de diferente naturaleza que han buscado en su territorio las ventajas de desarrollo que dejó de ofrecerles el interior del área metropolitana de la ciudad de Bogotá.

Estos aspectos han conducido a un complejo sistema generador de residuos sólidos que en el diagnóstico realizado para la formulación del PGIRS (Alcaldía de Funza, 2015) arrojó como resultado la composición de los residuos sólidos del municipio que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Composición de residuos sólidos en Funza

Material	ton/año dispuestas relleno sanitario	(%) de residuos	(ton/año) aprovechadas por recuperadores	(%) de residuos
Papel / cartón	2183	10,53%	1058	40,99%
Plásticos	1092	5,26%	955	37%
Chatarra	437	2,11%	258	10%
Vidrio	2183	10,53%	310	12,01%
Orgánicos	10043	48,42%	0	0%
Otros	4803	23,16%	0	0%
TOTAL	20741	100%	2581	100%

Fuente: PGIRS 2015 – 2027: (Alcaldía de Funza, 2015)

Dado el crecimiento demográfico e industrial del municipio, los residuos sólidos en el Municipio de Funza han presentado también un crecimiento proporcional, aumentado con una tasa promedio de 7.6% anual, como se puede observar en la figura 5 (Alcaldía de Funza, 2015).

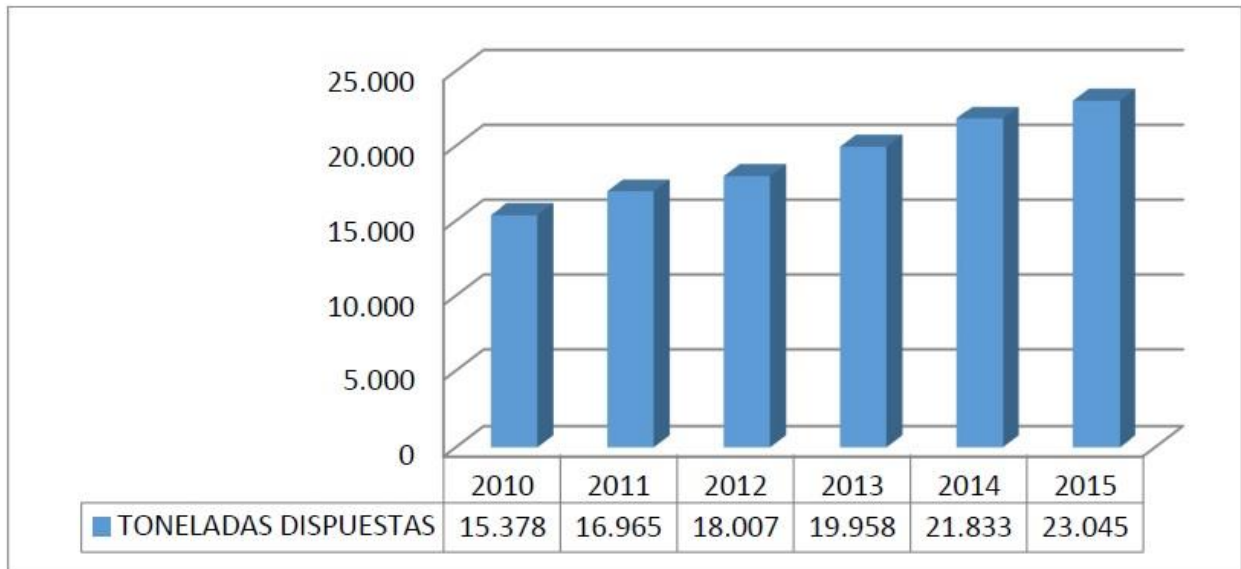


Figura 5. División Política de Funza, Cundinamarca

Fuente: PGIRS 2015 – 2027: (Alcaldía de Funza, 2015)

2.4 Marco Jurídico

Actualmente, el estado ha estipulado diferentes normas nacionales en pro de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales y en beneficio de la salud de las personas.

En la tabla 3 se muestra la relación de las políticas, leyes, decretos y resoluciones que enmarcan y normalizan el manejo de los residuos sólidos en Colombia.

Tabla 3. Normalización colombiana acerca del manejo de residuos sólidos

NORMA	AÑO	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Ley 1259	2008	Congreso de la República	Comparendo ambiental - sanciones a infractores de normas de aseo, limpieza y recolección de escombros
Conpes 3530	2008	MAVDT - SSPD - CRA - DNP:	Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos
Conpes 3874	2016	DDUPA DNP	
Acuerdo 287	2007	Consejo de Bogotá	Se establecen lineamientos para garantizar la inclusión de los recicladores en los procesos de la gestión y manejo integral de los residuos sólidos
Resolución 1457	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de llantas usadas y se adoptan otras disposiciones
Resolución 1297	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de pilas y/o acumuladores y se adoptan otras disposiciones
Resolución 1511	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas
Resolución 1512	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de computadores y periféricos
Resolución 754	2014	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos
Acuerdo 013	2014	Alcaldía de Funza	Por medio del cual se modifica el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Funza, Cundinamarca, con fundamento de lo establecido en el artículo 47 de la Ley 1537 de 2012
PGIRS	2015	Alcaldía de Funza	Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Funza 2015 - 2027

Fuente: Elaboración propia (2017)

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

El estudio desarrollado, de acuerdo con los criterios de Hurtado (2000) se trató de una investigación de tipo propositivo o proyectivo, en la cual “se ocupa de cómo deberían ser las cosas, para alcanzar unos fines y funcionar adecuadamente” (p.325), así mismo, consiste en “hallar solución a los problemas prácticos encontrando nuevas formas e instrumentos de actuación y nuevas modalidades de su aplicación en la realidad” (p.325).

3.2 Enfoque

De acuerdo con la naturaleza del estudio su enfoque fue cualitativo. Al respecto, Cerda (2005), afirma que metodológicamente este enfoque se “caracteriza por el énfasis que hace en la aplicación de las técnicas de descripción, clasificación y explicación” (p.34).

3.3 Objeto de estudio

El objeto de estudio fue el planteamiento de una estrategia de gestión de los residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca, susceptible de desarrollar a nivel empresarial, que contribuya a minimizar la disposición final de los residuos plásticos reciclables y a aumentar su reutilización.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información

Las principales técnicas empleadas para el desarrollo de esta investigación fueron la revisión documental y las observaciones personales, para ello se empleó como instrumentos una matriz de categorías, para la primera, y una guía de observaciones, para la segunda, apoyados en los lineamientos argumentados por Hurtado (2000).

3.5 Procedimiento

La investigación se llevó a cabo siguiendo cuatro fases, a saber:

Fase 1. Análisis del diagnóstico del PGIR de Funza, Cundinamarca, con énfasis en el reciclaje de los residuos sólidos plásticos: Para ello se empleó la revisión documental de fuentes municipales como el PGIRS de Funza, la Empresa Municipal de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Funza - EMAAF ESP, y la Alcaldía Municipal de Funza.

Fase 2. Identificación de experiencias nacionales e internacionales alternativas e innovadoras para el tratamiento de los residuos plásticos reciclables: Para su desarrollo se empleó principalmente la revisión documental de proyectos realizados, con éxito, en diferentes partes del mundo y de Colombia, orientados a la transformación de residuos sólidos plásticos reciclables.

Fase 3. Diseño de una estrategia ambiental, innovadora y con viabilidad financiera, económica y técnica que permita la optimización de la gestión de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca. A partir de los resultados de las dos primeras fases, se realizó una síntesis de la información categorizada y se procedió a construir una propuesta de estrategia alternativa, innovadora y viable para el municipio, conducente a optimizar la gestión de la transformación de residuos plásticos reciclables.

Fase 4. Consistió en la compilación de la información en un documento final que diera muestra de los resultados obtenidos en la investigación.

En la figura 6 se ilustra cómo se va a desarrollar cada uno de los objetivos planteados en la investigación.

Objetivos	Actividades
<p>Analizar el diagnóstico del PGIR de Funza, Cundinamarca, con énfasis en el reciclaje de los residuos sólidos plásticos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Revisión documental del PGIRS de Funza, de los registros de la Empresa Municipal de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Funza - EMAAF ESP, y de los diagnósticos realizados por la Alcaldía de Funza para la realización del Plan de Desarrollo Municipal, y de los planes de manejo de residuos de algunas de las principales empresas ubicadas en el municipio. b. Análisis e interpretación del diagnóstico sobre el que se basó el planteamiento del PGIR de Funza 2015-2027.
<p>Identificar experiencias nacionales e internacionales alternativas e innovadoras para el tratamiento de los residuos plásticos reciclables.</p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Revisión documental de proyectos realizados, con éxito, en diferentes partes del mundo y de Colombia, orientados a la transformación de residuos sólidos reciclables en bases documentales como Redalyc, Scielo, Scholar Google. b. Categorización de la información identificada y seleccionada.
<p>Diseñar una estrategia ambiental, innovadora y con viabilidad financiera, económica y técnica que permita la optimización de la gestión de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca.</p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Seleccionar y analizar los casos de aplicación de estrategias de transformación de residuos sólidos reciclables en el mundo y en Colombia. b. Definir los componentes estructurales y funcionales de la estrategia a proponer. c. Establecer la forma en la que pueden ser implementados en el municipio de Funza. d. Establecer la viabilidad económica, financiera y de retorno de la inversión para ser implementado en el municipio de Funza.

Figura 6. Actividades con las que se va a desarrollar cada uno de los objetivos de la investigación

Fuente: Elaboración propia (2017)

CAPÍTULO 4. EXPERIENCIAS NACIONALES E INTERNACIONALES, INNOVADORAS, PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS RECICLABLES

4.1 Caso Singapur

Los parques ambientales son un nuevo concepto que se está implementando en el mundo para tratar residuos peligrosos. La idea es que los sectores generadores de basura tóxica (hospitales, empresas mineras, productoras de hidrocarburos, fábricas y hogares) tengan alternativas para tratar sus desechos. Hay muchas formas de lidiar con la basura peligrosa, como la incineración, la reclusión en celdas de seguridad y la biorremediación, es decir, el uso de microorganismos para descomponer los residuos. En muchos casos se necesita una combinación de las tres técnicas para lograr un buen resultado (Noguera, 2015).

Al respecto Singapur es un buen ejemplo que se describe a continuación: Por medio de procedimientos de modernización tecnológica, Singapur buscó diseñar en la costa un basurero capaz de tratar los desechos de manera eficiente sin afectar las aguas circundantes, asegurando las óptimas condiciones para el manejo de residuos. Las primeras fases de modernización se enfocaron en los espacios escolares y académicos por medio de los cuales se recolectaron una serie de datos relevantes para poder determinar la hoja de ruta que debería seguir el Estado, estos datos son:

- Identificar las zonas más afectadas por la contaminación.
- Identificación de Residuos.
- Identificación del origen de los residuos.
- Cantidad de residuos generados.

Los procesos de tecnificación se dieron de manera paulatina sin identificar un plan o proyecto que lograra conglomerar los métodos de educación, el proceso de modernización y los cambios sociales relevantes. No fue sino hasta el año 2004 en que el Estado singapurense propuso la construcción y unificación de acciones dentro de una sola directriz, llamada Singapur Green Plan de 2006, la cual logra centrar esfuerzos de varios ministerios y entidades del gobierno.

El plan se desarrolló hasta 2012, durante el cual se formaliza la pretensión sobre modificar las conductas de la ciudadanía sobre el manejo de basuras desde la jerarquización y selección de residuos. También pretendía identificar el origen de los residuos entre industriales, comerciales y hogareños, para diseñar programas y proyectos enfocados sobre cada sector de la población, respondiendo a las necesidades particulares, identificando los focos de contaminación y reconociendo el tipo de residuos que se maneja para evitar riesgos medioambientales en el país.

Las pretensiones del plan respecto a la identificación de residuos fueron favorables. El inicio del ejercicio no fue sencillo en la medida en que se trata de un recurso heterogéneo. Es por ello que el diseño de planes y proyectos específicos se dieron de manera paulatina y priorizando las actividades y construyendo un esquema sólido que puede ser evidenciado.

Con este plan el enfoque en el manejo de residuos se modificó: ya no era la conversión de las basuras en desechos quemados sin el reciclaje de los mismos y el óptimo aprovechamiento medioambiental, tampoco era dejar en manos de privados o de la ciudadanía el manejo de los residuos. El éxito de este plan se materializó con el Programa Nacional de Reciclaje, como parte del eje de reciclaje y cambio climático del Singapur Green Plan.

Sin alejarse del componente central resaltó el carácter voluntario para familias y comerciantes pequeños, contando con incentivos positivos para vincular principalmente a los hogares; Además fuerza a los grandes empresarios a incentivar un procedimiento de reciclaje interno, motivando y estimulando el cambio en cada empleado desde la perspectiva empresarial. De manera general y macro se dilata el proceso de recolección de basuras a cada dos semanas en la medida en que los principales hogares se concentran en los grandes rascacielos con los que cuenta Singapur.

La recolección de basuras realizada cada dos semanas es positiva por varias razones entre ellas:

1. Permite desarrollar capacidades de administración sobre los residuos desde una perspectiva social y empresarial.
2. Ahorro de manera significativo en reducción en el gasto de combustibles fósiles y mejor uso de los camiones recolectores de basura.
3. Aprovechamiento de los procesos biológicos de manera natural, gracias al surgimiento natural de bacterias en los residuos.

El modelo actual de Singapur se concentra en tres grandes ejes distribuidos en los elementos de la recolección: el tratamiento y la recuperación, estos ejes funcionan de manera sinérgica, buscando una sola finalidad en común que es el mejoramiento de la calidad y las condiciones de vida de los singapurenses.

Los objetivos finales de estos ejes se centran según el Ministerio de Medioambiente y Recursos Hídricos en:

- Minimizar los residuos mediante su reducción, reutilización y reciclado.
- Tratar de conseguir cero tiraderos de basura.
- Desarrollar la industria y la tecnología del sector para posicionarse como centro de gestión de residuos regional

Desde un enfoque internacional y según la Biblioteca Nacional de Chile “Singapur es el país con mejor manejo de basuras en el mundo, 60% de los recursos se reutilizan y se reciclan”, demostrando de esta manera que los esfuerzos en la materia dieron sus frutos y resultaron ser efectivos. El uso combinado de tecnologías demuestra que los países del mundo deberían enfocarse en su uso y no concentrarse en los tradicionales vertederos de basura rural o colindante con las grandes ciudades del mundo.

El modelo singapurense es ideal gracias al apoyo que consigue entre las entidades privadas y públicas, y a los niveles de alcance y apropiación que logra conseguir dentro de la población, los cuales lo convierten en un elemento fundamental para la protección del medioambiente y de la sociedad en general, pero ante todo es un modelo sustentable, continuo y renovable, el cual logra generar continuidad y desarrolla un sentido de necesidad en donde la vinculación al proyecto es obligatoria y necesaria (Rubio, 2016).

Este arquetipo diseñado por fases permite el funcionamiento independiente entre las partes que lo componen, pese a que se complementan y conforman el proceso final de recolección, reciclaje y transformación de residuos. Por otro lado, también afianza los procesos individuales, permitiendo que los métodos en el trato de residuos sean debidamente manejados dentro de un plazo de tiempo (Rubio, 2016).

4.2 Caso Holanda

En materia de manejo de residuos, Holanda es uno de los países más avanzados de Europa y quizás del mundo. La falta de espacio y una creciente conciencia ambiental obligó al

gobierno holandés a tomar medidas de forma inmediata para eliminar prácticamente los rellenos sanitarios (Bastiaenen, s.f.).

Esto, a su vez, dio a las compañías la confianza para invertir en soluciones más amigables con el medio ambiente. Actualmente, los Países Bajos están ayudando a otros países que están empezando a hacer este tipo de inversiones para poder evitar los errores cometidos.

En la segunda mitad de la década de los setenta, el manejo de residuos se colocó estructuralmente en la agenda administrativa holandesa. Pero fue en los años noventa que la transición se llevó a cabo de un pequeño sector, ineficiente y organizado regionalmente, a donde se encuentra ahora: a un sector profesional, con orientación internacional y cada vez más innovador.

El resultado fue impresionante: en 2010 alrededor del 80% de los residuos se reciclaba, el 16% era incinerado y sólo una pequeña fracción de 3 a 4% de los desechos producidos en los Países Bajos se depositan en rellenos sanitarios.

La política holandesa de gestión de desechos tiene cinco elementos importantes:

1. Orden de preferencia para la eliminación de residuos (jerarquía de residuos).
2. Estrictas normas de tratamiento de residuos.
3. Planificación a nivel nacional (en estrecha colaboración con autoridades locales).
4. Responsabilidad extendida del productor.
5. Uso de diversos instrumentos (económicos) para estimular la prevención y reciclaje.

En esta sección se presentan una serie de experiencias holandesas potencialmente valiosas en el área de la gestión de residuos, junto con algunas empresas que ofrecen los productos y servicios correspondientes.

Gracias a las difíciles condiciones geo-hidrológicas (Holanda siendo un país plano, el delta de los grandes ríos europeos, con altos niveles de agua subterránea), los rellenos sanitarios representan un área para los holandeses de excepcional experiencia. Por ejemplo, los revestimientos y las cubiertas son proporcionados por la empresa Trisoplast Mineral Liners. La eliminación de rellenos viejos también tiene una larga tradición debido a la escasez de espacio. Algunas empresas que se desempeñan en esta área son Afvalzorg, Attero y VAR (Bastiaenen, s.f.).

4.2.1 Recuperación de biogás en rellenos sanitarios.

Los Países Bajos tienen una amplia experiencia en la extracción de biogás de los rellenos sanitarios y vertederos. Un recubrimiento apropiado combinado con un sistema de captura de biogás de alta tecnología permite la extracción óptima de los gases nocivos producidos por los residuos en descomposición en los rellenos sanitarios. Técnicas innovadoras desarrolladas por empresas holandesas permiten la extracción más rápida de gases. Por otra parte, la recuperación de gas por lo menos se duplica cuando se utiliza un sistema apropiado de recubrimiento. La experiencia holandesa se puede aplicar tanto si se quema el gas extraído como también en caso de depuración de biogás para generar electricidad o incluso para su uso en una red de gas natural. Algunas empresas con trayectoria en este campo son Trisoplast, Hofstetter, DMT (incluso tratamiento de aguas lixiviadas) y van der Wiel Stortgas (Bastiaenen, s.f.).

4.2.2 Compostaje.

En los años noventa la separación en la fuente y la separación de residuos orgánicos de hogares y mercados se volvieron obligatorios. Como resultado, las empresas holandesas tienen una larga experiencia en lo que se refiere a la digestión anaeróbica y el compostaje.

En la actualidad, instalaciones modernas de alto desempeño de compostaje en túneles han sido construidas por empresas como Attero, Christiaens Group, Gicom Composting Systems, Maris, Orgaworld, Vandenbroek International, Van Kaathoven Group, VAR y Waste Treatment Technologies. Dorset Green Machines utiliza el calor de los residuos para secar la biomasa.

Los residuos orgánicos también pueden ser digeridos en un sistema cerrado y pueden ser utilizados para generar electricidad o ser convertidos en gas natural. Algunas empresas con comprobada experiencia en el campo del mojado-secado en la digestión anaeróbica de los desechos municipales son Biothane, Dahlman, DMT, HoSt y Nijhuis Water (Bastiaenen, s.f.).

4.2.3 Sistemas avanzados de recolección de residuos.

La recolección de residuos puede ser complicada, particularmente en las calles angostas de los centros históricos de las ciudades holandesas. Esta situación, junto con el objetivo de minimizar las emisiones de gases dañinos para el medio ambiente, ha llevado al desarrollo de sistemas avanzados de recolección, logística y vehículos.

Hoy en día en los Países Bajos, especialmente en los centros de las grandes ciudades, los contenedores terrestres han sido sustituidos por contenedores subterráneos en los cuales los habitantes pueden poner papel, vidrio, residuos de plástico y residuos para reciclaje. Este sistema es estéticamente agradable, más higiénico y sobre todo más eficiente. Algunas empresas que ofrecen este tipo de sistemas son Geesink Norba y Royal Dutch Bammens. Sulo y Bammens desarrollaron un sistema para carga variable. Translift ofrece un sistema logístico optimizado con vehículos equipados con contenedores flexibles que se cargan al lado (Bastiaenen, s.f.).



Figura 7. Sistema avanzado de recolección de residuos

Fuente: Bastiaenen (s.f.)

4.2.4 Técnicas de separación.

Las técnicas de separación para purificar, clasificar y separar diferentes flujos residuales tienen una larga tradición (por ejemplo, los residuos electrónicos o los residuos de la construcción y demolición). Los residuos pueden ser clasificados y separados en diferentes formas, tales como trituración y tamizado, separación por aire, fuerza magnética, inducción eléctrica, placas magnéticas con líquidos magnéticos, técnicas de infrarrojo, etc. Existe una excelente infraestructura de plantas de separación. Estas plantas procesan desechos como residuos de construcción y demolición, residuos comerciales e industriales, residuos domésticos voluminosos y residuos de envases de plástico. En Holanda existe también una amplia experiencia en la producción de combustible sólido recuperado (CSR) a base de desechos mezclados. CSR es una opción interesante en el manejo de residuos, el cual hace uso óptimo del valor calorífico de los residuos que no pueden ser reciclados (Bastiaenen, s.f.).

Las empresas más destacadas en este segmento son, por ejemplo, Bakker Magnetics, Boa Recycling Equipment, Bollegraaf Recycling Solutions, Europe Recycling Equipment, Goudsmit, Machinefabriek Emmen, Nihot, N.M. Heilig, Redox Recycling Technology y Waste Treatment Technologies.



Figura 8. Planta de separación

Fuente: Bastiaenen (s.f.)

4.2.5 Separación de plástico.

Knapzak Benelux es un sistema de recolección de envase sintético tal como lámina de plástico, EPS, macetas y bandejas de plantas y botellas de PET. Knapzak (una bolsa de plástico reciclada) y Knapsackholder (estructura de acero tubular para colocar el Knapsack) juntos forman el dúo ideal para la adecuada colección de estas corrientes residuales sintéticas (Bastiaenen, s.f.).

4.2.6 Ayuda gubernamental para tratamiento de residuos.

Agencia NL es la organización gubernamental que supervisa todos los flujos de residuos, autoriza la recolección de residuos peligrosos y su traslado, opera el sistema de seguimiento de desechos, y da soporte a todos los niveles del gobierno a través de asistencia técnica y en la elaboración de políticas (Bastiaenen, s.f.).

4.2.7 Responsabilidad extendida del productor.

Debido a la introducción del concepto de la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), en los años noventa varias organizaciones de recuperación fueron creadas para manejar los diferentes flujos de residuos. El Gobierno intervino para asegurar que se creara sistemas colectivos para la gestión de desechos de los consumidores.

Al contrario de otros países, los Países Bajos tienen una sola organización de recuperación para cada flujo de residuos (en vez de varias). El reciclaje de carros está manejado por la ARN, el reciclaje de los desechos electrónicos por Wecycle, la recolección/reciclaje de los residuos de envases (incluidos los plásticos) por Nedvang, y la recolección/reciclaje de baterías por Stibat. Las organizaciones de recuperación actúan en la realidad como gerentes de la cadena. Organizan y controlan el proceso mediante la contratación de todas las actividades (como por ejemplo la recolección y el reciclaje) (Bastiaenen, s.f.).

4.2.8 Energía a base de residuos (W2E).

Los desechos que no pueden ser reciclados se incineran para la generación de electricidad y vapor (en ciertos casos para redes de calefacción centralizadas). Las plantas holandesas son muy innovadoras y de avanzada tecnología. Eso significa que no existe riesgo de emisiones de dioxina ya que las instalaciones cumplen altos criterios de eficiencia energética (un 87% de la capacidad holandesa cumple con los criterios europeos R1). De modo que estas plantas son reconocidas como instalación de recuperación de energía (Bastiaenen, s.f.).



Figura 9. Instalaciones de recuperación de energía

Fuente: Bastiaenen (s.f.)

4.3 Caso Alemania

Una experiencia exitosa para reducir el plástico y otros materiales, se puede encontrar en Alemania, con su ya famoso pfand (depósito) en los envases de bebestibles, sistema a través del cual este país logra reciclar el 98% de sus botellas plásticas (Froimovich, 2019).

Este sistema consiste en un depósito en dinero que se cobra adicionalmente a la compra de un bebestible que esté envasado en plástico, lata o vidrio.

Una vez consumido, el envase se entrega en un punto de retorno o máquina de reciclado - generalmente habilitados en supermercados-, o a una botillería. Este depósito es devuelto en dinero en efectivo o como descuento para una siguiente compra en el local, independiente de si las bebidas fueron compradas en ese mismo lugar o no.

Esto se debe a que la Ley en Alemania establece que ciertos supermercados o puntos de venta, que vendan bebidas embotelladas, deben tener un lugar donde devolver los envases con el pfand (depósito). Estos envases son recolectados y transportados para luego clasificarlos y reprocesarlos.



Figura 10. Pfand de Alemania

Fuente: Froimovich (2019)

Este incentivo económico, o pfand (depósito), está sujeto a dos tipos de envases: los reciclables, o “einwegpfand” (depósito para reciclable), como las latas y botellas de plástico delgado (de un solo uso); y los reutilizables, o “mehrwegpfand” (depósito para retornable), como los envases de vidrio y de plástico de alta resistencia.

En términos monetarios, los precios del pfänd (depósito) pueden oscilar entre los 0,08€ por botella de vidrio, a 0,25€ por botellas PET o latas, diferencia que incentiva el consumo de envases reutilizables por parte de los consumidores.

El establecimiento de estos valores varía según volumen, impacto ambiental y el contenido de los envases. Estos pueden ser fácilmente identificados por una pequeña imagen en la etiqueta.



Figura 11. Etiqueta utilizada para el Pfand de Alemania

Fuente: Froimovich (2019)

La idea de un depósito obligatorio se estableció en las reglamentaciones dentro de la Ordenanza de Envases Alemán (1991, Verpack V), formalizada posteriormente en 1996 con la "Ley de Reciclaje y Gestión de Residuos". En 1991 se estableció una cuota mínima de un 72% para los envases de bebestibles reutilizables presentes en el mercado. En el caso de una cuota inferior, se impondría un depósito obligatorio en los envases no reutilizables.

En 1997, esta cuota cayó por primera vez bajo el 72%, una tendencia que fue acentuándose con los años. Esto llevó a la introducción de un Sistema de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR) obligatorio a partir de enero de 2003, lo que condujo a fuertes batallas legales

entre el gobierno alemán y la industria embotelladora de dicho país. Como resultado, el sistema inicial tenía algunos inconvenientes críticos. Varios cambios importantes y optimizaciones al sistema inicial tuvieron lugar hasta mayo de 2006, cuando el SDDR comenzó a implementarse en todo el país.

Desde el 1 de enero de 2019 se sustituye este decreto al entrar en vigor la nueva Ley de Envases alemana (Verpack G), que busca crear aún más conciencia, diferenciando entre las botellas que son retornables y las que son reciclables.

Actualmente, en Alemania se fabrican más de 19 millones de toneladas de plástico anualmente. De estas, casi un tercio del total de la producción se procesa en envases.

Hoy en día, según Deutsche Umwelthilfe (Asociación alemana sin fines de lucro para la protección del medio ambiente y del consumidor), este país recicla el 98% de sus botellas plásticas y un 98,5% del total de los envases con pfand, el triple de lo que se conseguía previo a la implementación de “Ley de Reciclaje y Gestión de Residuos”.

Tal como en Alemania, hoy en día, hay más de 40 países y 21 estados de EEUU que operan algún tipo de Sistema de Depósito, Devolución y Retorno (SDDR). Un estudio realizado por el Comité de Medio Ambiente del Parlamento del Reino Unido, establece que países con SDDR para botellas de plástico tienden a reciclar entre un 80% y un 95%.

En Europa, son 10 los países que operan bajo este sistema: Croacia, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Alemania, Islandia, Lituania, Países Bajos, Noruega y Suecia, siendo Noruega el caso de mayor éxito, alcanzando una tasa de reciclaje del 99% del total de los envases con depósito.

Por su parte, Francia está considerando su aplicación a nivel nacional, e Inglaterra planea implementarlo a partir del año 2023. En tanto, la Unión Europea, en su Directiva Sobre Plásticos De Un Solo Uso, requiere que sus estados miembros recolecten el 77% de las botellas de plástico de un solo uso comercializadas para 2025, y el 90% para 2029.

Existen múltiples ventajas en la implementación del sistema de devolución de depósito, algunos de ellas son:

- Incentivar el consumo consciente.
- Abordar el problema de la basura: reducción de envases abandonados y vertido incontrolado o "littering".
- Mejor calidad de los envases utilizados recogidos.
- Mayor tasa de reciclado.

- Beneficios económicos: por ejemplo, los productores pueden reducir su costo de producción utilizando materiales reciclados, lo cual es más económico que extraer y procesar materiales nuevos.
- Beneficio ambiental: menos gases de efecto invernadero emitidos en la atmósfera y un mayor ahorro energético.

Si bien son muchos los beneficios de implementar un sistema de devolución de depósito, también hay algunos aspectos a considerar:

- El costo de implementación y funcionamiento: se deben instalar suficientes máquinas para la devolución de estos envases, en la mayor cantidad de lugares posibles. Esto tiene un costo de transporte, mantenimiento y administración.
- El sistema de devolución de depósito depende de una producción de residuos. La prevención y reutilización de los desechos siempre deben ser la primera opción, ya que implican un menor consumo energético y nos acercan al anhelo de una sociedad cero residuos.
- El movimiento transfronterizo de envases con depósitos puede ser un problema. Actualmente se está discutiendo un acuerdo entre Alemania y Dinamarca para establecer un SDDR entre estos países, que permita a los consumidores elegir qué depósito pagar según el país donde devuelvan el contenedor vacío.

A corto plazo, tener más sistemas de devolución de depósitos de reciclables beneficiaría a la economía circular y al reciclaje. Pese a ello, a largo plazo y con el objetivo de reducir los residuos (going zero waste), algunos de estos sistemas de reciclaje podrían reemplazarse por sistemas de reutilización (retornables), ya que las cadenas de suministro se acortan.

Fomentar el reciclaje es un buen primer paso, ya que la incineración y los vertederos siguen siendo la norma en muchos países. Sin embargo, la producción de botellas de un solo uso para reciclarlos tiene un alto costo ambiental y la tendencia debería ir hacia la prevención y la reutilización.

4.4 Caso Argentina

De todos los materiales que se descartan diariamente en el mundo, el plástico es uno de los más problemáticos al punto de que, en 2018, la Organización de Naciones Unidas (ONU) lanzó una alerta mundial por su presencia creciente en los océanos.

En Argentina se tiran a la basura 13 millones de botellas PET (polietileno tereftalato) por día, que, apiladas, permitirían construir un edificio de 57 pisos cada 24 horas. Y aunque son 100% reciclables, solo se recupera un 30%, esto según datos de Ecoplas, entidad conformada por investigadores y representantes de la industria, que promueve un uso sustentable del plástico (Ensinck, 2020).

Una botella PET arrojada a la basura tarda más de 150 años en degradarse. Pero si se la recupera y recicla, con ella se pueden fabricar fibras textiles para confeccionar mantas, prendas de vestir, bolsos, alfombras, calzado, cuerdas, cepillos, escobas o nuevos envases. También hay experiencias en la fabricación de novedosos materiales como madera plástica para pisos y muebles de exterior, hormigón plástico para la construcción y envases reforzados para agroquímicos, entre otros.

Las ventajas de reciclar el plástico son múltiples, ya que un kilo de PET reciclado utiliza un 70% menos de energía (mayormente de origen fósil, ya que la matriz energética argentina aún se basa en un 80% en petróleo y gas) que un kilo de PET virgen. Además, se trata de una actividad que genera empleo.

Sin embargo, “la falta de separación de residuos en el hogar, una logística adecuada y una “ley del envase”, que obligue a las empresas a recuperar los mismos tras su consumo, hace que la industria recicladora del plástico trabaje en el país al 50% de su capacidad”, describe Verónica Ramos, directora Ejecutiva de Ecoplas.

La entidad realiza cursos y capacitaciones tanto en escuelas como en organizaciones comunitarias y cooperativas para enseñar a distinguir los diferentes tipos de plásticos y sus usos. También lanzó una serie de sellos, con forma de una mano con el pulgar hacia arriba y las siglas de los distintos tipos de plásticos (PET, PS y PVC, entre otros), para ayudar a su identificación y correcto reciclado, así como una guía con sus usos más frecuentes.

En tanto, algunas decisiones gubernamentales con aparente buena intención, como la prohibición del uso de bolsas de polietileno en los supermercados y de sorbetes, “no solucionan el problema ya que no generan un cambio de hábitos, pero, evidentemente, prohibir es más fácil que educar”, apunta Ramos.

A estas medidas se sumó un reciente decreto presidencial (el número 591/2019 promulgado el 27 de agosto de 2019) que favorece la importación de residuos perjudicando la

actividad de los recicladores locales y posicionando a la Argentina como “basurero del mundo”, según denunciaron numerosas organizaciones ambientalistas.

Bajo el paradigma de la economía circular, que busca aprovechar los recursos el mayor tiempo posible, recuperarlos al final de su vida útil para transformarlos y devolverlos al proceso productivo, los plásticos no se convierten jamás en residuos. “Los plásticos son 100% reciclables y pueden volver a ser materias primas, generando en esta cadena nuevo valor y empleos, tanto para su recuperación, diseño y nuevo procesamiento”, destaca Ramos.

El problema es su baja tasa de recuperación, el hecho de que muchas veces están mezclados, y en algunos casos no encuentran un mercado para su comercialización.

Cada verano, los turistas dejan en las playas no sólo algún ingreso económico en las localidades balnearias, sino montañas de plásticos y otros materiales como el telgopor, que son de difícil tratamiento por su gran volumen y alto poder contaminante.

A partir de este problema, la cooperativa “Reciclando Conciencia” de Pinamar, en la costa atlántica argentina, contactó al arquitecto Carlos Levingston, vecino de la localidad balnearia y director del Centro Experimental de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Buenos Aires, donde se estaban desarrollando materiales de construcción a partir de plásticos y otros desechos.

De este modo, investigadores y recicladores crearon un eco-ladrillo que ofrece una doble solución: por un lado, evita la contaminación y, por el otro, genera un material para la construcción con buena aislación térmica y más económica que los convencionales.

“Reciclando Conciencia” nació en 2010 a partir de una huelga municipal de cinco meses en la que colapsó el sistema de recolección. “Los vecinos empezamos a separar y reciclar por necesidad, y finalmente vimos que era una salida laboral”, cuenta Carlos Méndez, presidente de la entidad.

“Además de separar los residuos, los valorizamos y creamos productos a partir de ellos. Fabricamos 100 bloques por día y estamos convocando a otras cooperativas para que acopien para nosotros”, señala.

Gracias a la capacitación y reinversión en maquinarias, la cooperativa separa más de 16 tipos de materiales. Además de los eco-ladrillos, produce placas de plástico reciclado, con las que se construyen sillas, mesas, maceteros y cestos de basura. También cuenta con una línea de

recuperación de vidrios, metales, residuos tecnológicos y neumáticos, que son enviados a otras cooperativas y empresas para ser valorizados.

“Desde que nació ‘Reciclando Conciencia’, buscamos tanto la inclusión social como el cuidado ambiental y el desarrollo de las personas”, sostiene Méndez.

El eco-ladrillo es una síntesis de eso: por un lado, resuelve un tema de contaminación y, por otro, genera un producto para construir y ampliar los hogares de sus socios.

4.5 Caso Perú

La Municipalidad de Santiago de Surco, a inicios de año 2001 tenía una jurisdicción de 45,000 km², donde convivían en promedio 387,332 habitantes, encontrándose todos los niveles socioeconómicos desde el más alto hasta el más bajo. La cantidad diaria que el distrito producía en ese momento en residuos sólidos inertes era de un estimado de 220.82 ton/día, lo cual hacía un promedio estimado de 80.598.40 ton/año. Para el recojo domiciliarios se utilizaban 4 carros compactadores y 2 vehículos de transporte de residuos hacia su disposición final en las afueras de Lima, generándose un costo de S/. 110.00 por tonelada recogida y transportada hasta su disposición final, es decir 8.865.824 soles y por sobre todas las cosas 99.88 ton de emisiones de CO₂ que afectaban al ambiente, disminuyendo la calidad de vida de los habitantes.

En octubre del 2001, bajo el lema “EN SURCO LA BASURA SIRVE”, la Municipalidad del Distrito de Santiago de Surco crea El Programa de Segregación en Origen, con la finalidad de capacitar a la población y crear en ellos conciencia y costumbre de reciclar, recuperando los desechos enviados al relleno sanitario, y así contribuir eficaz y directamente con el cuidado y conservación del ambiente.

En este contexto, hacia finales del 2010 se evalúa que el programa inducía efectivamente a la población de Santiago de Surco, en ese momento de 463,763 habitantes, a separar en su lugar de origen (casa o trabajo) los residuos inorgánicos, logrando en su momento reciclar 1,857 ton de 106,777 ton de residuos domiciliarios , pero a nivel de gestión estábamos trabajando un ciclo primitivo de los residuos y no siendo coherentes con nuestra misión, entregándoles bolsas plásticas a los vecinos, aproximadamente 120,000 bolsas mensuales, que muchas veces eran compradas a un tercero, gastando anualmente S/. 576,000 soles, sin tener la seguridad de que estas eran recicladas, teniendo una cuota de responsabilidad en el aumento en las cantidades de residuos derivados al relleno sanitario, una problemática por la cual nosotros veníamos luchando.

Ante esto nos dispusimos a cerrar el círculo virtuoso empleando uno de los principales valores de la gestión de reciclaje, y que irónicamente se profesaba: REUTILIZANDO.

A nivel de gestión ambiental el objetivo principal es lograr un mayor aporte en la disminución en la Huella de Carbono mediante prácticas productivas de ecoeficiencia disminuyendo la cantidad de residuos en el relleno sanitario; a nivel humano, mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Se plantearon además objetivos específicos:

- Involucramiento activo de los vecinos del Distrito en el Programa de Segregación en Origen EN SURCO LA BASURA SIRVE.
- Mejoramiento de la calidad del producto entregado en el programa de reciclaje.
- Innovación en el Programa de Segregación en Origen EN SURCO LA BASURA SIRVE.

La práctica ha contribuido a cumplir el objetivo principal permitiendo utilizar el universo de bolsas plásticas que originalmente se destinaban al relleno sanitario y darles un valor agregado reutilizándolas para producir la bolsa anaranjada: Bolsa que seguirá siendo bolsa. Todo esto mediante la participación activa de cada vez más vecinos, colegios, universidades, empresas, entre otros; y tras continuas mejoras en nuestros procesos de producción.

Este programa induce a la población de Santiago de Surco, separar en su lugar de origen (casa o trabajo) los residuos inorgánicos en Bolsas anaranjadas entregadas por la Municipalidad en forma gratuita, para ser recogidas en particular y llevarlos a nuestra propia Planta de Reciclaje, en donde lo recolectado se clasifica por producto para su posterior comercialización (haciendo esta Planta auto-sostenible) y reúso en la industria. La Bolsa anaranjada que regresa con el material reciclado es el principal insumo para la fabricación de la siguiente bolsa a entregar al vecino, completando de esta manera el Proceso de Reciclado.

En otras palabras, se puede decir que la población Surcana recicla aproximadamente 33 ton diarias o mejor aún cerca de 104,30 ton al año en bolsa Naranja producida en la Planta de Segregación (1.444.000 bolsas anuales), logrando un ahorro de S/. 316,800 soles produciéndola con los materiales reciclados. Con esta iniciativa hemos cerrado el circuito del reciclado, reduciendo de manera significativa la cantidad de residuos domiciliarios del Distrito de Santiago de Surco derivados al relleno sanitario, 8745 ton menos de CO₂ a nuestro ambiente, pero además logrando una participación directa del ciudadano convirtiendo a este programa y a la Municipalidad, como líderes en Gestión de Residuos Sólidos en Gobiernos Locales.

Desde el punto de vista institucional, la fabricación de nuestra propia Bolsa Anaranjada, ha permitido aplicar estrategias innovadoras y sustentables y que redundan en un ahorro del gasto público (aproximadamente 1,072.800.00 nuevos soles) permitiendo reorientar estos recursos a solucionar otros problemas. Además, la Planta de reciclaje es visitada semanalmente por vecinos, estudiantes, autoridades y/o representantes nacionales y extranjeros de organismos nacionales e internacionales y persona interesadas en el proceso de reciclaje.

Lo innovador y creativo del proyecto de Reingeniería del Programa EN SURCO LA BASURA SIRVE: Bolsa que seguirá siendo bolsa, es que con la implementación hemos logrado cerrar el círculo virtuoso del reciclaje a través de la producción de bolsas que se generan del plástico que entregan los vecinos del Distrito diariamente.

Beneficios Directos:

- El Programa está logrando crear conciencia sobre la necesidad de conservación del medio ambiente, esta situación se ve reflejada en el nivel creciente de participación de los vecinos en el mismo.
- Se está permitiendo un incremento en el procesamiento de residuos reciclables, los que al generar ingresos por su comercialización redundan en mejoras directas en el servicio brindado a los vecinos
- Se está logrando incorporar nuevos hábitos que aseguran un buen ejemplo a las nuevas generaciones.
- Se educa y logra la participación activa de todos los miembros del núcleo familiar en la recuperación de los residuos reciclables, niños, adolescentes, adultos, empleados del hogar, adultos mayores, y trabajadores.
- Las mejoras en el ornato y la erradicación de zonas de residuos, conlleva a la elevación de la valorización de los predios en el distrito.
- Al reciclar no incrementan el costo de los arbitrios de limpieza pública en el rubro de recojo de residuos sólidos, ya que dicha cantidad de residuos deja de ir al relleno sanitario y deja de ser un gasto para la institución.

Beneficios Indirectos:

- Creamos conciencia ambiental en niños de colegios surcanos, que en algunos casos no viven en el distrito, pero que terminan llevando a sus hogares la cultura del reciclaje.

- Las industrias de reciclaje utilizan como materia prima los residuos reciclables ahorrando insumos y energía en la transformación en nuevos productos
- Atención e intercambio de información a universidades, instituciones educativas y empresas comprometidas con el manejo ambiental, de tal manera de generar conciencia en otras entidades públicas del país.
- El programa genera también iniciativas particulares de participación y colaboración en jóvenes interesados en el medio ambiente que inclusive se ofrecen a realizar un trabajo voluntario de capacitación.
- La descontaminación del ambiente mediante, la reducción de emisiones de CO2 ayuda al cuidado del planeta y a mejorar la calidad de vida.

Las dificultades Internas estuvieron enmarcadas por los siguientes ítems:

- Primero por la falta de acondicionamiento del espacio de la Planta de Segregación, el que se vio insuficiente ante el crecimiento las cantidades de los residuos reciclados anualmente, ante esto se hizo una mejora de la línea de producción, optimizando así los espacios.
- En segundo lugar, se muestra la poca presencia de personal calificado para ejecutar de manera eficaz el proceso de producción del Programa, ante esto se dispuso a capacitar al personal convirtiéndolo hoy en especialistas en su actividad.
- Y por último se encuentra la competencia de los segregadores informales a la que muchas veces se estuvo expuesto, hoy tiene ya 41 recicladores informales que son parte del Programa.

Las dificultades Externas estuvieron enmarcadas por los siguientes puntos:

- Primero por la falta de normativa en el país que favorezca la instalación de una Planta de Segregación, esto lejos de desalentarnos nos motivó a presionar al Estado a tenerla, algo en lo que ya vienen trabajando.
- En segundo lugar, se muestra la poca cultura del reciclaje que existe en nuestro país, al inicio tal y como las cifras lo muestran eran pocos los vecinos activos en el Programa, pero luego de muchas campañas de sensibilización hemos logrado incrementar el número. La meta es que dicho indicador sea cada vez más alto.

- Por último, se encuentra la resistencia ciudadana al cumplimiento de los horarios establecidos por el municipio para el recojo de residuos, ante esto tuvimos que realizar un análisis, optimizar rutas y tener horarios especializados por sector.

La Unión Europea, por medio del programa de Cooperación URBAL, seleccionó el Programa de Segregación en Origen EN SURCO LA BASURA SIRVE para reforzar sus acciones y fomentar la replicabilidad a nivel Latinoamérica.

4.6 Otros Casos

Toro & Hernández (2018), formulan de un plan de negocio para la fabricación de postes y mangueras a partir de la transformación del plástico para mitigar el inadecuado manejo de residuos sólidos, además son productos que contribuyen a la preservación de su entorno rural, así como la utilización de un residuo sólido, lo cual mitigará afectaciones en el suelo, agua, y en las especies de fauna, ya que la mayoría de postes de madera para en el cerramiento de los predios provienen de los bosques.

Por otro lado, Moreno, Ernesto, De Jesús, & Muriel (2018), plantean un proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda. Se desarrolló un proceso de investigación y experimental, para la elaboración del ladrillo prototipo con base en el aditivo FIBERSTRAND 150 – “Microfibra de polipropileno”, la cual proviene de la trituración de las botellas de PET. Se encontró que al usar un material de desecho como lo es el plástico reciclado, la densidad del agregado disminuye y al ser remplazado por el PET, reduce el valor del producto final.

En otro trabajo, Amaya & Cabrera (2018), proponen la implementación de una planta de transformación de plástico recuperado residual esteraftalato de baja densidad (PET), Polietileno de Baja Densidad (PBD), Polietileno de Alta densidad (PAD).

También, Mendieta & Mendieta (2016), plantean el diseño de un laboratorio para el tratamiento de plásticos reciclados con el objeto de fomentar el conocimiento de procesos de tratamiento de plástico reciclado del PET a través de un laboratorio en la Universidad Distrital Francisco José de caldas, además plantean las pautas para estandarizar el proceso de transformación del plástico reciclado. “En primera instancia la preparación del material triturado, lavado, fundición y forma para producir pequeños gránulos, vertimiento en moldes si se le quiere dar una forma específica”.

Además, Maldonado & Vega (2010), trabajaron en el diseño y construcción de un equipo de moldeo por termo presión de desechos plásticos, para la generación de un material alternativo, y su utilización como elemento funcional y estructural secundario, para lo cual se diseñó y construyó una matriz para moldeo de una placa de plástico de 2700 cm³. Los polímeros a utilizar en las mezclas son los más usados por la población en general en objetos como envases, etiquetas, fundas, etc., es decir existe una gran cantidad de desechos de ese tipo, que por un lado afectan al medio ambiente, el proceso dio como resultado un material con excelentes características mecánicas, por esto se podría generar en gran cantidad previendo las diversas variables que influyen en el proceso para poder mejorarlo.

En esta línea, de acuerdo con González & Almedida (2007), para las transformaciones, hay que tener en cuenta las propiedades físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos, son utilizadas para mejorar la eficacia de operaciones y sistemas de gestión de residuos; recuperar materiales reutilizables y reciclables; recuperar productos de conversión y energía en forma de calor. La transformación del plástico residual se puede realizar con diferentes procesos que técnicamente se basan en metodologías definidas de acuerdo a la necesidad de producción requerida, por ejemplo, la inyección que se utiliza para la elaboración de piezas grandes y de alta compactación sólida. De acuerdo a lo anterior las piezas plásticas requeridas para usos de alta resistencia deben ser diseñadas y probadas teniendo en cuenta su función y firmeza necesaria, pero también las propiedades del plástico residual que debe ser seleccionado para el proceso.

Saavedra & Rodríguez (2018), en su trabajo, generaron biopolímeros extraídos de tortas residuales para la elaboración de películas biodegradables. La harina que se obtiene de estas tortas desengrasadas puede usarse como una fuente viable y de bajo costo en la formación de películas biodegradables. Se usaron a su vez, gomas naturales que favorezcan y mejoren las propiedades de las películas tanto físicas como mecánicas. Las películas resultantes fueron evaluadas en propiedades físicas (permeabilidad al vapor de agua, espesor).

Zavala (2015), promueve la elaboración de elementos con cemento y PET porque tienen una alta resistencia al fuego por lo que se considera un material combustible de muy baja propagación, de manera que los productos elaborados con plástico reciclado son una alternativa posible para utilizarla en elementos arquitectónicos interiores de viviendas, considerando que son elementos que no soportan cargas importantes, son más ecológicos, más livianos; y ofrecen una mayor aislación térmica que otros tradicionales; mejorando la acústica, contribuye al proceso de

disposición final de los residuos plásticos contaminantes, lo que ayuda a minimizar el impacto ambiental; reduciendo la cantidad de botellas que actualmente se acumulan o entierran y minimizando al mismo tiempo los gastos en recolección y disposición final de residuos.

Albiño, Mora, Mosguidt, Sobenis, Velasco & Arellano (2015), basan su propuesta en la principal causa de contaminación ambiental producida por los propios habitantes del entorno, con la combustión de desechos agrícolas y el mal manejo de residuos plásticos afectando el ambiente natural que los rodea, dañando su salud y vida. Los autores proponen procesar residuos de celulosa, polietileno y PET de botellas plásticas de agua, yogurt y gaseosas para obtener un nuevo material muy resistente como son planchas celu-plásticas, además de ser un producto innovador y amigable con el medio ambiente y que contribuye con la creación de nuevas fuentes de trabajo, por lo que representa una gran contribución con la sociedad. La generación de este nuevo producto alternativo, de mucha más resistencia, durabilidad e incluso impermeabilidad, se enfoca a sustituir las necesidades en la utilización de productos a base de la madera natural, que se ha utilizado por mucho tiempo afectando el medio natural.

Ramírez, López, Morales, & Guayasamin (2017), presentan en su trabajo el diseño y optimización de una caja reforzada con costillas inyectada en polioximetileno. Utilizando un diseño experimental de Taguchi L27-35, se definió un perfil que permite evaluar el efecto de la geometría de las costillas en la deformación. La modelación de la inyección en Moldflow Adviser permitió establecer la geometría óptima para la inyección de una pieza con mínima deformación y mínima tendencia al rechupe.

Aguirre (2015), en su proyecto trabajó para obtener materiales compuestos reforzados con fibras residuales de pasta de celulosa utilizando, como matriz, un plástico reciclado de origen agrario o una aleación del mismo con un residuo plástico de origen urbano. Los eco-compuestos se obtuvieron en continuo a escala piloto utilizando una extrusora de doble husillo corrotante. La incorporación del residuo plástico de origen urbano a la matriz del eco-compuesto dio lugar a incrementos sustanciales en su módulo y resistencia a la tracción, sin que se viera perjudicada su resistencia al impacto, en términos globales.

Castañeda & Miranda (2018), realizaron una identificación de los modelos más comunes de procesamiento de plásticos reciclados; además estudiaron los métodos de reciclaje de plásticos y prácticas para su reutilización más comunes no explotadas aún en Colombia, como parte del proceso investigativo.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DEL DIAGNÓSTICO DEL PGIR DE FUNZA, CON ÉNFASIS EN EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS

La EMAAF ESP, dentro de sus actividades de separación de residuos sólidos y material recuperable, llevó a cabo en el 2014, una jornada especial de caracterización mediante el método del cuarteo, que consistió en la recolección y rotulación de muestras, el pesaje de las mismas, la clasificación de los residuos, la homogenización de las muestras y la separación de los residuos sólidos recuperables. Concluyendo en este ejercicio que de la muestra el 76,84% de los residuos sólidos domiciliarios son aprovechables. Según el estudio el 23,16% de los residuos no son aprovechables, lo cual es un dato importante sobre la disminución que se podría llevar a cabo en la disposición final en el relleno (EMAAF, 2017).

Así mismo, el 48,42% de los residuos son residuos orgánicos, aprovechables para trabajos de compost, lombricultivos, abonos, siendo una fuente para generación de empleo. Por su parte, el 5,26% corresponde a los residuos sólidos plásticos, de particular importancia por sus amplísimos tiempos de biodegradabilidad y por el incremento constante de producción, uso y contaminación ambiental que generan.

Teniendo en cuenta ese porcentaje del volumen total de residuos sólidos recolectados en el municipio de Funza en la tabla 4 se muestra la proyección de generación de residuos sólidos plásticos por día, mes y año en una proyección hasta el año 2022, indicando un crecimiento de un poco más del 70% con respecto a los valores diagnosticados en el PGIRS 2015 – 2027.

Tabla 4. Proyección de Residuos Sólidos Plásticos en el municipio de Funza de 2014 - 2022

	AÑOS PROYECTADOS								
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
	Tn Plástico	Tn Plástico	Tn Plástico	Tn Plástico	Tn Plástico	Tn Plástico	Tn Plástico	Tn Plástico	Tn Plástico
AÑO	1092,00	1212,01	1293,43	1374,81	1456,23	1537,60	1619,03	1781,83	1863,25
MES	91,00	100,99	107,78	114,56	121,35	128,13	134,92	148,49	155,28
DÍA	3,03	3,88	4,15	4,41	4,67	4,93	5,19	5,71	5,97

Fuente: Elaboración propia con base en los datos del PGIRS 2015 – 2027 (Alcaldía de Funza, 2015)

Sin embargo, el crecimiento en la producción de estos residuos sólidos plásticos dependerá en un futuro en la tasa de crecimiento de la población residente y de las industrias instaladas en el territorio del municipio de Funza, la cual tiende a incrementarse hacia el futuro

visualizada a partir de los proyectos residenciales en construcción y planeados, así como la infraestructura física de bodegas en parques industriales para numerosas empresas. Por lo tanto, es imprescindible incorporar nuevas estrategias de manejo y transformación de los residuos sólidos, en especial de los plásticos para prever y poder actuar de manera adecuada ante los muy posibles incrementos de producción de dichos residuos.

Por otra parte, la empresa Aguas de la Sabana de Bogotá S.A.E.S.P., es la encargada de llevar a cabo el programa de prestación del servicio de Aseo de Funza, Cota y Tenjo. El Programa se encuentra articulado con el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y contiene la información sobre los aspectos operativos de la prestación del servicio que son de interés del usuario, de conformidad con el contrato de condiciones uniformes (ASB, 2020).

La disposición final de residuos sólidos se realiza en el Relleno sanitario Nuevo Mondoñedo, operado por la Empresa de Nuevo Mondoñedo S.A. E.S.P., se encuentra ubicado en el municipio de Bojacá, Cundinamarca (ASB, 2020).

La capacidad promedio del Relleno Sanitario Nuevo Mondoñedo es de 1.380 toneladas por día, la cual está siendo utilizada y se cuenta a la fecha con una vida Útil mínima aproximada de 8 años (Resolución No.0694 del 3 de junio de 2005 (Vigencia hasta el 16 de enero de 2037) Modificada por la Resolución 1670 de 1 de septiembre de 2009) (ASB, 2020).

En cuanto al reciclaje y su aprovechamiento, la empresa no realiza actividades de aprovechamiento en la actualidad, las rutas de recolección selectiva son efectuadas por las Asociaciones de recicladores en proceso de formalización ante la Superintendencia de servicios Públicos y el Municipio. De igual forma, la empresa no realiza actividades de Tratamiento, dicha actividad debería ser efectuada por el Operador del Sitio de Disposición Final, Trash Global Sa ESP, la cual, tampoco se desarrolla por este (ASB, 2020, Trash Global, 2020).

5.1 El Plan de Desarrollo Municipal 2020 – 2023

El Plan de Desarrollo Municipal de Funza tiene dentro de sus estrategias:

- Implementar un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el municipio que contenga el conjunto ordenado de objetivos, metas, programas, proyectos, actividades y recursos definidos por el ente territorial para el manejo de los residuos sólidos,

fundamentado en la política integral de los mismos y en cumplimiento de Decreto 1077 de 2015.

- Realizar seguimiento al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Municipio, resultado del diagnóstico propuesto y en miras de ejecutar los proyectos resultantes del mismo.
- Fortalecer los planes educativos y de participación ciudadana en materia ambiental, de acuerdo al eje de sostenibilidad y la protección de la biodiversidad; principalmente los que se generen por Proyectos Ambientales Escolares - PRAES y los Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental - PROCEDAS, Comités Técnicos Interinstitucionales de Educación Ambiental CIDEA, Sistema de Gestión Ambiental Municipal SIGAM, Ahorro Eficiente del Agua, PUEAA y gestión de residuos sólidos PGIRS.
- Apoyar gestores ciudadanos y/o veedurías, a través del fortalecimiento del programa de adultos mayores voluntarios ya generado en la administración anterior e incluyendo el apoyo a las veedurías ambientales debidamente registradas, a fin que puedan desarrollar mejor su labor y puedan ser vigilantes de procesos de revolución ambiental del municipio basado en el principio de sostenibilidad ambiental.

Pese a que el Plan de desarrollo Municipal de Funza 2020 – 2023 no establece proyectos concretos de transformación de plásticos reciclables, en el Plan de Ordenamiento Territorial en su artículo 40 se propone la creación de una Planta de reciclaje localizada en un relleno sanitario cuya administración y operación estará a cargo de una forma cooperativa de recicladores, con una estrecha vinculación con el Municipio, a través de formas de contratación, delegación y convenios de prestación de servicios cuyo manejo y administración general estará a cargo de la E.M.A.A.A.F. (Alcaldía Municipal de Funza, 2000).

El proceso partirá del aprovechamiento y uso eficiente de los residuos sólidos donde se contemplen las etapas de producción, separación, acopio, comercialización, reúso y transformación, a fin de minimizar la producción de desechos sólidos en la disposición y eliminación final, lo cual permitirá ampliar la vida útil del relleno sanitario y disminuir el impacto ambiental generado por el manejo y disposición de desechos sólidos, generando empleo

y condiciones de vida favorables para las personas que reciclan (Alcaldía Municipal de Funza, 2000).

La implementación del programa debería estar precedida de las siguientes gestiones:

- Estudio de comercialización del producto.
- Organización de recicladores o grupo de la comunidad interesada
- Búsqueda de apoyo por parte de entidades tales como el Municipio, Asociación Colombiana de Recicladores, Fundaciones Sociales y la Empresa Privada
- Consecución de recursos para la mano de obra, centro de acopio, papelería, administración, transporte
- Campañas educativas hacia la comunidad

La planta de reciclaje a que se refiere el artículo anterior, deberá estar localizada en la zona definida como área Agroindustrial, e integrada al Plan Parcial, necesario para el desarrollo Urbanístico de dicha zona. Así, la E.M.A.A.A.F., o la entidad que haga sus veces, previo estudio técnico realizado dentro de los parámetros establecidos en las normas vigentes en la materia, definirá la ubicación específica de la planta (Alcaldía Municipal de Funza, 2000).

Un aspecto fundamental en el adecuado aprovechamiento de los residuos sólidos está en la formalización de los recicladores, actividad que permite el adecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos, así como el seguimiento por parte de las administraciones municipales y de las autoridades ambientales (Contraloría de Cundinamarca, 2019).

Existen dos modelos básicos de reciclaje el formal y el informal. En ciudades donde la disposición final de residuos está organizada y costeadada, el reciclaje formal puede ser un medio para que las entidades territoriales reduzcan costos mediante la desviación de materiales del flujo de residuos (Contraloría de Cundinamarca, 2019).

El reciclaje informal, por su parte, hace referencia a aquella actividad que desarrollan personas que se dedican a la recuperación y venta de materiales reciclables. Se los puede dividir genéricamente en tres categorías (Contraloría de Cundinamarca, 2019):

1. Compradores ambulantes de residuos (recicladores itinerantes que van puerta a puerta, comprando o trocando materiales, antes de que los residuos entren al sistema formal de gestión de residuos sólidos).

2. Recicladores que trabajan en la calle (recicladores itinerantes que recuperan materiales de basureros o contenedores públicos y/o privados antes de la recolección formal).

3. Recicladores que trabajan en camiones (recicladores itinerantes - a menudo empleados formales del municipio o del sector privado - que recogen de manera informal materiales que se pueden revender, utilizando los camiones y siguiendo las rutas de recolección formal).

El Decreto 596 de 2016 en la sección 3, formalización de los recicladores de oficio, establece las fases para la formalización progresiva de los recicladores de oficio, actividad que debe ser promovida y controlada por los alcaldes municipales con el objeto de lograr la integralidad en la prestación del servicio (Contraloría de Cundinamarca, 2019).

Una vez las organizaciones de recicladores de oficio en proceso de formalización como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento efectúen los reportes al Sistema Único de Información SUI de acuerdo con las fases definidas en el artículo 2.3.2.5.3.2 del Decreto 596 de 2016, iniciando con el registro ante la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD se considerarán como personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo formales (Contraloría de Cundinamarca, 2019).

De acuerdo con la información facilitada por las administraciones municipales en Cundinamarca para el periodo 2018 – 2019 estaban reconocidos 999 recicladores formales y 595 informales. Registro que presenta una pequeña variación en relación con los datos reportados en 2017, con 822 recicladores formales y 499 informales (Contraloría de Cundinamarca, 2019).

Son deberes de las personas prestadoras de la actividad de aprovechamiento, definir e informar al usuario sobre las condiciones de prestación del servicio, así como los residuos sólidos aprovechables, recolectar los residuos sólidos presentados por el usuario como aprovechables, de acuerdo con lo indicado en el contrato de condiciones uniformes del servicio público de aseo (CCU) para la actividad de aprovechamiento, realizar las actividades de clasificación en las Estaciones de Clasificación y Aprovechamiento – ECAS, no dejar residuos sólidos dispersos en las vías públicas que puedan conducir a la generación de puntos críticos, y realizar campañas de capacitación de separación en la fuente a sus usuarios de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo (Contraloría de Cundinamarca, 2019).

El artículo 2.3.2.5.5.1 del Decreto 596 de 2016, establece como responsabilidades de los entes territoriales la inclusión en el "programa de inclusión de recicladores" del respectivo Plan

de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS, de conformidad con el numeral 9 del artículo 2.3.2.2.3.95 del citado decreto, como mínimo lo siguiente (Contraloría de Cundinamarca, 2019):

Un proyecto de capacitación a los recicladores de oficio identificados en el censo de la línea base y en sus actualizaciones posteriores el cual deberá diseñarse teniendo en cuenta los siguientes aspectos (Contraloría de Cundinamarca, 2019):

- Formación y asesoramiento para la formalización en alguna de las figuras contempladas en la Ley 142 de 1994 para la prestación del servicio público de aseo.
- Capacitación en aspectos administrativos, comerciales, financieros, técnicos y operativos para la prestación del servicio público de aseo en la actividad de aprovechamiento, de las estructuras organizacionales y de emprendimiento empresarial.
- Asesoramiento técnico y operativo para el manejo de los residuos aprovechables, generación de valor de los mismos y su incorporación en las cadenas productivas.

De igual manera se debe establecer un proyecto de apoyo a la formalización de los recicladores de oficio el cual deberá considerar los diferentes niveles de vulnerabilidad identificados en el respectivo Censo del PGIRS. Este proyecto deberá incluir metas de formalización las cuales deberán ser evaluadas anualmente (Contraloría de Cundinamarca, 2019).

CAPÍTULO 6. COMPONENTES TÉCNICOS Y FINANCIEROS DE LA ESTRATEGIA

En este capítulo se pretende describir la estrategia de transformación de plásticos reciclados para el municipio de Funza para la producción de resinas plásticas recicladas de Esteraftalato de baja densidad (PET), Polietileno de Baja Densidad (PBD), Polietileno de Alta densidad (PAD), a partir de la tecnología de extrusión.

6.1 Componentes Técnicos

La empresa integra a los recicladores de oficio y sus asociaciones en el proceso productivo, con el fin de asegurar un proveedor constante de materia prima, con un promedio de recolección de 300 Kg diarios, logrando un acumulado de materia prima cercana a las 5.8 toneladas mensual, generando empleo indirecto y contando con el amplio conocimiento y vasta experiencia que los recicladores poseen sobre la industria, enriqueciendo el conocimiento de la organización.

Después de mantener un flujo constante de materia prima, es necesario procesar el material mediante el siguiente proceso de reciclaje (Figura 12):

1. La primera etapa consiste en la recolección de la materia prima, efectuada por los recicladores de oficio, siendo la empresa un centro de acopio para los recicladores que deseen vender el producto.
2. El material es almacenado y se continúa con una segunda clasificación manual menor, del material por parte del personal operativo de la planta destinados para esta labor. Esta clasificación se hace por características del material como tipo de plástico, deterioro y color. El transporte del material se realiza por medio de una banda transportadora que llega a la tolva de almacenamiento del molino.
3. Este material se lleva al molino el cual es alimentado por medio de una tolva que se encuentra en la parte superior, la molienda se realiza con el fin de reducir al máximo

el tamaño de los residuos, para facilitar su manejo. Este proceso se realizará en un molino el cual producirá plástico molido uniforme (aprox. 3-6 mm) según especificaciones de la máquina enfocadas a homogenizar el tamaño del material, esta fase del proceso se ve afectada por el grado de dureza, condiciones y calidad del plástico.

4. El material molido (hojuelas) es lavado las veces que se requiera hasta alcanzar el grado de limpieza óptimo, el proceso inicia con el lavado y separación de los agentes contaminantes, que en ocasiones requiere ser repetido dependiendo de las impurezas que se encuentren presentes en el plástico (2 ciclos de lavado máximo), consiste en lavar plástico molido con agua y detergentes, para eliminar cualquier tipo de suciedad o impureza. Después de la limpieza el plástico molido será introducido en una centrífuga la cual se utilizan para eliminar los restos de humedad luego del proceso de lavado.
5. Una vez el producto esté triturado, homogenizado, limpio y seco ira a una extrusora, que dispone de un sistema de alimentación del material, un sistema de fusión, sistema de bombeo y presurización para dar finalmente la forma del material fundido, en este caso la boquilla presenta varios orificios circulares por donde sale el material extruido en forma de cable.
6. Ya que el material haya logrado su forma, pasa por un proceso de enfriamiento con agua, lo que permite su solidificación y evita deformaciones. El sistema de enfriamiento consta de un circuito cerrado de canal que conduce el material hasta la máquina peletizadora por medio de un halador rotatorio.
7. Una vez frío será cortado en pequeños pedazos, peletizado, que es el producto final. Si el producto final no cumple con los tamaños predefinidos el material regresa a la extrusora.

8. Los pellets inician su empaquetado según las especificaciones de la máquina (peso por bolsa) y se procede al almacenaje del producto o su expendido.

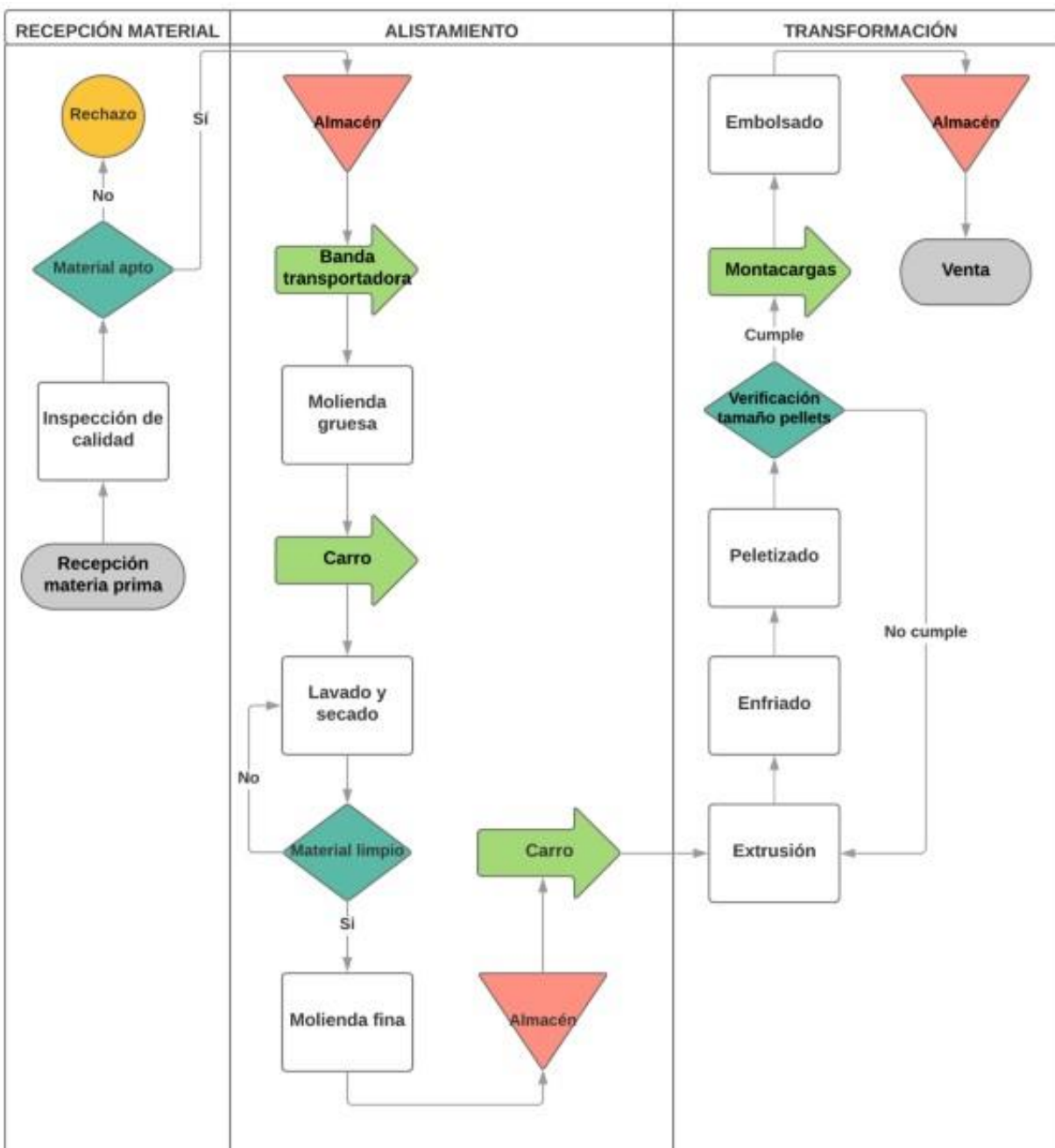


Figura 12. Diagrama del proceso de reciclaje de plástico PET, PEBD Y PEAD

Fuente: Amaya & Lamilla (2018)

Por su parte, la figura 13 muestra la trayectoria lineal del proceso productivo para PET, PEAD y PEBD, señalando las acciones sujetas a cada proceso.



Figura 13. Diagrama de Flujo Cursosograma del proceso de reciclaje de plástico PET, PEBD Y PEAD
Fuente: Amaya & Lamilla (2018)

El equipo solicitado, su cantidad, capacidad y proveedor, se presenta en las siguientes tablas:

Tabla 5. Equipo clave y capacidad máxima

Equipo clave	Cantidad	Capacidad Máxima	Proveedor
Molino de martillo	2 unidades	500 Kg/h	WIBA Colombia S.A.S.
Banda transportadora	2 unidades	1000 Kg/h	Sinemco S.A.S.
Túneles de fricción y limpieza	3 unidades	N/A	WIBA Colombia S.A.S.
Extrusora de tornillo	1 unidad	450 Kg/h	Sinemco S.A.S.
Halador rotatorio	1 unidad	500 Kg/h	WIBA Colombia S.A.S.
Peletizadora	1 unidad	500 Kg/h	WIBA Colombia S.A.S.
Embolsadora	2 unidades	200 Kg/h	Sinemco S.A.S.
Montacargas eléctrico	1 unidad	2 Ton	Hyster

Fuente: Elaboración con base en Amaya & Lamilla (2018)

Tabla 6. Ficha técnica Molino de Martillo

Molino de martillo	
Capacidad	300-500 Kg/h
Potencia del motor	30kW
Motor de suministro	1.5 kW
Cuchillas fijas	4
Cuchillas móviles	5
Diámetro	400mm
Longitud del eje	800mm
Dimensiones	2000 x 1800x 2800 mm
Peso	1800 Kg
Mantenimiento Preventivo	Cada 4 meses durante los primeros 7 años



Fuente: Elaboración con base en Amaya & Lamilla (2018)

Tabla 7. Ficha técnica Banda Transportadora

Banda Transportadora	
Longitud de transporte	10 m
Potencia del motor	Peso 1.5kW
Ancho de la cinta	600 mm
Gama de velocidades	0 – 3 m/s
Material de la correa	PVC
Capacidad de transporte	0 – 1000 Kg/h
Dimensiones	5000 x 860 x 3500 mm
Peso	550 Kg
Mantenimiento preventivo	Cada 6 meses durante los primeros 4 años



Fuente: Elaboración con base en Amaya & Lamilla (2018)

Tabla 8. Ficha técnica de la Lavadora y Centrifugadora

Banda Transportadora	
Modelo	BWS 1622
Dimensiones de la cámara utilizables	1600x2200x2000 mm
Volumen de la cámara (m ³)	704
Dimensiones exteriores (WxHxD m)	3,95x3,4x2,76 Aprox 4m ³
Altura de carga (mm)	700
Máquina en boxes / Altura de carga (m)	-700
Número de puertas	1 o 2
Puerta abierta	Horizontalmente
Volumen del tanque (L)	180
Agua fría	DN25 2-3 bar
Agua tibia	DN25 2-3 bar
Electricidad	400 V 3N 50Hz
Vapor	DN65 3 bar 143°C
Secado Capacidad L/h	700 a 1000
Lavado Capacidad K/h	500 a 800
Salida de aire	DN250
Mantenimiento preventivo	Cada 3 meses



Lavadora



Centrifugadora

Fuente: Elaboración con base en Amaya & Lamilla (2018)

Tabla 9. Ficha técnica de la Extrusora

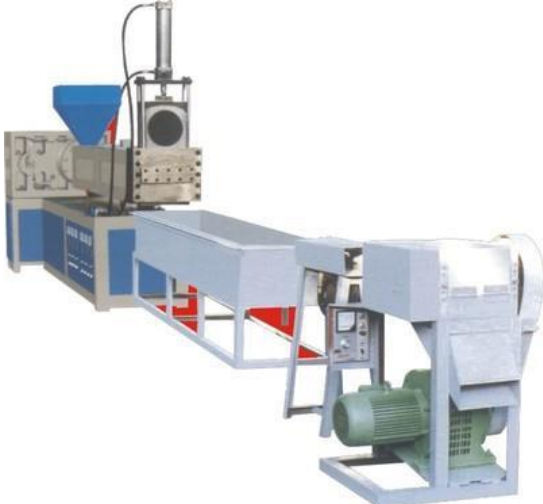
Extrusora	
Producción (K/h)	350 a 450
Potencia Instalada (cv)	150 / 175
Hélice (mm)	400
Presión de extrusión (kg/cm ²)	18 a 28
Cantidad de martillo (pz)	9
Medidas de salida del embudo (mm)	400 x 600
Medidas soporte de la boquilla (mm)	390 x 630
Peso Neto (Kg)	5,25
Volumen (m ³)	6,90
Mantenimiento preventivo	Cada 6 meses



Fuente: Elaboración con base en Amaya & Lamilla (2018)

Tabla 10. Ficha técnica de la Peletizadora


Peletizadora	
Capacidad	0 – 500 Kg/h
Potencia del motor	37 kW
Velocidad del tornillo	30 rpm
Material	38 CrMoAl Nitrurado
Diámetro del tornillo	110 mm



Fuente: Elaboración con base en Amaya & Lamilla (2018)

Tabla 11. Ficha técnica de la Embolsadora

Peletizadora	
Capacidad	100 – 200 Kg/h
Diámetro de almacenamiento	800 mm
Dimensiones	1,5 m ³
Material	Acero inoxidable
Altura	3 m
Mantenimiento preventivo	Cada año



Fuente: Elaboración con base en Amaya & Lamilla (2018)

Tabla 12. Ficha técnica del montacargas eléctrico

Montacargas Eléctrico	
Altura hasta	6.500 mm (Estándar)
Capacidad	1,30 a 2,00 Ton
Mantenimiento preventivo	Cada año



Fuente: Elaboración con base en Amaya & Lamilla (2018)

Otro aspecto tiene que ver con la distribución en planta, la cual se hace con el objetivo de minimizar los recorridos de los materiales y que se garanticen las mejores condiciones de seguridad y salud en el trabajo. Dentro de la distribución se contemplan las áreas de producción, la administrativa, las áreas comunes y de bienestar (Tabla 13).

Tabla 13. Resumen de las áreas de la planta de tratamiento

Resumen áreas de la planta de tratamiento	
Área total de la bodega	600 m ²
Área administrativa (planta baja y alta)	180 m ²
Área de producción	400 m ²
Área de almacenamiento	20 m ²

Fuente: Elaboración con base en Amaya & Lamilla (2018)

Dentro del área administrativa se encuentran cuatro oficinas y una batería de baños, dichas oficinas están destinadas para la gerencia general, la oficina de producción, la sala de juntas, la oficina comercial, cocineta y comedor.

En el área de producción se encuentra la recepción de materiales, la zona de clasificación del material, la de molido, lavado y secado, la zona de extrusión y peletizado, la zona de empacado, los almacenes de materia prima, almacén de las hojuelas limpias y la de producto terminado. Finalmente, también se encuentra el almacenamiento temporal de residuos.

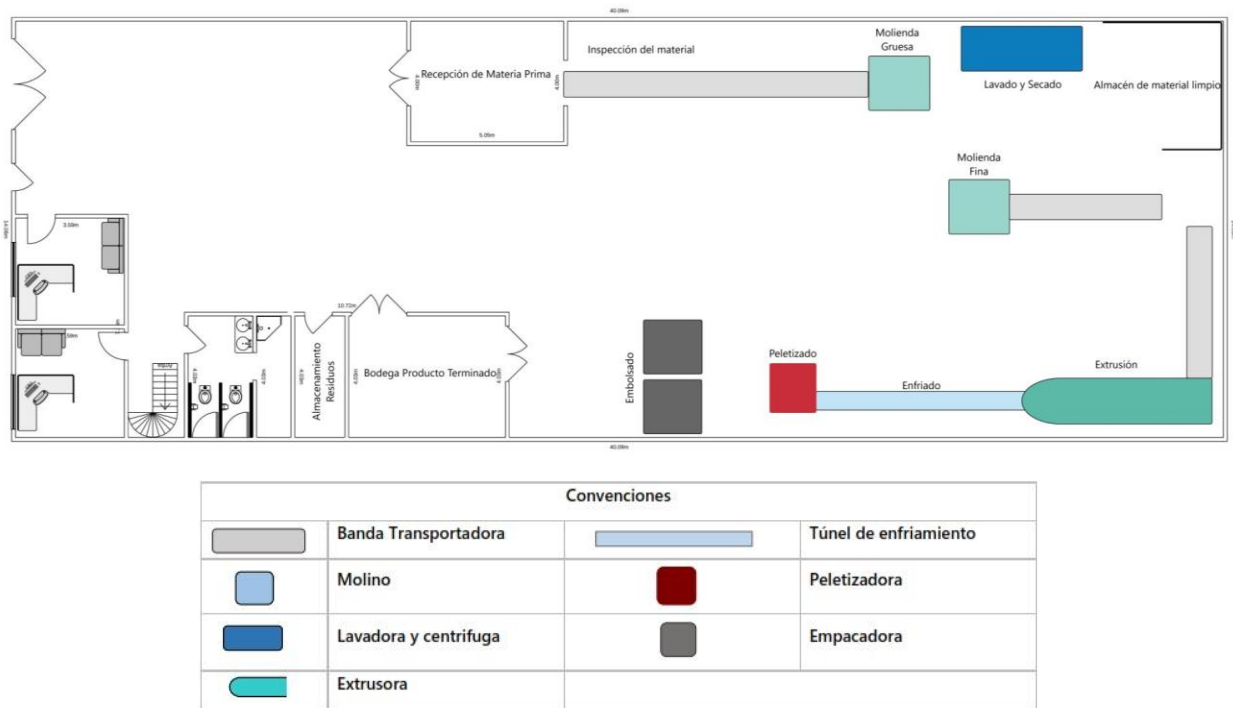


Figura 14. Distribución de la planta 1, Planta de tratamiento de plástico PET, PEBD Y PEAD

Fuente: Amaya & Lamilla (2018)

6.2 Componentes Financieros

El estudio económico que se presenta a continuación se elaboró con el fin de determinar los precios de producción, el consumo de insumos como materia prima, agua y energía, establecer los presupuestos de costo de producción, gastos de administración y gastos de venta, calcular el costo total de la operación de la fábrica, establecer la inversión inicial en activo fijo y diferido y su financiación. Por otra parte, se determinará la TMAR de la empresa, el capital de trabajo, el pasivo circulante, el punto de equilibrio de la producción, y el balance general inicial.

Para garantizar la producción mensual establecida en el estudio técnico de PET, PEAD y PEBD, es necesario la contratación de cinco operarios y un supervisor de producción. Además, de acuerdo con el organigrama de la empresa presentado en el estudio técnico, se tendría un Gerente General, un técnico comercial y una secretaria.

Por otra parte, se plantean unos costos operacionales como: los materiales de embalaje y aditivos, arriendo, servicios públicos (agua, energía, gas), capacitaciones, mantenimiento preventivo periódico y dotación. Dichos costos se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Resumen de costos operacionales y variables mensuales

Costos Operacionales Fijos	
Rubro	Total
Materia prima recuperada	\$29'000.000
Embalaje	\$3'000.000
Otros materiales	\$1'900.000
Mano de obra directa	\$8'176.734
Carga prestacional M.O. Directa	\$4'170.134
Mano de obra indirecta	\$2'725.578
Carga prestacional M.O. Indirecta	\$1'390.045
Arriendo	\$7'500.000
Total gastos operacionales fijos	\$57'862.491
Costos Operacionales Variables	
Rubro	Total
Consumo de agua	\$2'600.000
Consumo de energía	\$2'000.000
Consumo de gas	\$950.000
Capacitación	\$500.000
Mantenimiento programado	\$500.000
Dotación	\$600.000
Total Costos Operacionales Variables	\$7'150.000
Total Costos Operacionales	\$65'012.491

Fuente: Elaboración Propia (2021)

Por otro lado, se incurrirán en gastos administrativos como el pago del servicio de seguridad, de aseo, contabilidad y publicidad, se contratará telefonía fija y móvil, internet y una póliza de seguros y se comprarán insumos de oficina (Tabla 15).

Tabla 15. Resumen gastos administrativos mensuales

Costos Administrativo Fijos	
Seguridad	\$2'400.000
Telefonía Fija e Internet	\$100.000
Telefonía Celular	\$68.000
Suministros de Oficina	\$100.000
Suscripción de revistas	\$100.000
Póliza de seguros	\$240.000
Servicio de Aseo	\$1'000.000
Publicidad	\$800.000
Servicio contable	\$800.000
Personal Administrativo	\$9'500.000
Total Costos Administrativos	\$15'108.000

Fuente: Basado en Amaya & Lamilla (2018)

Los costos de operación de la planta de reciclaje se componen de sus costos operativos, los cuales ascienden a \$65'012.491 mensuales, los gastos administrativos de \$15.108.000 mensuales y unos imprevistos cuantificados en \$801.000; para un total de \$80.921.491 mensuales.

Dentro de la inversión inicial que contempla el proyecto se presenta el costo de la maquinaria operativa: bandas transportadoras, molinos de martillo, lavadora y secadora de plástico, extrusora, peletizadora, embolsadora y un montacargas eléctrico. También se incluyen los equipos de oficina, centros de cómputo y sus respectivas licencias de software, impresora, sillas, mesas y estanterías. En la tabla 16 se presentan los rubros que conforman la inversión inicial necesaria.

Tabla 16. Resumen costos maquinaria y equipos

EQUIPO DE OFICINA	Cant	Valor Unitario	Valor Total
Computadores	2	\$1'700.000	\$3'400.000
Comp. Portátiles	2	\$1'900.000	\$3'800.000
Impresora	1	\$600.000	\$600.000
Archivador	2	\$300.000	\$600.000
Escritorios	4	\$900.000	\$3'600.000
Sillas	6	\$200.000	\$1'200.000
Licencias de software	1		\$5'000.000
Total			\$18'200.000

MAQUINARIA	Cant	Valor Unitario	Valor Total
Banda transportadora	2	\$1'000.000	\$2'000.000
Molino	2	\$8'000.000	\$16'000.000
Peletizadora	1	\$160'000.000	\$160'000.000
Túneles de fricción y limpieza	1	\$130'000.000	\$130'000.000
Embolsadora	2	\$100'000.000	\$200'000.000
Montacargas eléctrico	1	\$56'000.000	\$56'000.000
Extrusora	1	\$50'000.000	\$50'000.000
Lavadora y secadora	1	\$140'000.000	\$140'000.000
Total			\$754'000.000

Fuente: Elaboración propia (2021)

Adicionalmente, se prevé un préstamo por el valor de la amortización de 3 meses de operación de la empresa. Cada mes, la operación tiene un costo de \$80.921.491, si se utilizara por los tres meses previstos, tendría un valor total de \$242.764.473. En total, si se suma la inversión en maquinaria y equipo junto con la operación de tres meses, se necesitará una inversión inicial de \$1.014.964.473.

Por otra parte, la depreciación para equipos de oficina se asume a 5 años y en maquinaria se estima en 7 años. En las depreciaciones de las máquinas los valores se incluyen en los flujos

de fondo del proyecto, ya que actúan como ahorro fiscal, disminuyendo el valor pagado en cada año de Impuesto a las Ganancias.

Las vidas útiles se tomaron de 10 años para maquinarias, 5 años para computadoras y equipos de oficina. Con estos datos se elaboró la siguiente tabla 17.

Tabla 17. Depreciación de equipo de oficina y maquinaria

Depreciación	Mensual	Anual
Equipo de oficina 5 años	\$303.333	\$3'640.000
Maquinaria 10 años	\$6'246.667	\$74'960.000
Total	\$6'550.000	\$78'600.000

Fuente: Elaboración propia (2021)

Finalmente se tiene que, para alcanzar el punto de equilibrio general se deben producir 387 Ton anuales para el primer año de operación. La capacidad instalada óptima permite una producción de 689 Ton anuales, obteniendo ingresos de \$ 1.339.080.000, los cuales se encuentran \$324.115.527 por encima del ingreso de equilibrio total.

A futuro, se requerirá de la construcción de la planta, para lo cual se proyecta una inversión en su momento de \$100.000.000 para la obra de infraestructura, para la cual se requeriría a su vez una licencia de construcción que en la actualidad tendría un costo de \$2'000.000. Así mismo, se tendría que contemplar, al ser manejada como empresa, la conformación de un Departamento de Gestión Ambiental, de acuerdo con las disposiciones del Decreto 1299 de 2008 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, por el cual, toda entidad debe tener un departamento de gestión ambiental, con las siguientes funciones:

1. Velar por el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.
2. Incorporar la dimensión ambiental en la toma de decisiones de las empresas.
3. Brindar asesoría técnica - ambiental al interior de la empresa.

4. Establecer e implementar acciones de prevención, mitigación, corrección y compensación de los impactos ambientales que generen.
5. Planificar, establecer e implementar procesos y procedimientos, gestionar recursos que permitan desarrollar, controlar y realizar seguimiento a las acciones encaminadas a dirigir la gestión ambiental y la gestión de riesgo ambiental de las mismas.
6. Promover el mejoramiento de la gestión y desempeño ambiental al interior de la empresa.
7. Implementar mejores prácticas ambientales al interior de la empresa.
8. Liderar la actividad de formación y capacitación a todos los niveles de la empresa en materia ambiental.
9. Mantener actualizada la información ambiental de la empresa y generar informes periódicos.
10. Preparar la información requerida por el Sistema de Información Ambiental que administra el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
11. Las demás que se desprendan de su naturaleza y se requieran para el cumplimiento de una gestión ambiental adecuada.

Por otra parte, los certificados requeridos para tal fin son:

Certificado de Descuento en el impuesto de Renta por Inversiones en Control del Medio Ambiente o en Conservación y Mejoramiento del Medio Ambiente. La certificación es el acto administrativo mediante el cual la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales acredita o no las inversiones en control y mejoramiento del medio ambiente para la obtención del beneficio tributario en deducción de renta.

Certificado ambiental para acceder a la exclusión del IVA por Adquisición de Elementos, Maquinaria y Equipos Requeridos para Sistemas de Control y Monitoreo Ambiental. Es el trámite para la obtención de la certificación ambiental de que tratan los artículos 424 numeral 7, 428 literales f) e i) del Estatuto Tributario y que tiene como propósito la obtención de la exclusión del impuesto sobre las ventas IVA.

Certificado de soluciones ambientales, biodegradabilidad y reutilización de bolsas plásticas – Impuesto Nacional al Consumo de Bolsas Plásticas. El trámite de certificación ambiental para proyectos de fuentes no convencionales de energía y gestión eficiente de la energía, es el que concede la Autoridad Ambiental competente, mediante acto administrativo, para que una persona natural o jurídica, pública o privada, pueda acceder a los beneficios tributarios aplicables para la deducción especial de renta y complementarios, incentivo tributario IVA, incentivo arancelario e incentivo contable depreciación acelerada de activos.

Planes de Gestión Ambiental de Residuos de Envases y Empaques. Los planes son una herramienta de gestión de residuos que contiene reglas, acciones, procedimientos y medios dispuestos para facilitar la devolución, acopio y aprovechamiento de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal al que los productores deben acogerse como parte del cumplimiento de su responsabilidad ambiental empresarial frente a los consumidores y ante la sociedad en general.

Dado que el Plan Básico de Ordenamiento Territorial contempla un espacio para una planta de tratamiento de residuos sólidos, no se requeriría Licencia ambiental para su construcción, que en otro caso tendría que ser una licencia ambiental única.

Los ingresos totales que surgen de las ventas de pellets de PET, PEBD Y PEAD son representados en la tabla 18.

Tabla 18. Ingresos por ventas en miles de millones de pesos

Producto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
PET	\$423	\$455	\$489	\$526	\$566
PEBD	\$491	\$528	\$568	\$611	\$657
PEAD	\$425	\$457	\$492	\$529	\$568

Fuente: Elaboración propia (2021)

Ordenando los costos operacionales, los gastos administrativos y financieros, proyectados a precios corrientes, se obtiene el siguiente flujo de caja en millones de pesos, con el cual se puede calcular el valor presente neto de la inversión (VAN) y la tasa interna de retorno de la inversión (TIR). Para el cálculo de la VAN se utiliza una tasa interna de oportunidad del 12.04%, la cual equivale al costo del capital propio (Ke).

Tabla 19. Flujo de caja con precio incremental (en millones de pesos)

Proyectos con recursos propios del Municipio						
Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas PET		423	455	489	526	566
Ventas PEBD		491	528	568	611	657
Ventas PEAD		425	457	492	529	568
Costos Operacionales Fijos		-694	-725	-757	-790	-825
Costos Operacionales Variables		-85	-89	-93	-97	-101
Utilidad Bruta	0	560	626	699	779	865
Gastos de Administración		-181	-189	-197	-206	-215
Depreciación		-79	-79	-79	-79	-79
Flujo de fondos antes de impuestos	0	300	358	423	494	571
Impuesto sobre la renta 33%			-118	-140	-163	-188
Flujo de fondos después de impuestos	0	300	240	283	331	383
Inversión inicial	-1014					
Depreciación		79	79	79	79	79
Flujo de fondos netos	-1014	379	319	362	410	462

Fuente: Elaboración propia (2021)

TIR = 25%

VAN = \$433

6.3 Estrategia de implementación

En esta sección se detalla el paso a paso sugerido para implementar la propuesta planteada de optimización de la gestión de tratamiento de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca, en el marco de la gestión ambiental urbana.

1. Elaboración de un proyecto formal con la propuesta para ser dirigida a la Alcaldía de Funza y al Consejo Municipal de Funza para su aprobación, con argumentos de alineación con el Plan de Desarrollo Municipal y con el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio.
2. Determinar los fondos disponibles del municipio para la implementación de la propuesta y los requeridos de fuentes externas para gestionar su consecución.
3. Gestionar con entidades holandesas y alemanas la consecución de fondos o de equipos para el desarrollo de la propuesta, según los fondos disponibles del municipio para su desarrollo.
4. Definición con la Alcaldía de Funza el lugar donde se podría establecer el centro de operaciones de la propuesta.
5. Adjudicación del sitio por parte de la Alcaldía o compra del mismo, según conveniencia.
6. Conformación de una sociedad mixta para la administración y manejo del proyecto.
7. Gestión de construcción de instalaciones.
8. Gestión de compra de maquinaria y equipo.

9. Instalación de maquinaria y equipo.

10. Proceso de educación y capacitación de recolectores de plástico y de la comunidad del municipio de Funza para optimizar el proceso de separación en la fuente.

11. Selección e incorporación del personal a trabajar en la planta.

12. Capacitación en el manejo de maquinaria y equipo.

13. Operacionalización de la labor y los procesos de la planta.

En conclusión, la estrategia de implementación de la propuesta planteada requiere de una cabeza responsable de gestionar y engranar los diferentes actores que se deben articular para que esta se vuelva realidad, razón por la cual se recomienda un equipo director del proyecto que se disponga a gestionar los pasos aquí descritos para llevar a cabo la realización del proyecto propuesto.

6.4 Impacto ambiental, económico y social positivo por la transformación del plástico residual

Con el planteamiento de la estrategia de Gestión Ambiental Urbana mediante el desarrollo de la planta de tratamiento de residuos plásticos reciclables, se genera en primera instancia una opción laboral a las personas involucradas, como también la posibilidad de satisfacer las nuevas necesidades del mercado por medio de la dinamización del mismo, a la par de presentar una alternativa de solución a la problemática ambiental identificada para el municipio de Funza. Así mismo, permitiría disminuir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de las personas, obteniendo una reducción del 90% del impacto negativo generado en el diagnóstico actual de la situación de manejo de residuos plásticos.

Por otra parte, la aplicación de tecnologías alternativas para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos plásticos generará un importante impacto

ambiental al contrarrestar la disposición final de los residuos plásticos en botaderos a cielo abierto, lo cual es una práctica común y recurrente de la mayoría de los municipios.

La tendencia global de consumo es amplia en preferencia por los productos de plástico, como envases, embalajes, utensilios etc. De manera que según, los principales cambios en la composición de los residuos generados que se presentan son, entre otros: el aumento de plásticos, debidos principalmente a cambios en los patrones de consumo.

Las labores de separación, recolección y comercialización de los excedentes industriales de plásticos, generados de cada uno de sus procesos productivos, buscan garantizar el manejo adecuado de los residuos, de acuerdo con la legislación vigente aplicable, convirtiéndose en alternativa de desarrollo sostenible como gestor estratégico ambiental.

Aspectos como la mitigación de acumulación de residuos sólidos se dan por el reciclaje de materiales sólidos, como los plásticos, que al ser utilizados para elaborar nuevos productos reducen costos frente a otros con la misma función, pero elaborados con materias primas cuyo uso y procesamiento impactan negativamente el medio ambiente.

Del mismo modo, otro aspecto importante que se resalta es el fomento en las comunidades en adoptar una cultura organizada de aprovechamiento de los desechos sólidos que ellas mismas generan con objetos como envases, etiquetas, empaques, etc., que afectan los entornos naturales. Por otro lado, el compendio teórico consultado establece que los productos elaborados con plástico reciclado surgen como nuevos materiales que pueden ser utilizados en la arquitectura de interiores de viviendas, considerando que son elementos que soportan cargas importantes, son más ecológicos, más livianos; y ofrecen una mayor aislación térmica que otros tradicionales, lo cual permite sustituir productos a base de la madera natural, que se han utilizado por mucho tiempo afectando los ecosistemas.

En cuanto a los tipos de tecnologías para la transformación de plástico residual para el proceso que se pretende desarrollar en este proyecto se viabilizan como los más indicados los sistemas de extrusión, inyección y moldeo por compresión.

Finalmente, se busca a través de este proceso generar un Impacto ambiental, económico y social positivo por la transformación del plástico residual, sumado a la opción laboral que tienen las personas involucradas para mejorar su calidad de vida, la disminución de contaminación en el medio ambiente y la creación de una cultura sobre su tratamiento y disposición final.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Dentro de los principales hallazgos y conclusiones realizados con la investigación se destacan, en relación con el primer objetivo, consistente en identificar experiencias nacionales e internacionales, innovadoras, para el tratamiento de los residuos plásticos reciclables, los casos de Singapur, Holanda y Alemania, por ser los más representativos a nivel mundial y los que han mostrado mayores resultados e impactos, tanto a nivel ambiental como económico, social y cultural. Así mismo, las experiencias nacionales a nivel de proyectos y de plantas que han tomado la vanguardia del desarrollo en el país y ya se muestran como importantes casos a seguir, todos orientados bajo la mirada de la economía circular y el reciclaje como aspecto intermedio, operativo, mientras se desarrolla una conciencia de economía circular desde el diseño de los productos plásticos.

Así mismo, se destaca en lo que respecta al segundo objetivo, consistente en analizar el diagnóstico del PGIR de Funza, Cundinamarca, con énfasis en el tratamiento de los residuos sólidos plásticos, que, a pesar de haber unos lineamientos desde la normatividad nacional, departamental y municipal, no se han tomado medidas efectivas de tratamiento de residuos plástico en el municipio de Funza, requiriendo esfuerzos como el planteado en esta investigación de manera urgente, ya que se necesita no solo para optimizar la gestión ambiental urbana del municipio, sino para contemplarlo como otra fuente de generación de ingresos, al prestar este servicio a poblaciones aledañas, en cuanto a la recolección de los residuos plásticos, y a las industrias, al proveerles de materia prima para sus actividades de fabricación.

En lo que se refiere al tercer objetivo, consistente en estructurar los componentes técnicos y financieros del método que permita optimizar el tratamiento de residuos plásticos reciclables en el municipio de Funza, Cundinamarca, se concluye que con la infraestructura técnica planteada el municipio puede iniciar una importante labor de tratamiento de residuos plásticos y podría pretender aumentar la cantidad de plástico a tratar con el paso de los años, logrando una expansión a nivel nacional y una posible internacionalización, capitalizando, con ello, una

verdadera gestión ambiental urbana. Para ello se ha cotizado maquinaria apropiada tecnológicamente y al emplearla se asegura una mayor producción, comparada con las demás empresas oferentes de reciclaje en el sector. Esto se traduce en calidad del producto, rentabilidad económica y generación de fuentes de trabajo en diferentes etapas del proceso, pero, sobre todo, un ambiente en mejores condiciones para los habitantes de este municipio y de poblaciones aledañas.

Gran parte de la inversión inicial del proyecto consta de la maquinaria clave: dos molinos de martillo, una lavadora y secadora de plástico, una extrusora de tornillo, una peletizadora, y dos embolsadoras del producto final.

Se prevé una jornada laboral de 10 horas diarias para cumplir con la meta de producción mensual de 57.5 toneladas, con una hora de almuerzo intermedia y un grupo de trabajo conformado por 5 operarios y un supervisor de producción.

La planta de tratamiento integra a los recicladores de oficio y sus asociaciones en el proceso productivo, con el fin de asegurar un proveedor constante de materia prima, con un promedio de recolección de 300 Kg diarios por reciclador.

La planta de tratamiento generará empleo indirecto de forma permanente para alrededor de 18 recuperadores de material plástico residual.

En la distribución de las instalaciones físicas de la Planta de tratamiento se contempló un espacio que funcionara como centro de separación del plástico para los trabajadores que recolectan el material a transformar, lo que permite brindar unas mejores condiciones de trabajo, con un lugar adecuado y exclusivo para estos socios.

Como dicta el estudio económico, la inversión se verá amortiguada entre los primeros 4 años, no obstante, se percibirán beneficios durante toda la vida útil del proyecto, lo cual es un punto positivo para la implantación de la industria en el mercado.

El personal administrativo requerido es: 1 Gerente General, 1 Contador, 1 secretaria y 1 técnico comercial.

La política pública nacional CONPES 3874 DE 2016, define lineamientos y estrategias del Gobierno Nacional para (i) prevenir la generación de residuos;(ii) minimizar aquellos que van a sitios de disposición final;(iii) promocionar la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos y (iv) evitar la generación de gases de efecto invernadero.

Para el cálculo del valor presente neto de la inversión (VAN) con recursos propios, se utilizó una tasa interna de oportunidad del 12.04%, la cual equivale al costo del capital propio (Ke). En este caso la VAN del proyecto puro es de 357 miles de millones.

La tasa interna de retorno (TIR) para el proyecto puro (sin préstamos) es del 25%, la cual, comparada con el costo promedio ponderado del capital (Ke) del 12,14% entrega un amplio margen de movimiento rentable entre ambos porcentajes.

Se observó que la inversión necesaria para la puesta en marcha de este proyecto es de \$1.014.964.473. Así como todos los costos y gastos necesarios para el desarrollo del mismo durante 3 meses. En cuanto al Estado de Resultado, en él se elaboran y proyectan las operaciones de la empresa, observando que la Utilidad Neta para el primer año es de \$379.000,000 alcanzado el pago total de la deuda en el 4 año, el Flujo Neto después del último pago es \$462.000.000 para el quinto año.

De la evaluación de las tres materias primas a fabricar PET, PEAD y PEBD la línea de producción que menos genera ganancias es la de PET y las líneas de producción de PEAD y PEBD en comparación triplican los beneficios del PET, no obstante, los pelets de PET son los que más proporción de la demanda abarcan.

Después de analizar las experiencias nacionales e internacionales, el no desarrollo de iniciativas desde el municipio en pro de la Gestión Ambiental Urbana, en particular del tratamiento de Residuos Plásticos, las necesidades de implementar procesos alineados con la

Economía Circular, los planteamientos del Plan Básico de Ordenamiento Territorial de Funza, se plantea una propuesta acorde con las necesidades del municipio de Funza, capaz de reducir el impacto ambiental negativo en el municipio y de favorecer tanto el impacto ambiental positivo a nivel social, económico, tecnológico e industrial, factible de realizar.

Finalmente, con respecto al propósito general de la investigación se concluye, después del estudio y de su análisis que, el desarrollo de una estrategia ambiental, innovadora, que permita la optimización de la gestión de tratamiento de residuos plásticos reciclables es técnica, financiera y socialmente viable en el municipio de Funza, Cundinamarca.

7.2 Recomendaciones

Dentro de los aspectos que merecen tenerse en cuenta a manera de recomendaciones se encuentran:

A la universidad: Continuar con el desarrollo y fortalecimiento de proyectos de gestión ambiental urbana desde los cuales se gestan interesantes alternativas de solución a las problemáticas reales de las poblaciones colombianas, mediante la práctica investigativa de sus estudiantes en proceso de graduación.

A los líderes del desarrollo de la propuesta: Mantener en su pensamiento que se trata de un proyecto que involucra a los habitantes del municipio de Funza para los habitantes del mismo municipio, en donde todos deben ser actores y beneficiarios, para que se logre visibilizar el impacto de la gestión ambiental urbana.

Al municipio: Fortalecer sus estrategias de gestión ambiental urbana, de tal manera que se les dé cabida a iniciativas como la planteada en esta investigación y, de esa manera, se logre atender una problemática de antigua data, para la que solo se han generado “paños de agua tibia”.

Así mismo, analizar como parte de las estrategias el desarrollo llevado a cabo en Alemania, de un pago de incentivo por el reciclaje de botellas, el cual debe ir de la mano de nuevas políticas estatales, con lo cual se reduciría significativamente el costo de recolección de

materia prima para la transformación y se contaría con la disposición de la misma en el estado que se requiere, al tener un primer paso de transformación en los dispositivos de colecta.

También, el municipio debe realizar un esfuerzo significativo en lo referente a la capacitación y sensibilización de su población, extensible a la de los municipios aledaños para poder generar esfuerzos conjuntos de separación y recolección del material plástico, que facilite su tratamiento de transformación.

Se debe proyectar esta iniciativa a las autoridades del municipio, así como de otros municipios del país, buscando generar un impacto en la disminución de plásticos en los rellenos sanitarios, así como una visión de economía circular que propenda por la minimización del consumo de plásticos de un solo uso a nivel nacional.

Finalmente, se recomienda, una vez implementada la propuesta en el municipio, emprender la gestión de su venta a otros municipios de Colombia, donde la problemática generalizada de consumo de productos plásticos esté generando un detrimento del medio ambiente y se requieran soluciones concretas y viables.

BIBLIOGRAFÍA

- Albert, L. (1997). Contaminación ambiental. Origen, clases, fuentes y efectos. En L. Albert, *Introducción a la toxicología ambiental* (pág. 471). Metepec, México: ECO.
- Alcaldía de Funza. (2015). *Plan de gestión integral de residuos sólidos de Funza 2015-2027*. Funza: Alcaldía de Funza y EMAAF.
- Alcaldía Municipal de Funza. (2000). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Funza - Decreto 140 de 2000*. Funza: Alcaldía Municipal de Funza.
- Almagro, F., & Venegas, F. (2009). Crecimiento y desarrollo con sustentabilidad ambiental. Un enfoque de cuentas ecológica. *Economía y Sociedad, XIV(23)*, 79-103.
- Al-Salem, S., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Manag., 29(10)*, 2625-2643.
- Amaya, A., & Lamilla, A. (2018). *Planta de transformación de plástico recuperado PET, PEAD y PEBD, en la ciudad de Bogotá, D.C.* Bogotá: Universidad Distrital.
- AMVA. (2006). *Manual para el manejo integral de residuos en el Valle de Aburrá*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA.
- Anzola, D. (2015). *Estudio del manejo de residuos sólidos en el relleno sanitario Doña Juana con el fin de delinear un borrador de propuesta para el manejo integral de residuos sólidos en la ciudad de Bogotá, D.C.* Bogotá, D.C.: Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario.
- ASB. (2020). *Programa de prestación del servicio de Aseo 2020 Zona Agroindustrial Funza Cundinamarca*. Funza: Aguas de la Sabana de Bogotá S.A.
- Barlow, C., & Morgan, D. (2013). Polymer film packaging for food: An environmental assessment. *Resour. Conserv. Recycl., 78(0)*, 74-80.
- Bastiaenen, P. (s.f). *Manejo de Residuos en los Países Bajos, Breve descripción*. Holanda: Embajada Real de los Países Bajos.
- Carpinetti, B., & Esponda, A. (2013). *Introducción al desarrollo sustentable* (Segunda ed.). Florencio Varela: Universidad Nacional Arturo Jauretche.

- Castro-Buitrago, E., Vásquez, J., & Jaramillo de los Ríos, L. (2011). La planeación urbana y la política de gestión de residuos sólidos en Medellín, cuestiones preliminares para un análisis jurídico y económico. *Opinión Jurídica*(Edición Especial), 143-152.
- Cela, J. (1992). *Gestión Urbana y participación popular*. Santo Domingo: Amigos del Hogar.
- Cerda, H. (2005). *Los elementos de la Investigación*. Bogotá: Editorial El Búho.
- Crawford, C. (2017). *Microplastic pollutants*. Obtenido de Elsevier: [https://www.sciencedirect-com.ezproxy.uniandes.edu.co:8443/-](https://www.sciencedirect.com.ezproxy.uniandes.edu.co:8443/)
- DANE. (2018). *Cuentas ambientales y económicas de flujos de materias de residuos sólidos*. Obtenido de Departamento Nacional de Estadísticas: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuentas-residuos/Pt-Cuenta-Residuos-2016p.pdf
- DNP. (2016). *Conpes 3874: Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos*. Bogotá, D.C.: Consejo Nacional de Política Económica y Social / Departamento Nacional de Planeación.
- EMAAF. (2017). *Servicio de Aseo*. Obtenido de Emaaf E.S.P: <https://www.emaafesp.gov.co/servicios/aseo.html>
- Ensinck, M. (2020). *Plásticos: del problema a la solución*. Obtenido de Comunicación Sostenible: <https://www.comunicacionsostenible.co/site/plasticos-del-problema-a-la-solucion/>
- Equo. (2016). *La economía circular, ¿Qué es y cómo se aplica a la política local?* . Universidad Verde.
- Fernández, A. (1997). Movimientos Comunitarios, Participación y medio ambiente. *Revista Temas*(9), 26-32.
- Fröimovich, C. (2019). *¿Cómo Alemania logra reciclar el 98% de sus botellas plásticas?* Obtenido de Todos reciclamos: <https://www.todosreciclamos.cl/post/como-reducir-el-plastico-caso-alemania>
- Garrido, A., & Gándara, G. (2013).). Nuestras ciudades del futuro: ¿CÓMO HACER SOSTENIBLES LOS ESPACIOS URBANOS? En A. Garrido, & G. Gándara, *Emprender el presente*.
- Gómez, M., & Araujo, A. (s.f.). *Continúa reciclando y de verde a Suba vas pintando*. Bogotá: Alcaldía Local de Suba.

- González, F. (2015). La Gestión y Planificación Ambiental de las Ciudades en la actuación Municipal. En R. Chacón, L. Giraud, M. Torres, J. Benítez, & J. Pujaico, *Primer Foro de Gestión Ambiental Urbana - Memorias del Evento* (págs. 10-18). Chacao: Ecoequilibrio C.A.
- Greenpeace. (2019). *Desechando el Futuro: Las empresas ofrecen falsas soluciones a la contaminación por plásticos*. Obtenido de Greenpeace: <https://storage.googleapis.com/planet4-international-stateless/2019/09/8a1d1791-falsesolutions2019.pdf>
- Hurtado, J. (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. Caracas: SYPAL.
- INECC. (2012). *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*. México.
- Jaén, M., Esteve, P., & Banos-González, I. (2019). *Los futuros maestros ante el problema de la contaminación de los mares por plásticos y el consumo*. Obtenido de Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación De Las Ciencias, 16: <https://uni.vde losandes.on.worldcat.org/oclc/8081341402>
- Jiménez, L. (2020). Economía circular - espiral. Opciones estratégicas desde el reciclaje al cambio sistémico. En E. s. fronteras, *La Economía Circular: Una opción inteligente* (págs. 7-15). Madrid: Dossieres EsF.
- López, O. (2004). La sustentabilidad urbana. *Bitácora Urbano Territorial*(8), 8-14.
- Macarthur, E. (2016). *Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada*. Ellen Macarthur Foundation.
- Martínez, J., & Uribe, A. (2013). *Evaluación de la implementación de un parque tecnológico de reciclaje en Bogotá*. Bogotá: Universidad EAN.
- Martínez, R., Monserrat, M., Vera, J., & González, J. (2016). Gestión ambiental empresarial en las micro y pequeñas empresas procesadoras de alimentos ubicadas en Puebla, Mexico. *Revista Global de Negocios*, 4(4), 53-64.
- MASP. (2019). *Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente*. Bogotá: Greenpeace, Universidad de los Andes, Medio Ambiente y Salud Pública.
- Massolo, L. (2015). *Introducción a las herramientas de gestión ambiental*. Argentina: Universidad de La Plata.

- Minambiente. (2007). *Gestión integral de residuos o desechos peligrosos. Bases conceptuales*. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Minambiente. (2008). *Política de Gestión ambiental Urbana*. Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Minvivienda. (2015). *Decreto 1077 de 2015*. Bogotá: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.
- Mora, C., & Berbeo, M. (2010). *Manual de Gestión Integral de Residuos*. Bogotá, D.C.: Subdirección Red Nacional de Laboratorios – SRNL.
- Muriel, R. (2006). Gestión Ambiental. *Idea sostenible*(13), 1-8.
- Naciones Unidas. (2015). *Convención Marco sobre el Cambio Climático COP21 de París*. París: Naciones Unidas.
- Noguera, S. (2015). *Parques ambientales, nueva alternativa*. Obtenido de Medio ambiente, El Espectador: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/parques-ambientales-nueva-alternativa-articulo-573105>
- OAS. (2013). *Premio interamericano a la innovación para la gestión pública efectiva*. Obtenido de OAS: https://www.oas.org/es/sap/dgpe/innovacion/banco/reingenieria%20del%20programa%20la%20basura%20sirve_bolsa%20que%20seguira%20siendo%20bolsa.pdf
- ONU. (2018). *Plásticos de un solo uso*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: <https://wedocs.unep.org/bitstream/han->
- ONU. (2018). *Regreso al futuro a medida que los innovadores buscan alternativas a los plásticos*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/back-future-innovators-seek-plastic-alternatives>
- Opemed. (2015). *Suiza es el país que mejor gestiona los residuos*. Obtenido de Gestión de Residuos On Line: <http://gestionderesiduosonline.com/suiza-es-el-pais-que-mejor-gestiona-los-residuos/>
- Paz, M. (2016). *Reciclado de PET a partir de botellas post consumo*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Peñaloza, J. (2012). Contaminación. *Revista Desarrollo Local Sostenible - DELOS*, 5(13), 1-6.
- RDS. (2011). *Gestión ambiental*. Bogotá: Red de Desarrollo Sostenible de Colombia.

- Reyna, J. (1999). La contaminación ambiental. *Industrial Data*, 2(1), 51-54.
- Rodríguez, H. (2012). *Gestión integral de residuos sólidos*. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina.
- Rodríguez, J. (2002). *Manejo de Basuras en Bogotá y Viena*. Bogotá: Movimiento Nacional.
- Rodríguez, L., López, E., & Goicochea, T. (2009). LA NECESIDAD DE UNA CORRECTA GESTIÓN AMBIENTAL URBANA PARA LA LOCALIDAD. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 2(4), 1-12.
- Rodríguez, M., & Espinoza, G. (2002). *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe: Evolución, tendencias y principales límites*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Rubio, D. (2016). *Manejo, Gestión y Administración de Residuos, el caso de Singapur en Siglo XXI*. Bogotá: Observatorio Virtual Asia-Pacífico, Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- SSP. (2018). *Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2017*. Obtenido de Superintendencia de Servicios Públicos: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf
- Subramanian, P. (2000). Plastics recycling and waste management in the US. *Resour. Conserv. Recyc.*, 28(3-4), 253-263.
- Trash Global. (2020). *Programa para la prestación del servicio público de aseo Municipio de Funza - Cundinamarca*. Funza: Trash Global SA ESP.
- Unicef. (s.f.). *Participación ciudadana y gestión integral de residuos*. Argentina: Ecoclubes / Unicef.
- Vare, P., & Scott, W. (2007). Learning for a Change: Exploring the Relationship Between Education and Sustainable Developmen. *Journal of Education for Sustainable Development*, 1(2), 191-198.
- Vázquez, A., Espinosa, R., Beltrán, M., & Velasco, M. (2016). *El reciclaje de plásticos*. México: Biblioteca ANIPAC.

ANEXO A.

Proyección recolección plástico reciclado por mes

Producto	Costo	Kg Mensual	Costo Mensual	Kg Anual
PET	\$490	24000	\$11,760,000	288000
PEBD	\$500	18900	\$9,450,000	226800
PEAD	\$500	15600	\$7,800,000	187200
TOTAL	1490		\$29,010,000	

Resumen, beneficios de la producción proyectada en pesos por mes

Producto	Pellets Mensuales (Tn)	Costo Materia Prima	Costo de Transformación	Costo Total Producción	Costo de Venta	Beneficios
PET	24	\$11,760,000	\$26,544,000	\$38,304,000	\$36,000,000	\$9,456,000
PEBD	18.9	\$9,450,000	\$20,903,400	\$30,353,400	\$41,580,000	\$20,676,600
PEAD	15.6	\$7,800,000	\$17,253,600	\$25,053,600	\$35,880,000	\$18,626,400
TOTAL	58.5	\$29,010,000	\$64,701,000	\$93,711,000	\$113,460,000	\$48,759,000