

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



Diseño de un modelo piloto para el reciclaje de PET (Polietilentereftalato) en la localidad de Suba (Bogotá D.C.).

Trabajo de grado.

David Alejandro Echajaya Murcia

Laura Alejandra Orjuela Sarmiento

Bogotá D.C.

2021

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



Diseño de un modelo piloto para el reciclaje de PET (Polietilentereftalato) en la localidad de Suba (Bogotá D.C.).

Trabajo de grado.

David Alejandro Echajaya Murcia

Laura Alejandra Orjuela Sarmiento

Tutor.

Joan Angel Charry

Administración de Logística y Producción

Bogotá D.C

2021

Agradecimientos

Ante todo, queremos agradecer a nuestros padres Clara, Gonzalo, Anyul y Rodolfo por sobreponerse frente a todas las circunstancias e imprevistos experimentados durante nuestro desarrollo profesional; sin su esfuerzo, la culminación de nuestros estudios y, en consecuencia, este trabajo, no hubieran sido posibles. Igualmente, agradecemos a la Universidad del Rosario por ofrecernos todas las herramientas, los fundamentos y el acompañamiento necesario para hacer de este trabajo una realidad.

A Joan, nuestro tutor de tesis, le agradecemos por su genuino interés en la temática de esta tesis y por la orientación que nos brindó en todo momento, especialmente en aquellos donde carecíamos de una pauta de acción clara. Además, su apoyo emocional y carisma nos fortaleció día a día para progresar continuamente en la ejecución de este trabajo, cumpliendo así con nuestro objetivo. De igual forma, queremos agradecer a Jose Ceballos, profesor de la Escuela Politécnica de Cáceres por su asesoría y opinión para el mejoramiento de nuestro trabajo; su ayuda fue crucial para el perfeccionamiento de la versión final de este trabajo.

Expresamos agradecimiento a aquellas entidades que, con su ayuda, disposición, conocimiento y experiencia enriquecieron el proceso de contextualización e investigación. Fueron una pieza clave para comprender con mayor detalle y exactitud la complejidad y el dinamismo de la industria del reciclaje en el contexto colombiano. Queremos hacer mención especial a las entidades: CEMPRES, UAESP, EKORED, Punto Azul, Postobón, ANDI y EcoWorks; donde sus funcionarios nos brindaron desinteresadamente su tiempo y atención para atender todas nuestras inquietudes.

Finalmente, pero no menos importante, queremos agradecer enormemente a todos los recicladores que, en medio de su trabajo en las calles, estuvieron dispuestos a hacer una pausa para concedernos entrevistas y permitirnos conocer su contexto, su vida personal y sus

condiciones laborales. El testimonio de cada uno de los recicladores entrevistados fue revelador, inspirador y nos enseñó a reconocer y valorar el esfuerzo, la dedicación y el empeño con el que realizan su trabajo.

Dedicatoria

Dedicamos esta tesis al medio ambiente, a la sociedad y a todas aquellas personas que encuentren en este trabajo una motivación para crear y desarrollar iniciativas que generen un alto impacto positivo a nivel social y ambiental.

Tabla de Contenido

1	Descripción general del proyecto	24
1.1	Necesidad identificada	24
1.2	Objetivo general y específico	28
1.2.1	Objetivo general.....	28
1.2.2	Objetivos específicos	28
1.3	Fundamentación teórica	29
1.4	Metodología	32
1.5	Resultados esperados.....	34
2	Justificación.....	35
3	Contextualización, modelo de negocio del PET y de la industria del plástico	37
3.1	Industria del reciclaje del PET	37
4	Cadena de suministro de la industria del plástico	40
4.1	Actividades generadoras de valor de la cadena directa.....	49
4.1.1	Recursos Naturales.....	49
4.1.2	Cadena de suministro.....	49
4.1.3	Actores de la cadena de valor	51
4.1.4	Actividades de apoyo cadena directa.....	53
4.2	Actividades generadoras de valor de la cadena inversa	59
4.2.1	Residuos plásticos tipo PET aprovechables.....	60
4.2.2	Cadena de Suministro	61

4.2.3	Actores de la Cadena de Valor Inversa.....	68
4.2.4	Actividades de apoyo cadena inversa	70
4.2.5	Entidades de apoyo de las cadenas directa e inversa	79
5	Datos macroeconómicos y sectoriales en Colombia	80
5.1	Resinas y productos plásticos.....	80
5.1.1	Comercio internacional.....	80
5.2	Residuos plásticos	81
5.2.1	Comercio internacional.....	82
5.2.2	Contexto nacional	83
6	Industria del reciclaje en Bogotá.....	86
6.1	Industria de Bogotá	86
6.2	Censo y estratificación de los actores de la cadena de valor del PET en Bogotá y Suba	89
7	Problemáticas e impactos medioambientales del PET	94
8	Herramientas de medición y control medioambiental para la formulación del sistema de recolección de material PET aprovechable	96
8.1	Importancia de las herramientas de medición y control medioambiental	96
8.2	Análisis del Ciclo de Vida.....	97
9	Tipos de PET.....	98
10	Usos del PET reciclado.....	101
11	Marco legal	102

11.1	Antecedentes	102
11.2	Normatividad sobre los residuos sólidos.....	106
11.3	Normatividad sobre el reciclaje.....	107
12	Marco fiscal	108
13	Régimen sancionatorio	108
14	Barreras para el reciclaje de plástico	109
14.1	Barreras sociales.....	110
14.2	Barreras económicas	110
14.3	Barreras técnicas	111
14.4	Barreras ambientales	112
14.5	Barreras regulatorias	113
15	Fomento y programas de apoyo para los negocios verdes.....	113
16	Impacto social de la industria del reciclaje	114
17	Casos de éxito a nivel mundial	118
17.1	Caso de Suiza	118
17.2	Caso de Japón.....	120
18	Diseño del modelo piloto de recolección de residuos PET.....	122
18.1	Descripción del modelo de negocio	122
18.1.1	Oferta de valor	126
18.1.2	El segmento de consumidor	126
18.1.3	Relación con el cliente	127

18.1.4	Canales de venta	128
18.1.5	Actividades clave	129
18.1.6	Recursos clave	129
18.1.7	Socios clave	131
18.1.8	Estructura de costos	133
18.1.9	Fuente de ingresos.....	133
18.2	Metodología de proyecciones y costeo	134
18.2.1	Segmentación de la población objetivo	135
18.2.2	Proyección de ventas.....	138
18.2.3	Escenario de recuperación	140
18.2.4	Metodología para la estimación de recursos	144
18.2.5	Costo de ventas	149
18.2.6	Gastos.....	149
18.2.7	Costos de desarrollo	153
18.2.8	Costo variable por tonelada de PET recuperada	156
18.2.9	Proyección del flujo de caja	157
18.2.10	Proyección del estado de resultados	160
19	Conclusiones	161
20	Bibliografía	164

Índice de figuras

Figura 1. Representación cadena de suministro de la industria plástica.	41
Figura 2. Clasificación de los diferentes tipos de resina plástica.	43
Figura 3. Ejemplo de producto plástico complementario.	44
Figura 4. Ejemplo de producto plástico primario.	44
Figura 5. Actores de la cadena de valor directa de la industria plástica.	52
Figura 6. Consumo de las principales industrias demandantes de materiales plásticos en Colombia.....	56
Figura 7. Máquina de extrusión de materiales plásticos.	57
Figura 8. Máquina de inyección de materiales plásticos.	58
Figura 9. Agentes esenciales de la recolección y recuperación de residuos.	60
Figura 10. Máquina de espectroscopia de Infrarrojo Cercano.	64
Figura 11. Máquina de rayos X.....	64
Figura 12. Método de clasificación de hundimiento - flotación.	64
Figura 13. Máquina de separación electrostática.	65
Figura 14. Tipos de reciclaje.....	65
Figura 15. Representación del proceso de pirólisis.	67
Figura 16. Representación del proceso de hidrogenación.	67
Figura 17. Representación del proceso de gasificación.	68
Figura 18. Actores de la cadena de valor inversa de la industria plástica.	69
Figura 19. Camión compactador de residuos.....	73

Figura 20. Camión compactador de residuos.....	73
Figura 21. Vehículo de carga – carreta.	73
Figura 22. Vehículo de carga – moto carguero.....	73
Figura 23. Vehículo de carga – utilitario tipo pick up.	73
Figura 24. Entidades de apoyo de la cadena de valor del plástico.....	79
Figura 25. Precios del mercado kg/cop por tipo de residuos PET (abril del 2021).	87
Figura 26. Segmentación de las Organizaciones de Recicladores presentes en la ciudad de Bogotá D.C (agosto del 2021).	90
Figura 27. Recicladores que comercializan material reciclable segmentando por localidad. .	92
Figura 28. Resumen del total de personas y organizaciones por eslabón de la cadena.	94
Figura 29. Tipos y características del PET.	100
Figura 30. Barreras para la adecuada recolección y recuperación de residuos aprovechables.	109
Figura 31. Diagrama de Flujo Swim-Lane.	123
Figura 32. Modelo de negocio Canvas - Red de recolección.	125
Figura 33. Variables que afectan la formación del precio de las resinas plásticas recicladas.	139
Figura 34. Fotografía Van modelo C35.	145
Figura 35. Fotografía Big Bag.	145
Figura 36. Fotografía caneca compactadora.	146
Figura 37. Representación de la proyección de flujo de caja.	158

Índice de tablas

Tabla 1. Lista de comercios representativos de productos plásticos finales por canales de venta	45
Tabla 2. Tipología de operadores logísticos	48
Tabla 3. Tipología de medios de transporte para resinas plásticas y productos finales.....	54
Tabla 4. Tipología de camiones	71
Tabla 5. Vehículos de recolección	72
Tabla 6. Subdivisión de los sistemas de clasificación para los residuos plásticos	83
Tabla 7. Segmentación de la población objetivo	136
Tabla 8. Tasas y participaciones	137
Tabla 9. Proyección de generación y aprovechamiento de residuos	137
Tabla 10. Proyección de ventas	140
Tabla 11. Objetivo de recuperación en función del Market Share	141
Tabla 12. Necesidad semanal en función del Market Share	141
Tabla 13. Supuestos para la definición de las necesidades semanales de la operación	142
Tabla 14. Tasas de generación de residuos	143
Tabla 15. Capacidad de carga en peso y volumen de la Van C35	145
Tabla 16. Métricas de desempeño estimadas de la operación	147
Tabla 17. Capacidades estimadas de la operación	148
Tabla 18. Resumen Anual del Costo de Ventas.....	149
Tabla 19. Tarifas mensuales para el cálculo de las prestaciones sociales	150

Tabla 20. Resumen salarial del gasto mensual para el personal administrativo	151
Tabla 21. Proyección anual de los Gastos Administrativos.....	152
Tabla 22. Definición de los Costos de Desarrollo por Procesos.....	154
Tabla 23. Definición de los Costos de Desarrollo por Procesos.....	155
Tabla 24. Resumen de los Costos Totales Anuales de Desarrollo.....	155
Tabla 25. Definición de los costos variables del proceso	156
Tabla 26. Proyección del flujo de caja.....	158
Tabla 27. Metodología para el cálculo del Payback	160
Tabla 28. Proyección del estado de resultados	161

Glosario

Cadena de Suministro: Es un sistema conformado por diferentes entidades que tiene por objetivo entregar un bien o servicio a un cliente final. A cada entidad le corresponde una actividad bien sea en el proceso de extracción, transformación o distribución que aporta valor a dicho bien o servicio final. A través de la cadena de suministro se encuentran flujos de información, recursos y bienes que permiten un funcionamiento óptimo y el cumplimiento de los tiempos acordados (Amaya Leal & Vilorio Nuñez, 2014).

Cadena de Valor: Es una herramienta implementada por diferentes organizaciones con el fin de lograr la instalación y valorización de un bien o servicio de manera exitosa en un mercado objetivo. Gracias a la composición de esta herramienta, las compañías tienen la facilidad de hacer un análisis profundo en lo que respecta a sus actividades clave y la manera en que estas pueden mejorar con el fin de constituir o solidificar su ventaja competitiva (50Minutos.es, 2016). La herramienta consiste en clasificar las diferentes actividades en primarias (logística interna, operaciones, logística externa, marketing y ventas, y servicio postventa) y secundarias o de apoyo (infraestructura, recursos humanos, tecnología y compras) para comprender la manera en que los costos, fuentes de ingreso y las actividades que propenden a la diferenciación se originan (Peiró, 2017).

Costo social: Es el costo que experimenta la sociedad a partir de distintas actividades económicas. Las actividades económicas generan efectos en la sociedad, los cuales son conocidos como “externalidades”. En la medida que las compañías dejan de considerar el bienestar generalizado de la sociedad y el ambiente, y empiezan a llevar a cabo acciones nocivas, estarán generando externalidades negativas en donde los costos sociales son mayores a los que debe asumir la compañía encargada de la determinada actividad económica. En el caso tal, de que las compañías desempeñen actividades favorables para la sociedad y el ambiente como lo es la educación o de campañas de restauración medioambiental, el costo

social será mínimo o nulo, mientras que el costo que debe asumir la compañía será mayor. Existen métodos económicos y político-económicos que permitirán determinar el costo social de manera aproximada a la realidad (Francisco, 2020).

Destilación Primaria: Procedimiento que consiste en destilar fraccionadamente el petróleo con el fin de obtener productos de mayor valor agregado que se comercializan en el mercado (SensAgent, 2016).

Disposición de residuos: Acción de desechar, eliminar o deshacerse de un bien material que carece de valor real o percibido por el consumidor.

Economía Circular: Es un sistema que, a diferencia del lineal que consiste en “Tomar, producir, distribuir y desechar”, busca mantener los bienes en un ciclo cerrado en donde una vez pierdan su funcionalidad, puedan ser aprovechados nuevamente evitando así la sobreexplotación de recursos vírgenes, la excesiva generación residuos y el deterioro en los ecosistemas. La teoría de la economía circular diferencia los ciclos técnicos de los biológicos en donde los primeros se componen de los productos creados por y para la industria de manera tal que puedan transitar numerosas veces por los fabricantes, centros de recuperación y clientes de manera tal que no tengan contacto alguno con el medio ambiente; y en donde los segundos se componen de todos los productos que fueron diseñados y concebidos para que puedan ser dispuestos en los ecosistemas sin causar daño alguno, sino que por el contrario, fortalezcan la recuperación del medio ambiente (MacArthur, 2013).

Eficiencia energética: Hace referencia a la optimización del monto de utilización de energía a través de la cadena de suministro gracias a la implementación de herramientas y tecnología que posibilita un nivel de rendimiento igual o superior al experimentado antes de la mejora sistemática. La correcta gestión de los recursos energéticos a lo largo de la cadena de suministro requiere de integración con todos los miembros de la compañía, eficiencia en las

operaciones, coordinación entre eslabones, innovación e involucramiento de energías renovables (Steeep, 2014).

Logística Inversa: Se ocupa de planear, implementar y monitorear el flujo eficiente y costo efectivo de los retornos y la información relacionada, desde el punto inicial hasta un punto de recuperación de valor o punto de disposición final adecuada. Esta rama de la logística tiene por objetivo el retorno efectivo de bienes que han sido desechados, que han sido declarados como peligrosos, pero que se encuentran en posesión de gran variedad de consumidores, que son obsoletos o que han sido devueltos. Además, cabe resaltar que gracias al incremento en las tendencias medioambientales y a la tensión frente a las regulaciones del Estado referentes a esta temática, esta rama ha tomado aún mayor fuerza en los mercados alrededor del mundo (Balli, s. f.).

Microplásticos: Son piezas milimétricas de material plástico que se pueden categorizar en primarias o secundarias. Las primarias contemplan aquellos microplásticos que originalmente fueron diseñados para ser de dicho tamaño y cumplir una función en específico, mientras que, las secundarias, son los microplásticos que se generan a partir de la degradación de piezas de plásticos de mayor tamaño (Parlamento Europeo, 2018).

Pellet: Hace referencia al estado granular de un producto intermedio o materia prima sólida, comúnmente de forma cilíndrica o esférica (Real Academia Española, s. f.-a).

PET: Resinas de polietilentereftalato utilizadas como materia prima para la elaboración de productos plásticos con características tales como resistencia, perdurabilidad, maleabilidad, transparencia y protección contra gases tóxicos, radiación y humedad (Acoplásticos, 2020).

PGIRS: También conocido como Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos es un instrumento regional para la planeación de la gestión y tratamiento de residuos contemplando variables como lo son características, peso, tamaño, costos, origen y su susceptibilidad a ser

recuperado. A través de un análisis detallado, este plan define los objetivos que deben cumplir las entidades prestadoras del servicio del aseo (Veeduría Distrital, 2020).

Plásticos a base de recursos biológicos: Plásticos a partir de recursos naturales como la yuca, caña de azúcar o el maíz, pero que no necesariamente son biodegradables (OECD, s. f.).

Plástico biodegradable: Son todos aquellos materiales que son susceptibles de ser descompuestos por microorganismos en condiciones aeróbicas para luego transformarse en agua o dióxido de carbono y en condiciones anaeróbicas para transformarse en agua o metano (OECD, s. f.).

Plástico en forma primaria: Clasificación que se le atribuye a los plásticos que se obtienen gracias a procesos de polimerización como lo son las resinas, materias primas plásticas, la mezcla de resinas por encargo y las resinas sintéticas de uso general. Generalmente la polimerización de sustancias químicas básicas da lugar a la creación de este tipo de plásticos. El término “formas primarias” se otorga a las formas presentadas a continuación: “líquidos y pastas, incluidas las dispersiones (emulsiones suspensiones) y las disoluciones; bloques irregulares, trozos, grumos, polvo (incluido el polvo para moldear), gránulos, copos y masas no coherentes similares” (GQSP Colombia, 2020, p.18).

Productos Intermedios: Diferente a la definición convencional de productos intermedios, para efectos de este trabajo se definirá un producto intermedio como aquel que el consumidor final utiliza de forma complementaria para consumir el producto que realmente le interesa. Por ejemplo: envases, empaques, bolsas, cubiertos, etc.

Química Fina: Procedimiento empleado en la creación y síntesis de insumos necesarios para la producción de polímeros y de otros productos pertenecientes a la industria farmacéutica y de la belleza (Industry Insights, 2021).

Reciclaje: Proceso de transformación industrial de residuos sólidos aprovechables a materia prima óptima o adecuada para la elaboración de nuevos productos.

Recolección: Es el proceso mediante el cual se obtienen los residuos aprovechables que fueron dispuestos por el cliente final. El proceso de recolección contempla operaciones logísticas como lo son el transporte, clasificación y consolidación de los residuos susceptibles a ser recuperados.

Recuperación: Abarca la gestión de todos los productos, materiales y/o componentes que han sido desechados y son susceptibles a extender su vida útil. Entre las alternativas de recuperación se encuentra: la reventa que consiste en ceder el bien ya utilizado a otra persona a cambio de una retribución económica mucho menor al valor original que este tuvo; la reparación que consiste en establecer la funcionalidad de un producto cambiando o reemplazando el componente dañado; la restauración de un producto que consiste en llevar a cabo un proceso de renovación o actualización de su sistema; la remanufactura que consiste en desensamblar un producto, identificar los componentes que no permiten un buen funcionamiento del producto con el fin de reemplazarlos por piezas nuevas; canibalización que consiste en extraer de gran variedad de productos, distintas piezas esenciales para que, en conjunto una vez ensambladas, constituyan un nuevo bien; y finalmente, el reciclaje que consiste en transformar el producto en su material esencial, para así, reintroducirlo en la cadena de suministro como materia prima.

Recursos Naturales Inorgánicos: Son aquellos recursos que se crean a partir de materiales inertes tales como el agua, el aire, la luz solar y los minerales (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

Recursos Naturales Orgánicos: Comprenden aquellos recursos procedentes de seres vivos tales como animales, plantas y combustibles fósiles (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

Resina: Producto intermedio de baja densidad utilizado en la elaboración del plástico. Se define comúnmente de la siguiente forma: “Es una sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua, soluble en el alcohol y en los aceites esenciales, y capaz de arder en contacto con el aire, obtenida naturalmente como producto que fluye de varias plantas” (Real Academia Española, s. f.-b, párr.1).

RESPEL: También conocido como Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos es una herramienta que permite la esquematización de la información referente a la generación y correcta gestión que deben tener los residuos peligrosos provenientes de diferentes actividades económicas del país (IDEAM, s. f.).

rPET: Es un tipo de plástico generado a partir del tratamiento y recuperación de residuos a base de PET.

Resumen y palabras clave

En el presente existen numerosas problemáticas medioambientales relacionadas a los altos índices de consumismo y de generación de residuos, y a la baja tasa de recuperación. Diversos países han trabajado conjuntamente para enfrentar la problemática liderando iniciativas que involucran la participación, el compromiso y la educación de diversos actores de la sociedad, la inversión en desarrollos tecnológicos y la generación de normativas que velen por la protección del medio ambiente. A pesar de esta situación, hoy por hoy, este movimiento generalizado no se ha adaptado en su totalidad y su alcance en países en vía de desarrollo como Colombia es bastante reducido.

En Colombia la situación es crítica ya que la sociedad no percibe la gravedad de los efectos negativos de la inadecuada disposición de los residuos al residir en un país rico en recursos naturales. Algunos de estos efectos negativos pueden estar asociados al deterioro de los ecosistemas naturales que desencadenan problemas para las generaciones actuales y más pronunciadamente para las futuras. Es por esto que este trabajo tiene por objetivo realizar una minuciosa investigación en lo referente a la situación actual del país, las principales barreras, las oportunidades de negocio, las metodologías y experiencias para la recuperación y reciclaje en países desarrollados y la experiencia de entes relevantes para la industria como CEMPRE, EKORED, Postobón, Punto Azul, la ANDI y la UAESP.

Teniendo en cuenta lo anterior, se diseñó un modelo de recuperación de material PET aprovechable en la localidad de Suba que contempla, por un lado, variables del entorno como lo son el impacto social y la educación de la ciudadanía, y, por otro lado, variables internas como la operación logística y la metodología de costeo de un modelo de esta magnitud. Adicionalmente, este modelo hizo especial énfasis en la proyección de la actividad de recuperación de los residuos a 5 años con el fin de dimensionar su alcance e impacto financiero, económico y social.

Brevemente, en esta investigación se justifica y expone un modelo de recuperación de residuos enfocado principalmente en la recuperación de residuos plásticos a base de PET, cuyo planteamiento contempla y abarca las dimensiones sociales, económicas, legales, gubernamentales, técnicas y medio ambientales necesarias para su éxito.

Palabras clave: PET, rPET, Economía Circular, Logística Inversa, Residuos Plásticos, Reciclaje, Modelo de Recolección, Recuperación y Modelo de Negocio.

Abstract and key words

At present there are numerous environmental problems related to the high consumption and waste generation rates, and the low recovery rate. Various countries have worked to address the problem by leading initiatives that involve the participation, commitment, and education of various actors in society, investment in technological developments and the generation of regulations that ensure the protection of the environment. Despite this situation, today, this generalized movement has not fully adapted and its scope in developing countries such as Colombia is quite limited.

In Colombia the situation is critical since society does not perceive the seriousness of the negative effects of an inadequate disposal of waste while residing in a country rich in natural resources. Some of these negative effects may be associated with the deterioration of natural ecosystems that trigger problems for current generations and more pronounced for future ones. That is why this work aims to carry out a thorough investigation regarding the current situation in the country, the main barriers, business opportunities, methodologies and experiences for recovery and recycling in developed countries and the experience of relevant entities for industry such as CEMPRE, EKORED, Postobón, Punto Azul, ANDI and UAESP.

Taking the foregoing into account, a usable PET material recovery model was designed in the locality of Suba that contemplates, on the one hand, environmental variables such as social impact and the education of citizens, and on the other hand, internal variables such as the logistics operation and the costing methodology of a model of this magnitude. In addition, this model placed special emphasis on the projection of the waste recovery activity for 5 years to measure its scope and financial, economic and social impact.

Briefly, this research justifies and exposes a waste recovery model focused mainly on the recovery of plastic waste based on PET, whose approach contemplates and covers the

social, economic, legal, governmental, technical, and environmental dimensions necessary for its success.

Keywords: PET, rPET, Circular Economy, Reverse Logistics, Plastic Waste, Recycling, Collection Model, Recovery and Business Model.

1 Descripción general del proyecto

1.1 Necesidad identificada

A través de la evolución humana, han existido diferentes mecanismos que permiten la subsistencia y satisfacción de las necesidades del hombre. Desde lo que en un momento fue el trueque hasta lo que sucede hoy en día en los mercados modernos, se han generado una gran variedad de metodologías del comercio como lo son el dinero, las tarjetas de crédito, los títulos valor entre muchos otros (BBVA, 2015). Toda esta evolución del comercio ha tenido como enfoque la generación de riqueza y la subsistencia de los sistemas económicos y sociales que sustentan el bienestar de las personas con énfasis en lo económico. De acuerdo con Altvater (2021), el sistema económico actual se caracteriza por darle gran importancia a dos roles fundamentales: consumidores y organizaciones. Según este autor, los consumidores son aquellos agentes que regulan y determinan, en la mayoría de los casos, las reglas del mercado; ellos determinan su comportamiento debido a que poseen el poder de elección y compra de bienes o servicios que satisfagan sus necesidades tal y como lo deseen. Las compañías, por su parte, obtienen valor mediante la producción y comercialización de productos demandados por el mercado, lo que implica que el consumidor en su rol colectivo posea una gran influencia en el comportamiento de las industrias productivas (Mundra et al., 2018). De esta forma, las empresas cumplen con su objetivo que es servir a la comunidad y satisfacer sus necesidades y las del entorno (Hawken, 2010).

Sin embargo, los tiempos han cambiado, ya no estamos en la época en que las compañías eran pocas, poseían mayor poder de negociación y la oferta era limitada. Una época en que las empresas se centraron únicamente en la generación de riqueza, dejando de lado los aspectos sociales y ambientales. De acuerdo con lo anterior, las empresas orientaron sus

estrategias en torno a la maximización de la rentabilidad, lo que provocó que la reducción de costos fuera prioritaria para ser competitivas en los mercados (Bragg, 2010). Progresivamente, el número de empresas pertenecientes a diferentes industrias fue incrementando, lo que las obligó a desarrollar e implementar estrategias de diferenciación enfocadas al consumidor capaces de perdurar en el tiempo para así, superar a los competidores, adquirir mayor participación en el mercado e incrementar de manera exponencial los niveles de rentabilidad (Porter, 1996). La diferenciación descrita anteriormente radica en el concepto de la innovación, que busca explorar y articular soluciones económicamente viables y pertinentes para las situaciones y contextos particulares de los consumidores, esto con el objetivo de que en el momento en que sean implementadas, generen altos niveles de satisfacción y a su vez un alza en las utilidades (Varadarajan & Jayachandran, 2018). Este contexto generó un alto grado de interés por parte de las organizaciones en la elaboración de productos divergentes como lo fue en su momento el plástico, que surge en la era moderna como una innovación que facilitó sustancialmente la vida de los consumidores y la gestión en las empresas mediante la creación de elementos diseñados para un único uso a partir de este material, tales como vajillas, cuberterías, empaques, envases, recipientes, bandejas, etc. (United Nations Environment Programme, 2018).

Debido a la gran variedad de cualidades con las que cuenta el PET, tales como la resistencia, perdurabilidad, maleabilidad, transparencia y barrera protectora contra gases tóxicos, radiación y humedad, este producto ha sido fuertemente utilizado por las industrias que buscan ofrecer sus productos de manera económica y segura en donde el cliente no tendrá ninguna complicación en su uso y disposición. En la actualidad, este material es muy valorado principalmente en la industria alimentaria, en los laboratorios farmacéuticos y en los laboratorios de cosméticos (Arapack, 2018, p. 2).

No obstante, la producción excesiva de este material en múltiples industrias alrededor del mundo está generando complicaciones y efectos nocivos para el medio ambiente y su ciclo natural. Hoy en día, se han producido más de 8.300 millones de toneladas métricas de plástico, de los cuales más del 80% se ha convertido de manera casi inmediata en residuos sólidos; de estos, tan solo el 12% ha sido incinerado y la proporción restante termina en ecosistemas naturales, donde prima el marino, afectando el bienestar de millones de especies de animales como aves, mamíferos marinos y peces (Parker, 2017). Teniendo en cuenta lo anterior, los impactos generados por los plásticos en los ecosistemas marinos se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos. Los impactos físicos se pueden dar por la interacción de los plásticos con la vida marina y terrestre, generando problemas relacionados con la obstrucción y acumulación tanto en las superficies como en las profundidades de los ecosistemas acuáticos. Adicionalmente, los impactos químicos se pueden ocasionar debido a la sorción de productos químicos o aditivos propios del material plástico (Saling et al., 2020). Finalmente, los impactos biológicos se dan cuando los micro y macro plásticos ingresan a la cadena trófica mediante su ingesta por parte de especies de todos los tamaños (Crawford & Quinn, 2017). Dichos impactos se originan una vez los desechos plásticos en su escala macroscópica y microscópica tienen contacto con los ecosistemas, que, en su proceso de degradación, impactan negativamente su salud y el de las especies que lo habitan. Estos impactos se dan, en primer lugar, por la composición química de la botella, la cual le otorga propiedades de resistencia y perdurabilidad en el tiempo y ocasiona que en el momento de su degradación se liberen químicos tóxicos como el ftalato, que es un compuesto utilizado en la fabricación del plástico para otorgarle flexibilidad al material y que es altamente tóxico ocasionando en altas concentraciones cáncer (Leeson et al., 2017). En segundo lugar, los impactos ambientales en el proceso de degradación del plástico se dan por el bajo nivel de conciencia y conocimiento que los consumidores directos poseen frente al correcto uso y disposición de este material, lo que genera que una

cantidad importante de los mismos invade principalmente los ecosistemas marinos y de agua dulce (Leeson et al., 2017).

Sobre la base de las consideraciones anteriores, se ha incrementado la generación de una conciencia colectiva y masificada por parte de los consumidores, que busca la preservación del medio ambiente y que se ha traducido en mayores exigencias hacia las compañías manufactureras para el cumplimiento de estándares sostenibles; es a raíz de esta tendencia del consumo verde, que las empresas se ven obligadas a adaptarse para subsistir, adoptando las prácticas ambientalmente responsables que la sociedad demanda (Chen et al., 2019). En este punto, las compañías, especialmente las pequeñas, han vislumbrado oportunidades que les permiten obtener márgenes de rentabilidad atractivos bajo el perfil de una imagen corporativa ambientalmente responsable y sostenible (Casa Editorial El Tiempo, 2019).

Es así como en la actualidad, en vista de la sobreproducción de plásticos a nivel mundial, las empresas han propuesto múltiples iniciativas encaminadas a la reutilización y reciclaje de este material. Estas iniciativas han propiciado el surgimiento de compañías y áreas intra-organizacionales que se han catalogado bajo el nombre de “Centros de Reciclaje”, puesto que, poseen la tecnología y conocimientos necesarios para la estructuración y desarrollo de esta actividad. Pese a esto, existe un impedimento que dificulta la consolidación de un sistema integral de recuperación del PET (Polietilentereftalato). Este impedimento hace referencia a la carencia del desarrollo de un sistema costo-eficiente y efectivo de recolección del material PET aprovechable en el que tanto consumidores finales, como empresas recolectoras, puedan participar voluntaria y dinámicamente. Se requiere un sistema que sea fácil de gestionar, conveniente, cómodo, accesible y amigable tanto para las empresas, como para los consumidores finales.

La problemática descrita anteriormente denota el rol esencial de los consumidores finales y empresas en el proceso de recuperación, puesto que, ellos tienen el poder de decisión frente al destino final de los residuos plásticos. Por un lado, pueden decidir desecharlos indiscriminadamente o, por otro lado, pueden involucrarse activamente en la recuperación de dichos residuos. Para lograr consolidar un sistema integral de reintegración de residuos PET en el ciclo económico, se debe contar con la participación e interés del usuario final en la clasificación de los residuos plásticos y con la estructuración de un diseño que facilite las actividades del proceso de clasificación que deben desempeñar los usuarios y los procesos de recolección que gestionarán las organizaciones de recicladores y algunos centros de reciclaje.

1.2 Objetivo general y específico

1.2.1 *Objetivo general*

Diseñar una propuesta piloto para la recuperación de material PET aprovechable viable a nivel logístico y financiero, con un enfoque social y ambiental dirigido a la localidad de Suba en Bogotá, Colombia.

1.2.2 *Objetivos específicos*

1. Fundamentar conceptualmente la propuesta a través de una revisión de la literatura técnica y académica acerca del diseño e implementación de redes de recuperación de material PET aprovechable a nivel nacional e internacional.
2. Desarrollar un análisis de viabilidad operativa, económica, ambiental y normativa para la puesta en marcha del sistema integral de recuperación de material PET aprovechable.

1.3 Fundamentación teórica

Debido al estilo de vida agitado, consumista y facilista adoptado por los consumidores de hoy en día, se premian aquellos productos de uso inmediato, los cuales impactan considerablemente al medio ambiente pese a ser invisibles a los ojos de la sociedad. Este ritmo de vida y consumo acelerado genera invasión de grandes cantidades de desechos plásticos en zonas naturales, que cuentan con un periodo extenso de degradación, incluso superior al tiempo de vida de un ser humano. Según el informe titulado “Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente”, los envases son los elementos plásticos que representan la mayor fuente de residuos generados en el ambiente, puesto que son diseñados para un único uso y luego para ser depositados (Greenpeace Colombia & Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP), 2019). De esta problemática, emerge la necesidad de implementar modelos que permitan el diseño de redes y sistemas costo-eficientes para la recolección y recuperación sostenible de residuos plásticos elaborados a base de PET (Polietilentereftalato), el cual de acuerdo con Acoplásticos (s. f.) se define como:

Polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado. (párr.1)

Para lograr el cometido anteriormente mencionado, la logística cumple un papel fundamental, puesto que, su correcta gestión, control y planificación hace posible la interacción armónica entre los diferentes eslabones de la cadena de suministro (proveedores, fabricantes, distribuidores, vendedores, clientes, etc.), además de un flujo eficiente de mercancías e información desde un punto de origen hasta los diferentes puntos de consumo (Bouchery, 2016). Gracias al interés emergente en temas de sostenibilidad ambiental, la logística se ha

visto inmersa en este enfoque, dando origen a ramas especializadas como lo es la logística inversa y la logística verde, en donde su comprensión para fines de este proyecto es esencial. Por ende, resulta oportuno mencionar en qué consisten las ramas de la logística inversa y verde; y reflejar cómo han sido implementadas en entornos afines a los objetivos de este proyecto.

Por un lado, la logística inversa ha evolucionado con el pasar de los años, sin embargo, se puede recaer en una de sus primeras definiciones dada por el Council of Logistics Management en el año 1992, en donde se manifestó que esta tiene como fin el reciclaje, la eliminación de desechos y la gestión de materiales peligrosos (De Brito & Dekker, 2004). A pesar de la simpleza de su definición, se pueden apreciar grosso modo sus funciones esenciales, teniendo en cuenta que, su aplicación, radica sustancialmente en la recolección y procesamiento de residuos, de los cuales aún se puede recuperar valor y que son susceptibles a ser reintegrados nuevamente a la cadena de suministro propia o externa. Por otro lado, la logística verde tiene como objetivo principal la medición, análisis y mitigación del impacto ambiental presentado por las actividades logísticas. Esta rama ejecuta actividades que resulten en la reducción del consumo de energía no renovable; de emisiones de gases tóxicos como los óxidos de carbono, óxidos de nitrógeno o material particulado; de emisiones de gases efecto invernadero; y del nivel de desechos (Bouchery, 2016).

Las compañías que optan por seguir este enfoque buscan principalmente pasar de gestionar un sistema lineal de la cadena de suministro a uno circular. El modelo lineal tiene por objetivo únicamente seguir un patrón de extraer, fabricar y desechar, mientras que, el modelo circular tiene por objetivo hacer uso de energías renovables; reducir, supervisar y eliminar químicos tóxicos; y suprimir la generación de residuos de manera inteligente y sostenible con el medioambiente (MacArthur, 2013). Las compañías que adoptan sistemas circulares en su cadena de suministro se integran a modelos de economía circular, basándose en el estudio del comportamiento de la naturaleza, con el fin de adquirir conocimientos en lo referente a la

optimización del sistema como un todo y de realizar una gestión adecuada del flujo de materiales (MacArthur, 2013).

Los pioneros en el desarrollo del concepto de “economía circular”, Braungart y McDonough (2002), afirman que los flujos de materiales se dividen en dos tipos de nutrientes, los biológicos y los técnicos. El primer nutriente se compone de todos aquellos bienes biodegradables que pueden ser reintegrados a los ecosistemas terrestres y servir de “alimento” para su desarrollo; el segundo nutriente se compone de todos aquellos bienes creados para uso industrial, los cuales, cuentan con las capacidades necesarias para circular de manera permanente en la economía sin tener contacto con la biosfera y afectar el equilibrio de los ecosistemas.

Las organizaciones que ponen en práctica la gestión de la logística inversa y verde con el fin de consolidar su sistema como uno circular, perciben beneficios económicos, legislativos, y sociales; en donde los económicos suelen presentarse debido a la reducción del uso de materias primas vírgenes y a la posibilidad de incrementar los niveles de diferenciación en el mercado; los legislativos se dan gracias a que la organización logra anticipar la imposición de decretos o normas restrictivas; y los sociales se presentan en el momento en que la compañía, con base en sus valores y principios, se compromete con la gestión de una logística ambientalmente sostenible, dándola a conocer y recibiendo reconocimiento por ello (De Brito & Dekker, 2004).

Ahora bien, países como los pertenecientes a la unión europea hacen una gestión efectiva para la recuperación de residuos plásticos. Con base en el estudio “Plastics - the Facts 2020” elaborado por la asociación empresarial líder en Europa de la industria de los plásticos llamada PlasticsEurope, la Unión Europea recuperó para el año 2018 29,1 millones de toneladas de plástico, de las cuales en promedio un 42,6% fueron destinadas a la generación de

energía, un 32,5% a su reciclaje y un 24,9% finalizaron en los rellenos sanitarios (PlasticsEurope, 2020). Con base en el estudio, el monto de plástico reciclado desde el año 2006 se ha duplicado teniendo como resultado países que, para el año 2018, enviaron una proporción nula o mínima de residuos de plástico a los rellenos sanitarios, tales como Suiza, Austria, Países Bajos, Alemania, Luxemburgo, Finlandia, Bélgica, Dinamarca y Noruega (PlasticsEurope, 2020). Una de las gestiones de residuos más admirada y valorada alrededor del mundo, es la realizada por Alemania. Su capacidad de recolección se incrementó en un 80% del 2006 al 2018, gracias a sus estrictos mecanismos y esquemas oficiales. En el año 2018, Alemania recuperó 5,3 toneladas de residuos plásticos, reciclando un 38,6%, aprovechando la energía de estos residuos en un 60,7% y enviando a rellenos sanitarios únicamente un 0,6% de los residuos (PlasticsEurope, 2020).

Como se pudo evidenciar, la Unión Europea es un claro ejemplo de la gestión eficiente de la recuperación de residuos plásticos y su adecuado aprovechamiento. En conjunto, los países europeos para el año 2019 lograron reintegrar a la cadena de suministro 5 millones de toneladas de plásticos, es decir, se gestionó un sistema circular en el que se contemplaron actividades tales como la recolección, primera separación y clasificación, trituración, lavado, segunda separación y clasificación, y finalmente la consolidación de micro fragmentos en unos más grandes que estuvieran listos para la fabricación de nuevos productos (PlasticsEurope, 2020).

1.4 Metodología

Para el desarrollo del diseño de un sistema costo eficiente y sostenible de recuperación de residuos de productos PET (Polietilentereftalato), se utilizará la información proveniente de cuatro fuentes a través de las cuales se explorará la gestión de residuos a nivel nacional e internacional y el manejo de residuos plásticos por parte de los recicladores de oficio y de la

industria del reciclaje del plástico en Colombia, evaluando los métodos de recolección implementados actualmente por empresas del sector.

En primer lugar, se realizará una revisión de fuentes documentales, las cuales se componen esencialmente de artículos, capítulos de libros, documentales y noticias con una temporalidad no mayor a 10 años y que abarquen un área geográfica global. El objetivo del análisis de la literatura es extraer información que permita contextualizar a nivel nacional e internacional acerca del manejo del PET, del funcionamiento de la logística inversa y verde, de la gestión sostenible adoptada por organizaciones a nivel nacional e internacional y de los diseños de redes logísticas que contemple la minimización de la variable costo.

En segundo lugar, se analizarán informes empresariales y gubernamentales en Colombia, que permitan identificar cómo se ha realizado el manejo y gestión de los residuos plásticos a base de PET en Bogotá y en la localidad de Suba para así analizar a profundidad la industria del reciclaje en la ciudad e identificar las normativas medioambientales, proyectos de ley o lineamientos jurídicos que se deben tener en cuenta para que el proyecto sea exitoso.

En tercer lugar, se realizará una serie de entrevistas sustentadas en las dos fuentes de información mencionadas anteriormente y dirigidas a diferentes empresas y actores vinculados al sector del plástico reciclado que posean una alta incidencia y relevancia en la industria y que brinden una perspectiva fiel del contexto actual en el que se trabajará y para el cual se diseñará el modelo de recolección. Estas entrevistas serán realizadas vía online a través de la plataforma “Zoom”, las cuales serán gestionadas mediante llamadas y correos electrónicos. Los nombres de las personas entrevistadas serán totalmente anónimos, pues no requerimos de ningún dato de contacto para la elaboración del análisis. Los entrevistados serán conscientes de que los datos que brinden serán utilizados para la elaboración de un estudio con fines meramente académicos. Todas las entrevistas realizadas tendrán una duración media de 1.5 horas y se

llevarán a cabo en colaboración de las siguientes entidades: La Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), el Compromiso Empresarial para el Reciclaje (CEMPRE), Punto Azul, EKORED, Postobón, EcoWorks y la ANDI Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. Durante el desarrollo del documento se traerá a colación fragmentos de las entrevistas realizadas a dichas empresas y demás actores de la industria y de la academia. Esto se logrará identificar gracias a que las citas en cuestión contendrán las palabras “comunicación personal”; para obtener más información acerca de los cuestionarios referentes a las preguntas realizadas durante las entrevistas podrá remitirse al *anexo E*.

Finalmente, se realizará un estudio observacional dirigido a la localidad de Suba para identificar la existencia y cantidad de puntos de recolección de residuos plásticos en los almacenes de cadena, parques y las tiendas de conveniencia, así como la efectividad de estos. Este estudio observacional descriptivo permitirá representar el desempeño poblacional, realizar pronósticos con base en el comportamiento actual y las tendencias, y determinar la estadística descriptiva de variables esenciales en la gestión y desarrollo de todo el proyecto; en esta etapa, se pretende contar con la información suficiente para poder determinar la coherencia del proyecto o si es necesario realizar ajustes en determinados planteamientos.

Con base en esta información, se analizarán los aspectos esenciales que debe incluir el modelo a fin de que supla las necesidades de la localidad y cumpla con las expectativas de la comunidad.

1.5 Resultados esperados

Se diseñará un sistema costo-eficiente y sostenible de recolección, clasificación e inspección de material PET aprovechable en la localidad de Suba, que pueda ser de utilidad y permita el surgimiento de iniciativas de inversión y financiamiento por parte de los agentes

recicladores, el gobierno o cualquier otro particular interesado en gestionar un negocio que es lucrativo y sostenible por igual. Asimismo, este diseño piloto podrá ser ajustado a fin de que sea útil para otras localidades en la ciudad. Se espera además que el diseño propuesto pueda mitigar el impacto ambiental que generan los desechos plásticos a base de PET, reduciendo así el flujo de estos en vertederos y océanos.

2 Justificación

El presente documento tiene por objetivo idear, desarrollar y concretar un modelo de recuperación de plástico en el contexto colombiano que permita hacer frente a la problemática medioambiental a nivel nacional e internacional ocasionada por una excesiva producción y acumulación de material plástico, la cual se ha transformado progresivamente en una gran amenaza para el equilibrio y sostenibilidad ambiental al igual que para la salud y el bienestar de la humanidad. Es por esto que, se trabajará bajo un marco de sostenibilidad, abordando así una línea novedosa e importante de investigación enfocada en la resolución de conflictos y problemas generados por la limitada estructuración del sistema de gestión y recuperación de residuos en el país, además, del escaso nivel de conocimiento y culturización en lo referente a los impactos nocivos per cápita ocasionados por la inadecuada disposición de los residuos plásticos.

Lo mencionado anteriormente, se llevará a cabo en vista de la creciente tendencia que se ha generalizado a nivel mundial en lo referente al cuidado del medio ambiente y al derecho que tienen las futuras generaciones de disfrutar de un ambiente sano, limpio y próspero. El reconocimiento al daño que está generando el plástico en el planeta tierra está latente, haciendo que millones de personas fomenten la importancia de la producción y el consumo consciente, con el fin de preservar los recursos renovables y no renovables, y evitar la excesiva generación

de residuos e invasión de estos en nuestros ecosistemas naturales. Así mismo, los gobiernos han trabajado fuertemente para promover dicha iniciativa y encaminarse a un futuro sostenible. En el caso de Colombia, el gobierno está desarrollando y gestionando la implementación de diferentes líneas de acción en un marco de cinco años para hacer frente a la problemática generada por los productos plásticos de un solo uso, algunas de ellas son: “la sustitución gradual de materiales de productos de un solo uso, el fortalecimiento de la cadena de aprovechamiento y la promoción de productos reutilizables en establecimientos de comercio” (Márquez et al., 2021, p.24), las cuales, como se puede observar, tienen un gran impacto y relación en el desarrollo y fortalecimiento del proyecto.

Sobre las consideraciones anteriores, el diseño del modelo de recuperación de plástico se justifica esencialmente bajo dos aspectos principales que son en primer lugar, la excesiva cantidad de material plástico se encuentra disperso en los ecosistemas del mundo afectando gravemente el ciclo de vida de todas las especies que habitan el planeta tierra, ya que aproximadamente, tan solo un 9% del total del plástico producido es reciclado, y el 12% incinerado, haciendo que el restante termine acumulándose tanto en rellenos sanitarios, como en espacios naturales de manera aleatoria (BBC Mundo, 2017). Y, en segundo lugar, la gran oportunidad y conveniencia que tiene dicho material, una vez procesado y transformado nuevamente en materia prima, para la producción de bienes totalmente nuevos y funcionales; se presume que un modelo de recuperación eficiente y a gran escala podrá ser altamente competitivo y atractivo en gran variedad de industrias. Ahora bien, ¿Por qué PET (Polietilentereftalato)? El PET es un material plástico con propiedades de resistencia, durabilidad, transparencia y no toxicidad (Acoplásticos, s. f.) que lo hacen sumamente utilizado para la fabricación de productos de un solo uso en industrias como lo son la del cuidado personal, la salud, la alimentación, etc. Además, gracias a dichas propiedades, el PET tiene la capacidad de ser reciclado e integrado nuevamente a la cadena económica en forma de materia

prima, con altos estándares de calidad y cumpliendo las mismas funciones que la materia prima virgen. Igualmente, es importante señalar que este material pertenece al grupo de los cuatro tipos de plástico que más se demanda en el mercado, que incluye el PE (Polietileno), PET (Polietilentereftalato), PP (Polipropileno), PVC (policloruro de Vinilo) (Greenpeace, s. f.).

En este sentido, el desarrollo de este trabajo busca de manera realista y acorde al contexto colombiano, proporcionar un plan de acción a todas aquellas personas naturales o jurídicas que estén considerando orientar sus actividades a unas más sostenibles, hacer frente a la crisis sanitaria y medioambiental generada por la extralimitación de los residuos sólidos, recibir mayor reconocimiento por parte de los consumidores actuales y potenciales, y obtener beneficios fiscales.

3 Contextualización, modelo de negocio del PET y de la industria del plástico

El modelo de Negocio de PET en el contexto colombiano es un complejo que hace parte de una macro cadena de suministro. Para empezar, es importante destacar que la industria productora de productos elaborados a base de plástico representa el 4,1% del PIB colombiano, ocupando así el sexto puesto en el ranking de las industrias que más contribuyen al PIB del país (DANE, 2019). Entendiendo la importancia de la industria de plásticos en Colombia, es importante caracterizar con alto nivel de detalle la cadena de valor y de suministro, así como sus procesos esenciales.

3.1 Industria del reciclaje del PET

En la otra cara de la moneda, la industria del plástico en general y, con más severidad la del PET, posee un mercado subyacente bajo el cual se promueve otro modelo de negocio: el reciclaje de residuos plásticos. En primer lugar, es importante hacer énfasis en que el mercado

del plástico reciclado desarrolla una actividad comercial altamente infravalorada y que progresivamente se torna mucho más competitiva en la medida en que los consumidores, gobiernos y organizaciones se involucran de forma proactiva en la cadena de valor del reciclaje del plástico. Es tan infravalorada la industria del reciclaje del PET que en una redacción del Clúster de Comunicación Gráfica de la Cámara de Comercio de Bogotá (2019) se estima que “Colombia entierra anualmente 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reciclar” (párr.1). Cuando hablamos del contexto general de la industria del reciclaje del PET, es factible aseverar que es una industria con gran potencial cuyos obstáculos más grandes se encuentran en los altos costos operativos en los que se incurre cuando la ciudadanía no hace parte activa de la cadena de suministro. Ahora bien, también es importante tener claro cuál es la oferta de residuos plásticos en potencia que puede ser generada por los consumidores. En palabras de la procuraduría general de la nación (2019) “cada colombiano usa dos kilos de plástico al mes” (párr.1) y de este plástico tan solo se recicla un 7%; el 93% restante de los plásticos es desechado en los rellenos sanitarios, que al año 2021 están al borde del colapso en gran parte de las ciudades del país (Cámara de Comercio de Bogotá, 2019).

La gran mayoría de las empresas que hacen parte de la industria de plásticos reciclados se enfocan en resinas como el PET, HDPE, PVC, LDPE, PP o PS; puesto que su rentabilidad y facilidad para ser recicladas son bastante altas. En este documento se busca enfatizar principalmente en las condiciones particulares del PET, así como en el panorama general de su reciclaje. En el contexto colombiano la tasa de reciclaje de PET es sumamente baja, según el informe anual del año 2019 emitido por la agremiación de las cadenas productivas químicas Acoplásticos, se estima que únicamente el 25% de las resinas PET que se emplean en la fabricación de envases plásticos son recicladas (Acoplásticos, 2020). Esta problemática recae en un gran número de barreras que no permiten garantizar un equilibrio entre el costo y la cantidad de plástico recolectado que puede ser reciclado, razón por la cual son pocas las

empresas que logran desarrollar ventajas competitivas bajo estas condiciones (Cámara de Comercio de Bogotá, 2019). Pese a la problemática mencionada anteriormente, existe una tendencia generalizada a nivel mundial en pro del desarrollo de iniciativas que mitiguen el impacto medio ambiental de todo tipo de productos, especialmente aquellos elaborados a base de plástico. Grandes empresas como Coca Cola, PepsiCo, Postobón, Alpina y muchas otras que dependen de los plásticos intermedios para la comercialización de sus productos han logrado cifras importantes para que sus procesos productivos sean menos perjudiciales para el ambiente. Por ejemplo, Silvia Barrero, la vicepresidenta legal y de asuntos corporativos de Coca Cola FEMSA Colombia, afirma que el 20% de la resina utilizada en la fabricación de los envases es reciclada; Postobón en el año 2015 utilizó una cantidad de resinas recicladas equivalentes a 120 millones de botellas plásticas; El 92% de los empaques que utiliza Alpina son reciclables desde 2015 y así como estos existen muchos ejemplos más (Editorial La República S.A.S, 2016). También es importante tener presente que incluso las compañías que no intervienen directamente en la producción de plástico se suman a esta tendencia para alcanzar mejores índices en cuanto a la gestión de residuos plásticos. Por ejemplo, Sodimac logró reducir en un 60% el consumo de bolsas plásticas en sus establecimientos y el Grupo Éxito en el año 2014 recicló más de 22.000 toneladas de residuos (Editorial La República S.A.S, 2016).

Aunque existen iniciativas encaminadas a generar grandes beneficios sociales y ambientales, lo cierto es que la gran mayoría de empresas no pueden mantenerse competitivas mientras desarrollan propuestas comerciales encaminadas a la sostenibilidad, por esta razón, es fundamental para todos los agentes que están directamente relacionados con el reciclaje de residuos plásticos PET conocer y acceder a todos los beneficios que este tipo de modelos de negocio les pueden brindar.

4 Cadena de suministro de la industria del plástico

El presente apartado tiene como objetivo contextualizar al lector acerca de la composición de la cadena de suministro en la industria del plástico para así, esclarecer la manera en que cada eslabón genera impacto significativo en la adquisición del producto final por parte del cliente. Para ello, se iniciará dando una breve definición de la cadena de suministro tomada de The Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) (s. f.):

Intercambios de material e información en el proceso logístico que van desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de productos terminados al usuario final. Todos los vendedores, proveedores de servicios y clientes son eslabones de la cadena de suministro. (p.186)

En pocas palabras, la cadena de suministro es una representación de las actividades unificadas en pro de la elaboración de un bien o servicio final; contempla una gran diversidad de actividades, entidades, recursos y flujos de información, que, gestionados estratégicamente, permiten la plena satisfacción de las necesidades del cliente final. A continuación, en la *figura 1*, se puede observar una representación gráfica de la cadena de suministro de la industria plástica.

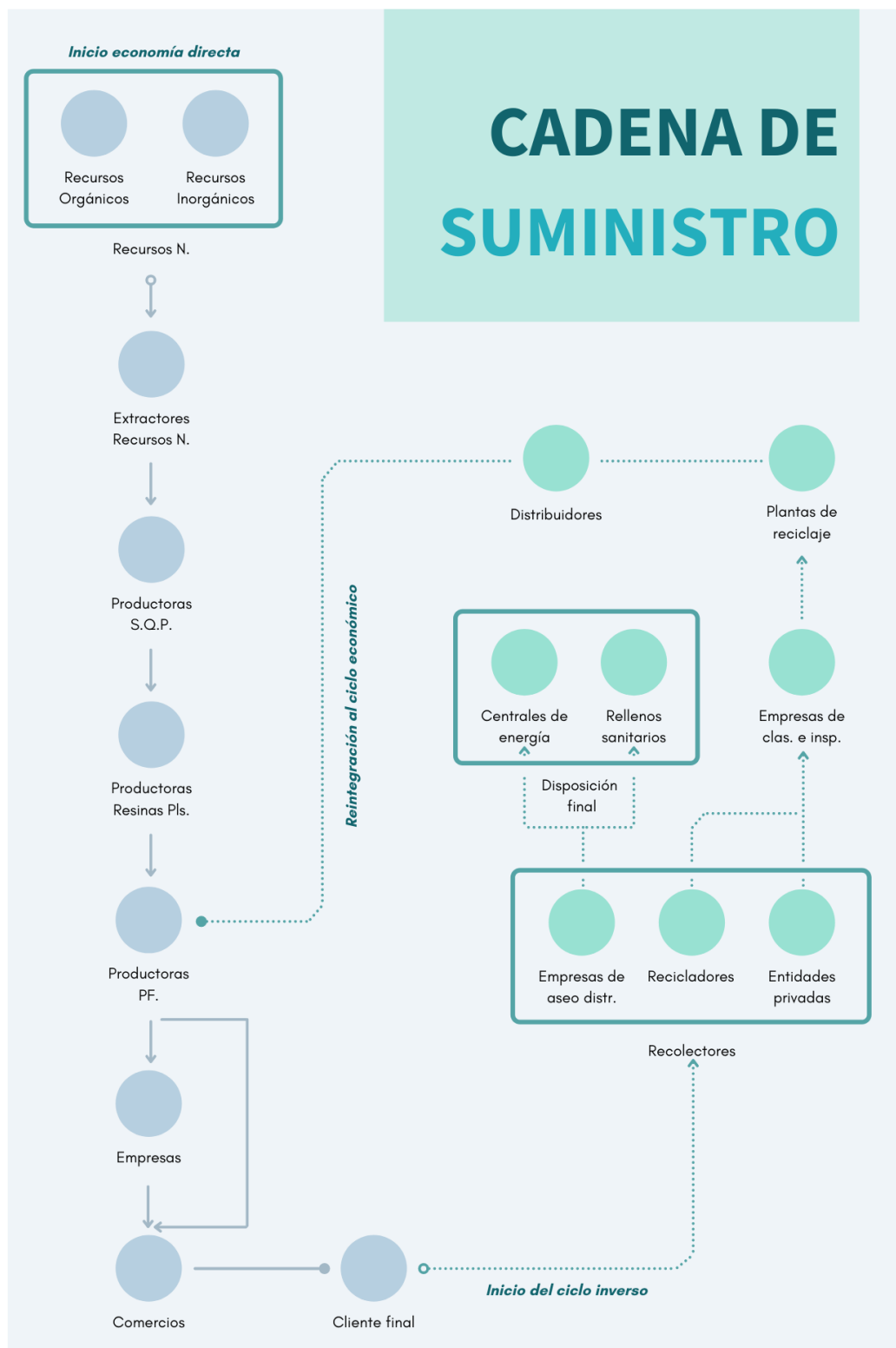


Figura 1. Representación cadena de suministro de la industria plástica.

Las siglas S.Q.P. hacen referencia a “Sustancias Químicas Primarias”; Las siglas PF. hacen alusión a “Producto Final”; Recursos N hace referencia a “Recursos Naturales”; Resinas Pls hace referencia a “Resinas Plásticas”; Las siglas distr. hacen referencia a “Distrital”; Empresas de clas. e insp. Hace referencia a “Empresas de Clasificación e Inspección”.

Fuente: Elaboración propia.

En la industria del plástico es usual hablar de la cadena de suministro directa e inversa; en primer lugar, la cadena directa contempla todas aquellas actividades y flujos de recursos e información que se agrupan esencialmente en tres grandes actividades primarias que son la extracción de los recursos naturales, la producción de materiales y productos plásticos, y finalmente la distribución y comercialización a clientes finales; en segundo lugar, la cadena inversa contempla todos aquellos eslabones presentes principalmente en tres grandes actividades que son la recuperación y clasificación de residuos plásticos, el procesamiento y fabricación de resinas plásticas recicladas, y finalmente la distribución y comercialización a clientes finales. Como se puede observar en la parte izquierda de la *figura 1*, los eslabones pertenecientes a la cadena directa (color gris) son: En primer lugar, los Extractores de Recursos Naturales, los cuales se encargan principalmente de obtener recursos esenciales para la fabricación del plástico como lo son el petróleo, gas, carbón, sal o demás recursos biológicos (GQSP Colombia, 2020). En segundo lugar, las Productoras de Sustancias Químicas Primarias, las cuales se especializan en la formación de sustancias aptas para la consolidación y generación de resinas con gran variedad de cualidades; dichas sustancias pueden ser olefinas, aromáticos, aditivos, colorantes, etc. (GQSP Colombia, 2020). En tercer lugar, las Productoras de Resinas Plásticas que, junto con las sustancias primarias mencionadas anteriormente, desarrollan procesos de química especializada que facilitan la generación de resinas plásticas como lo pueden ser el Poliuretano, Polietileno, PVC, Polipropileno, PET, Poliestireno, etc. (GQSP Colombia, 2020). En cuarto lugar, las Productoras de los Bienes Finales, las cuales se encargan de originar productos de diferente tamaño, color y capacidad de resistencia dependiendo de las exigencias del cliente final, cabe resaltar que dichos productos traen consigo un distintivo que informa a los consumidores el tipo de resina implementada para la elaboración de dicho producto (*figura 2*).



Figura 2. Clasificación de los diferentes tipos de resina plástica.

Fuente: Adaptado de Cámara Argentina de la Industria Plástica (s. f.).

En el caso del PET, prima la fabricación de productos de un solo uso para la industria alimenticia y de cuidado personal tales como empaques, envases o botellas, sin embargo, la variedad de productos que se derivan gracias al PET y a otras resinas plásticas es inmensurable, por ende, se asume que unos productos que resultan de las productoras de bienes finales a base de plástico, se distribuyen al por mayor a grandes empresas que utilizan el plástico como un complemento a sus productos esenciales, por ejemplo: botellas, envases, empaques, piezas, etc. (figura 3) Otros bienes finales a base de plástico se distribuyen directamente a empresas comercializadoras, puesto que dichos productos ya cuentan con la forma, las características y las funcionalidades requeridas por los usuarios finales, por ejemplo: juguetes, forros, moldes, etc. (figura 4).



Figura 3. Ejemplo de producto plástico complementario.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. Ejemplo de producto plástico primario.

Fuente: Elaboración propia

En quinto lugar, otro eslabón de la cadena directa de la industria plástica son los Comercios, los cuales se encargan de almacenar, exhibir, promocionar y proveer el producto al cliente final, algunos ejemplos de los diferentes tipos de comercios existentes se pueden observar en la *tabla 1*, cabe resaltar que dichas entidades emprenden múltiples negociaciones con las diferentes productoras con el fin de que ambas partes obtengan un margen de ganancia proporcional a su poder de negociación y que se logre satisfacer las necesidades de los consumidores en el tiempo requerido por los mismos.

Tabla 1.***Lista de comercios representativos de productos plásticos finales por canales de venta***

COMERCIOS				
Almacenes de cadena				
Tiendas de conveniencia				
Máquinas expendedoras				
Canales institucionales	 Empresas	 Colegios	 Universidades	 Hoteles
Est. de comida y ocio	 Restaurantes	 Bares	 Cines	 Parques
Mom & Pop store	 Alimentos	 Belleza	 miscelánea	 Papelería

Fuente: Elaboración propia

Por último, el cliente final es el eslabón de la cadena directa que adquiere bien sea un producto que utilice el plástico de forma complementaria (*figura 2*) o productos finales que estén compuestos de plástico en su totalidad (*figura 3*).

Ahora bien, como se puede observar, la parte derecha de la *figura 1* (color verde) representa los eslabones que ejercen operaciones inversas con el propósito de extender la vida útil de los materiales plásticos inherentes a productos que han sido desechados. Aquellos eslabones son: En primer lugar, las entidades o personas recolectoras las cuales se encargan de aglomerar productos plásticos que han sido desechados y son susceptibles a ser recuperados a través de procesos específicos en los centros de reciclaje. Dichas entidades o personas por lo general son las empresas de aseo distrital, los recicladores o empresas privadas que implementan diferentes técnicas de recolección de los residuos. Algunos de estos

(especialmente los recicladores), recorren zonas específicas de la ciudad haciendo énfasis en lugares con mayor concentración de residuos como lo pueden ser conjuntos residenciales, restaurantes, parques distritales, etc. Es preciso señalar que, con el fin de obtener una mayor cantidad de residuos, en este proceso se realiza una preselección “rápida” de materiales para evitar transportar y entregar productos con poca capacidad de reciclaje. Igualmente, existen entidades que instalan en zonas estratégicas contenedores para estimular el reciclaje y la correcta clasificación en la ciudadanía, esto favorece de cierta manera la velocidad de recolección y la reducción de costos de clasificación, puesto que, en un comienzo, al tener clara la ubicación de los contenedores y la frecuencia en que se llenan, se pueden definir estrategias de enrutamiento óptimas y hacer uso de medios de transporte que se adecuen a las cantidades promedio de residuos proporcionadas por la comunidad; y posteriormente, al educar a la comunidad, la actividad de preselección se traslada a ellos haciendo que el proceso de clasificación e inspección minimice el margen de error. En segundo lugar, existen empresas que llevan a cabo negociaciones con distintos comercializadores con el fin de situar en sus instalaciones máquinas o contenedores para que los usuarios depositen residuos específicos y reciban algún incentivo a cambio. empresas de clasificación e inspección que se encargan de recibir, preseleccionar, seleccionar e inspeccionar los residuos plásticos con el objetivo de que no se mezclen materiales y se infracien los plásticos; estas actividades se pueden llevar a cabo de forma manual o con apoyo de la tecnología; en donde la primera se caracteriza por reunir los materiales en una banda transportadora, tener personal capacitado que lo preseccione y finalmente implementar técnicas como la de “hundimiento-flotación”; y en donde la segunda se caracteriza por implementar herramientas tecnológicas avanzadas para la selección de materiales que estén apoyadas de la evolución de la industria 4.0, algunas de estas herramientas pueden ser la Espectroscopía de Infrarrojo Cercano o la Robótica, las cuales apoyan y automatizan los procesos. En tercer lugar, las plantas de reciclaje son aquellas encargadas del

proceso de recuperación del material proveniente de residuos plásticos en buen estado con el fin de transformar el producto en su material esencial, para así, introducirlo nuevamente en la cadena de suministro como materia prima. En cuarto lugar, las empresas distribuidoras de resinas plásticas, las cuales se encargan principalmente de la gestión de pedidos. Es importante mencionar que, para este tipo de actividades, en la cadena de suministro, se puede contar con el apoyo de diferentes operadores logísticos como lo son el 1PL, 2PL, 3PL o 4PL; dichos operadores son detallados a mayor profundidad en la *tabla 2*. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que este eslabón es esencial para la gestión rápida y oportuna de las respuestas y para lograr mayor competitividad frente a las resinas a base de materias primas vírgenes.

Tabla 2.

Tipología de operadores logísticos


1PL	First Party Logistics es el nivel de operación en el que la empresa por si misma administra todas las actividades relacionadas al almacenaje, recepción, distribución y seguimiento de mercancía, además, cuenta con los recursos como lo son el personal, los medios de transporte, bodegas de almacenamiento, etc.
2PL	Second Party Logistics es el operador logístico encargado de tareas como lo son el almacenamiento y distribución. Esto se da gracias a un proceso de subcontratación y externalización, sin embargo, el contratante cuenta con el 100% del control de las operaciones.
3PL	Third Party Logistics es el operador logístico encargado de una amplia variedad de tareas específicas relacionadas a la logística de distribución como lo son el seguimiento y preparación de mercancía, el transporte, la gestión en centros de almacenamiento y distribución, etc. En este nivel, el operador logístico brinda su propia flota de transporte, su personal capacitado, sus centros de almacenamiento y demás, haciendo de esta gestión una más sencilla para la empresa contratante.
4PL	Fourth Party Logistics es el operador logístico que cuenta con servicios de asesoría y supervisión en operaciones logísticas de toda la cadena de suministro con el fin de cumplir con las expectativas en el mercado. El 4PL por lo general es quien desarrolla y gestiona todos los procesos de la cadena de suministro para luego apoyarse de un 3PL en la ejecución de la misma. En pocas palabras, su objetivo es desarrollar estrategias óptimas en actividades logísticas para luego si delegarlas y hacerles su respectivo seguimiento y control.

Fuente: Adaptado de Czischke (2018).

Como se pudo observar anteriormente, la cadena de suministro cuenta con una gran diversidad de eslabones, que, gracias al uso actual que se le da al plástico y a las amplias oportunidades que ofrece dicho material, no solo abarcan una economía lineal en donde se extrae, fábrica y entrega a los consumidores bienes materiales para que después sean desechados, sino que, contemplan la oportunidad de integrarse en una economía circular en donde los residuos tengan cuantiosas oportunidades de extender su vida útil y permanecer en un ciclo cerrado sin contacto alguno con el medio ambiente.

4.1 Actividades generadoras de valor de la cadena directa

Inicialmente, la cadena de valor del plástico en Colombia se describe de acuerdo con cuatro conceptos esenciales, que son: Recursos Naturales; Cadena de Suministro; Actores de la Cadena de Valor; y las Entidades de Apoyo, que también hacen parte de la cadena de valor pero se detallarán en el sub-índice 5.2.4 titulado: “Entidades de apoyo de la cadena directa e inversa”.

4.1.1 Recursos Naturales.

Los Recursos Naturales se subdividen en 2 categorías denominadas como “Recursos Naturales Inorgánicos” y “Recursos Naturales Orgánicos” (GQSP Colombia, 2020). Los Recursos Naturales Orgánicos comprenden aquellos recursos procedentes de seres vivos tales como animales, plantas y combustibles fósiles (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015). Los Recursos Naturales Inorgánicos son aquellos recursos que se crean a partir de materiales no vivos tales como el agua, el aire, la luz solar y los minerales (Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015).

4.1.2 Cadena de suministro

La Cadena de Suministro comprende 4 eslabones fundamentales, que son: Extracción de Recursos Naturales; Elaboración de Sustancias Químicas Primarias; Formación de Resinas a partir de Química Especializada y; finalmente la Elaboración de Productos Finales Plásticos (GQSP Colombia, 2020).

La Extracción de Recursos Naturales comprende la adquisición de todas las materias primas necesarias para la producción del plástico. Las materias primas más comunes para la

elaboración del plástico son el petróleo, el gas, los recursos biológicos u orgánicos, el carbón, la sal y los residuos reciclados y reutilizados. Cabe destacar que para las últimas materias primas mencionadas no se efectúa un proceso de extracción sino de recolección y posteriormente de recuperación (GQSP Colombia, 2020). Luego de la Extracción de Recursos Naturales se elaboran las Sustancias Químicas Primarias (S.Q.P.) mediante un proceso de destilación primaria y de transformación química. Las principales sustancias químicas primarias que componen el plástico son: las Olefinas, Aromáticos, Colorantes y finalmente Otros Aditivos y Sustancias Químicas (GQSP Colombia, 2020). Después de que se elaboran las Sustancias Químicas Primarias, se elaboran las resinas en forma de Pellet mediante procedimientos de química especializada. Estas resinas son la materia prima de los productos finales elaborados a base de plástico y existen 5 tipos: Poliuretano, Polietileno, Cloruro de Vinilo (PVC), Polipropileno, Poliestireno y Polietilentereftalato (PET). Su elaboración se realiza mediante tres procesos esenciales que son la condensación, polimerización y adición (GQSP Colombia, 2020). Finalmente, luego de obtener las resinas en forma de Pellet se fabrican los productos finales elaborados a base de plástico. Existen 2 categorías de productos finales: los intermedios (*figura 3*) y los que van dirigidos al consumidor final (*figura 4*). Los productos intermedios más comunes son los envases, los vasos, las bolsas y las botellas. Por otra parte, los productos al consumidor más comunes son los juguetes, las tuberías y los tanques. Los productos intermedios se elaboran a través de una metodología de trabajo de alta presión, la cual involucra 3 procesos esenciales: Compresión, Extrusión e Inyección. Los productos al consumidor se elaboran a partir de una metodología de trabajo de baja presión, la cual comprende 5 procesos: termoformado, colada, calandrado, soplado y espuma (GQSP Colombia, 2020).

Cabe destacar que a la cadena de suministro pertenecen también los comercializadores de los productos finales elaborados a base de plástico, pero estos no hacen parte de la cadena de valor puesto que no inciden significativamente en los procesos de transformación.

4.1.3 *Actores de la cadena de valor*

Los actores de la cadena de valor se agrupan en función de su participación en la misma. A continuación, en la *figura 5*, se detallan los actores de la cadena de valor segmentados en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro del plástico (GQSP Colombia, 2020):

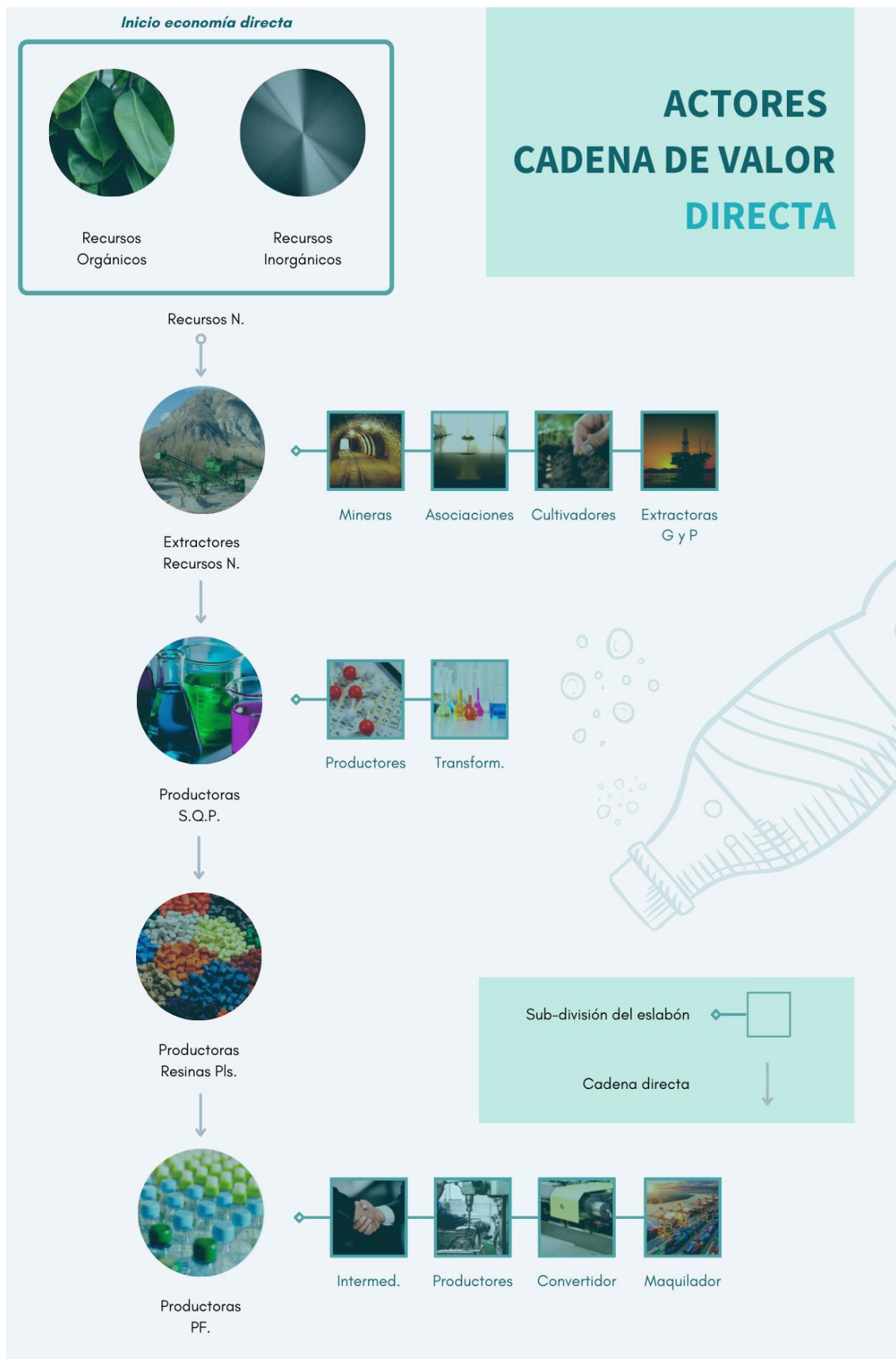


Figura 5. Actores de la cadena de valor directa de la industria plástica.

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 *Actividades de apoyo cadena directa*

4.1.4.1 Transporte y distribución.

En la cadena directa de la fabricación de productos plásticos se suelen utilizar dos tipos de transporte terrestre, que son el transporte de carga a granel y el transporte de carga seca. El transporte de carga a granel es el más utilizado para el transporte de resinas plásticas, ya que este producto es lo suficientemente resistente como para contenerse a sí mismo sin requerir de ningún tipo de protección adicional. Transportar las resinas plásticas de forma directa y a granel permite ahorrar una gran variedad de costos logísticos, entre los cuales se encuentran aquellos asociados a operaciones de embalaje y cargue de la mercancía, puesto que es mucho más sencillo adecuar modelos de cargue eficientes semiautomáticos que reduzcan los costos logísticos. Para el transporte de carga a granel se pueden utilizar dos tipos de camiones, que son la granelera y la tolva. Sin embargo, la granelera suele ser más eficiente puesto que las resinas plásticas son un material liviano y, por lo tanto, requiere que los camiones en los que serán transportadas tengan una mayor capacidad en volumen que en peso.

Por otra parte, para el transporte de los productos plásticos finales que se distribuyen a los centros de distribución o puntos de venta, lo más conveniente suelen ser los medios de transporte de carga seca. Esto debido a que, a diferencia de las resinas plásticas, este producto debe cumplir con altos estándares de presentación para que sean adquiridos por los consumidores finales y muchos de ellos contendrán productos comestibles, ya sean líquidos o sólidos, que deben permanecer en perfectas condiciones y no ser expuestos al ambiente para cumplir con las normas y reglamentaciones referentes a la salubridad. Teniendo esto en cuenta, este tipo de mercancía debe ser previamente embalada y alistada para posteriormente ser transportada en un camión que cuente con una cabina o “Caja” que aisle la mercancía del entorno. Con este fin existen una gran variedad de camiones que pueden ser óptimos para el

transporte de este tipo de carga (Volca, 2019). Sin embargo, la elección entre uno y otro dependerá del volumen y del peso de la carga que será transportada. Para escoger adecuadamente el camión que se debe utilizar para el transporte de los productos plásticos finales, en primer lugar, se debe establecer si la carga es de alto peso o de alto volumen. La mayoría de los productos plásticos se consideran carga de alto volumen, puesto que ocupan una gran cantidad de espacio, pero son muy livianos, esto quiere decir que el transporte a escoger será aquel que cuente con la restricción de volumen más cercana a las dimensiones de la mercancía y que cuente con la capacidad de peso mínima para transportarla. Aun así, los productos plásticos de uso complementario como empaques y envases pueden almacenar productos de alto peso, razón por la cual el criterio de selección del medio de transporte óptimo será el peso.

En la *tabla 3* se presentan las distintas opciones que existen para el transporte de resinas y productos plásticos finales.

Tabla 3.

Tipología de medios de transporte para resinas plásticas y productos finales

TRANSPORTE		
Resinas Plásticas	Granelera	
	Tolva	
Productos plásticos Finales	Caja Cerrada	

Fuente: Elaboración propia

Como se describe en la tabla anterior, existen 3 tipos de contenedores para el transporte del plástico, ya sean resinas o productos finales. Es importante tener en cuenta que, dependiendo del volumen y peso de la carga, será necesario utilizar camiones con más ejes de los presentados en la figura.

4.1.4.2 Ventas

Las ventas son una actividad de apoyo fundamental de la cadena de valor de cualquier industria, puesto que los canales de venta determinan la forma en la que el consumidor accederá al producto que desea. Los canales de ventas, dado su rol y las características que los conforman, pueden influenciar en gran medida a los consumidores para que mantengan o cambien sus hábitos de consumo durante largos periodos de tiempo. Debido a esta condición, es de suma importancia tener presente aquellos canales en los que se comercializan cantidades significativas de productos elaborados a base de plásticos, en la *figura 6*, se podrá evidenciar aquellas industrias con mayor número de transacciones correspondientes a los plásticos intermedios, es decir, aquellos plásticos que son complementarios al producto que se está ofreciendo como lo son empaques y envases.

A continuación, se enlistarán los principales consumidores de materiales plásticos en Colombia entre el año 2017 y 2019 en función de su sector industrial.

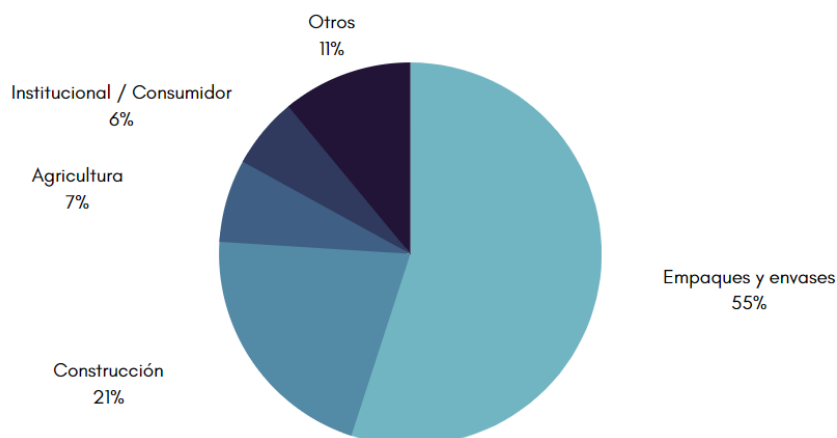


Figura 6. Consumo de las principales industrias demandantes de materiales plásticos en Colombia.

Fuente: Adaptado de Acoplásticos (2020)

Como se puede apreciar en la figura anterior, el sector de empaques y envases es el que más materias plásticas consume con un 55%, por otro lado, el sector institucional y del consumidor tan solo representa un 6% de las materias plásticas que se consumen, siendo el sector de menos consumo.

Cuando se habla de ventas, es indispensable conocer los canales mediante los cuales los consumidores finales adquieren productos plásticos. Como se mencionó anteriormente, el sector de los empaques y envases representa más de la mitad de los plásticos consumidos y es precisamente en este sector donde se concentra el mayor uso de las resinas PET. Debido a esto, en la *tabla 1* se enlistan los canales de ventas más representativos y conocidos por los consumidores colombianos en donde una cantidad importante de productos se comercializan haciendo uso de productos finales e intermedios de plástico. En la *tabla 1*, los canales de venta se clasifican en: Almacenes de Cadena, Tiendas de Conveniencia, Máquinas Expendedoras, Canales Institucionales y Establecimientos de Comida y Ocio.

4.1.4.3 Tecnología

La tecnología que es utilizada en la industria del plástico para la fabricación de productos a base de este material se utiliza en torno a los procesos productivos que se deben emplear para la elaboración del producto final. Dependiendo del producto deseado, la tecnología empleada en los distintos procesos puede cambiar y ser modificada. Por lo tanto, en este apartado se enlistará la tecnología empleada en cada uno de los procesos más habituales en la elaboración de productos plásticos.

El proceso general de la fabricación de plásticos contempla 2 etapas esenciales, que son la extrusión y la inyección. También existen otros procesos asociados que varían en función del producto que se quiera fabricar. La extrusión es un proceso mediante el cual se busca someter un material termoplástico a alta presión para que pueda ser utilizado en la elaboración de productos de formas poco complejas como tubos, películas, hojas plásticas, etc. Para la ejecución de este proceso se utiliza un extrusor, el cual se puede visualizar evidenciando sus componentes esenciales en la *figura 7* presentada a continuación (Mariano, 2011a).

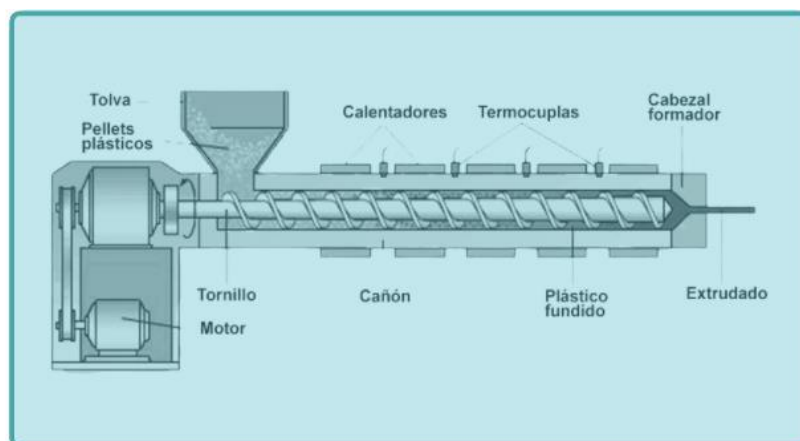


Figura 7. Máquina de extrusión de materiales plásticos.

Fuente: Tomado de Mariano (2011a)

Una vez caracterizado el proceso de extrusión se debe tener presente el proceso de inyección. Este consiste en fundir termoplástico para que pueda ser utilizado por una máquina

inyectora que dispondrá el material en las cavidades huecas de un molde. Es gracias a este proceso que el plástico puede adoptar formas complejas y por lo tanto es utilizado en la elaboración de productos complejos. La máquina inyectora o máquina de moldeo por inyección se puede detallar en la *figura 8* que se presenta a continuación (Mariano, 2011c).

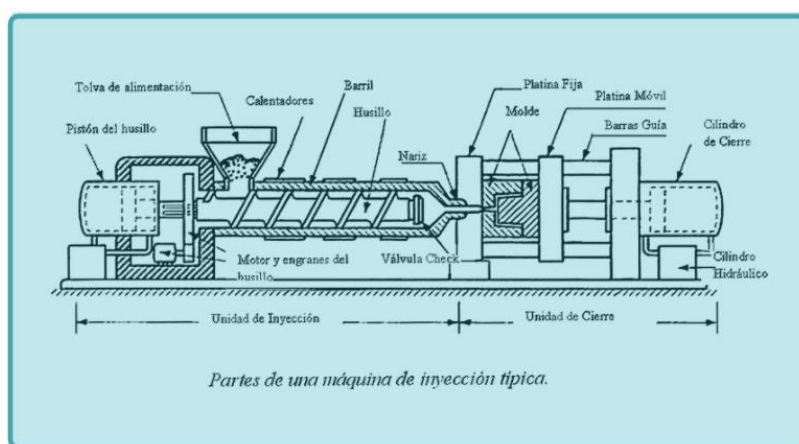


Figura 8. Máquina de inyección de materiales plásticos.

Fuente: Tomado de Mariano (2011c)

Finalmente, dependiendo de las características particulares de los productos plásticos se deben utilizar tecnologías y procesos adicionales para dotar al material plástico de las características que se requieran. Dentro de esta categoría de productos especiales se encuentran aquellos elaborados a partir de material reciclado, las botellas termoformadas, los laminados, los filamentos para impresión 3D, entre muchos otros (Mariano, 2011b).

Una vez mencionados los aspectos generales de las actividades generadoras de valor, es importante destacar que existe una cadena inversa para la gestión y recuperación de residuos plásticos sumamente compleja que también se explicará y que además se profundizará en detalle en el siguiente apartado, pues es esencial en su rol como punto de partida para proponer un modelo de negocio de recuperación de residuos plásticos PET rentable y eficiente.

4.2 Actividades generadoras de valor de la cadena inversa

La cadena de valor inversa de la industria del plástico es la materialización de los esfuerzos de múltiples organizaciones por reintegrar a la economía el material plástico aprovechable que es desechado tanto por el consumidor final como por la gran mayoría de industrias existentes y que puede ser utilizado en la elaboración de nuevos productos que utilicen las resinas plásticas como insumo principal o complementario. Esta cadena está fuertemente conectada con la cadena directa de la industria del plástico y es importante tener en cuenta la interacción de ambas para diseñar un plan de recolección de residuos plásticos sólidos aprovechables de manera efectiva y práctica.

El proceso de recolección y recuperación es altamente complejo debido a la dispersión de la generación de residuos y la heterogeneidad de los componentes con la que cuentan los residuos de plástico; además, dicha actividad cuenta con agentes esenciales (*figura 9*) comenzando por los recolectores informales que la ejercen frecuentemente para así obtener una fuente de ingresos principal. Adicionalmente, se encuentran las organizaciones originadas a partir de planes gubernamentales que tienen por objetivo la gestión y control de los residuos. Igualmente, se encuentran las entidades privadas, las cuales juegan un papel esencial en la gestión de residuos ya que les brindan a las organizaciones y consumidores herramientas para el correcto manejo de los residuos (OECD, s. f.).



Figura 9. Agentes esenciales de la recolección y recuperación de residuos.

Fuente: Adaptado de OECD (2018)

Ahora bien, siguiendo el mismo orden lógico de la cadena de valor directa, esta cadena de valor se describirá teniendo en cuenta cuatro conceptos esenciales, que son: residuos plásticos tipo PET aprovechables; Cadena de Suministro; Actores de la Cadena de Valor; y las Entidades de Apoyo.

4.2.1 Residuos plásticos tipo PET aprovechables

Como se mencionó anteriormente, la esencia de las operaciones inversas en la industria del plástico es la efectiva recolección, clasificación y recuperación de residuos plásticos netamente aprovechables con el fin de proveer a las industrias insumos análogos a los provenientes de recursos naturales vírgenes. Lo que se espera es que una vez los residuos plásticos seleccionados pasen por un proceso de reciclaje y transformación en resinas, sean utilizados por las industrias para la producción de nuevos bienes con altos estándares de calidad, aprovechando así, los recursos invertidos en el proceso inicial de ese plástico (agua, energía, petróleo, etc.) que en su momento fue desechado, pero que, gracias a la cadena inversa, se extiende su vida útil.

Para tener un proceso de recuperación exitoso y obtener un insumo (resina de plástico reciclado) altamente competitivo en la industria, es necesario contar con un sistema de recolección con amplia cobertura y enrutamiento óptimo; formalidad del trabajo; sistema de comunicación e incentivos efectivos dirigidos a consumidores finales e industrias; localización estratégica del centro de operaciones con el fin de optimizar costo y tiempo; equipamiento y distribución adecuada para el correcto procesamiento de los residuos; y negociaciones duraderas y frecuentes con socios actuales y potenciales.

El objetivo es cerrar el flujo de los productos plásticos a base de PET y prevenir su contacto con los ecosistemas. Esto se logrará a partir de una comunicación constante y clara con los clientes de estos materiales para que opten por diseñar productos aptos para el reciclaje y concienticen a sus consumidores finales acerca de la importancia de la disposición adecuada de los mismos.

4.2.2 *Cadena de Suministro*

La Cadena de Suministro comprende tres eslabones fundamentales, que son: Recolección de materiales plásticos PET aprovechables; Clasificación e Inspección de dichos materiales; y el Reciclaje de residuos seleccionados para la formación de resinas plásticas.

La recolección es una actividad estratégica vital para el buen funcionamiento de las operaciones inversas y debe efectuarse de manera efectiva y óptima con el fin de obtener índices de rentabilidad atractivos. Existen múltiples métodos para la recolección de residuos susceptibles a ser aprovechados, algunos de ellos son: En primer lugar, la distribución estratégica de contenedores que faciliten a los consumidores finales una disposición adecuada y correcta, la cual se podrá llevar a cabo en diferentes espacios públicos o al interior de instalaciones como lo son centros comerciales, instituciones educativas, centros empresariales,

etc. Todo esto siguiendo la normatividad correspondiente y los acuerdos alcanzados con las distintas entidades privadas. En segundo lugar, la generación de incentivos en el punto de disposición que motiven a los consumidores finales a realizar una gestión correcta de residuos altamente aprovechables de manera frecuente. En tercer lugar, realizar asociaciones con empresas que proporcionen residuos a un costo mínimo. Para efectos de este proyecto, cabe resaltar que son diversos los residuos a base de PET susceptibles a ser recuperados ya que este material gracias a sus propiedades, es utilizado para la fabricación de gran variedad de envases o recipientes de los cuales su mayoría tienen la capacidad de extender su vida útil, es por esto que la estrategia de recolección debe adecuarse a aquellos productos de mayor uso como lo son los empaques alimenticios en los que priman las botellas, empaques de aderezos, bandejas, etc.; y los empaques no enfocados en alimentos en los que priman los de cosméticos, cuidado personal y detergentes (Forrest, 2016).

Por otro lado, la clasificación e inspección son procesos sumamente importantes para el correcto tratamiento de los residuos y para evitar que los materiales sean infraciclados, es decir, que pierdan valor o calidad una vez se conviertan nuevamente en resinas plásticas debido a la mezcla con otros componentes; el objetivo allí es asegurarse de que, por un lado, los residuos que serán procesados cuenten con todas las especificaciones para cumplir con cualidades semejantes a las de resinas a base de productos naturales vírgenes, y por otro lado, que los residuos que no cuentan con las cualidades necesarias para ser recuperados, sean depositados de manera adecuada, de forma tal que no generen complicaciones o efectos nocivos en el medio ambiente. Se presume que en la medida que evolucionan las tecnologías de clasificación, los niveles de purificación del plástico reciclado serán más altos, ya que se podrán separar más acertadamente los plásticos en mal estado y demás componentes que por lo general acompañan a los residuos como lo son: metales, papel, pegante, tintes, suciedad y rezagos de productos que se encontraban al interior del empaque (Forrest, 2016). Todo esto provocará

mayor competitividad de los productos a base de rPET, generará mayor confianza de la calidad de estos productos e incrementará los niveles de aceptación y formalización de la industria. Existen diferentes tecnologías para la separación y clasificación de plásticos las cuales en su mayoría se agrupan en las Tecnologías de Separación Espectroscópica, las Técnicas basadas en densidad, y la Separación Electrostática. Dentro de la Separación Espectroscópica se encuentran tecnologías tales como la Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (Sensor-based NIR) (*Figura 10*) la cual posibilita una efectiva clasificación de los plásticos gracias a la luz emitida por el material una vez es expuesto a la radiación infrarroja (Alvarez, 2009), o los Rayos X (*figura 11*) que permite separar plásticos tipo PET de los plásticos tipo PVC ya que logran percibir claramente los átomos de cloro con los que cuenta este último gracias a la sensibilidad que tiene esta propiedad química a la radiación, cabe señalar que a pesar de la suciedad o de las etiquetas con las que puedan contar los residuos PET, los Rayos X permiten identificar cualquier elemento a base de PVC y posibilita su inmediato descarte (Alvarez, 2009). Ahora bien, dentro de las técnicas basadas en densidad, se puede encontrar principalmente el método de hundimiento - flotación (*figura 12*) el cual permite clasificar los materiales con base en su densidad más no en su tamaño o forma, este proceso se lleva a cabo por lo general en un tanque con agua, con mezclas de agua con alcohol o con agua y sal que permite impulsar los fragmentos de plástico liviano a la parte superior y los densos a la parte inferior. En cuanto a la separación electrostática (*figura 13*), es una técnica que permite la separación de los plásticos dependiendo del nivel de conductividad al momento de recibir una descarga eléctrica, sin embargo, este tipo de separación está sujeta a condiciones de temperatura y humedad específicas para asegurar mayores índices de acertamiento (J. M. Ceballos, comunicación personal, 3 de agosto de 2021).

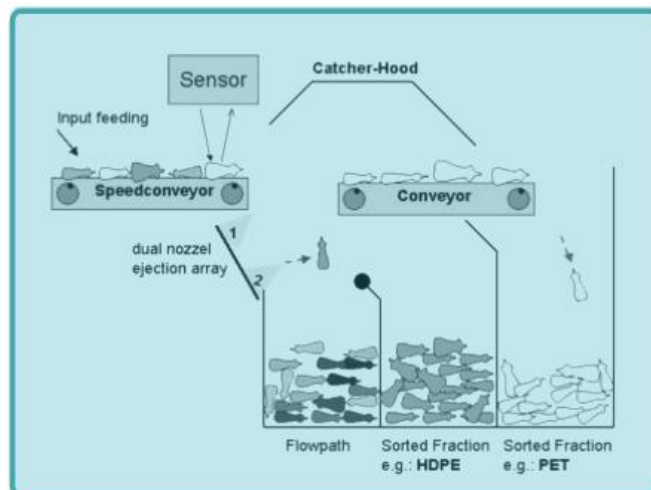


Figura 10. Máquina de espectroscopia de Infrarrojo Cercano.

Fuente: Tomado de European Commission (2014)

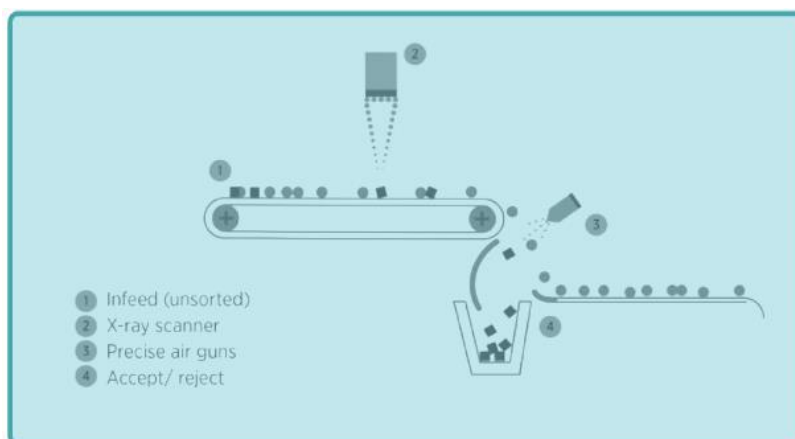


Figura 11. Máquina de rayos X.

Fuente: Tomado de TOMRA (s. f.)

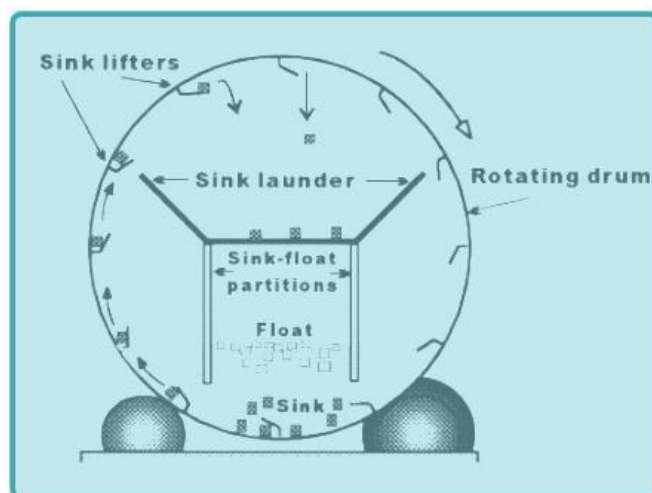


Figura 12. Método de clasificación de hundimiento - flotación.

Fuente: Tomado de Dodbiba et al. (2002)

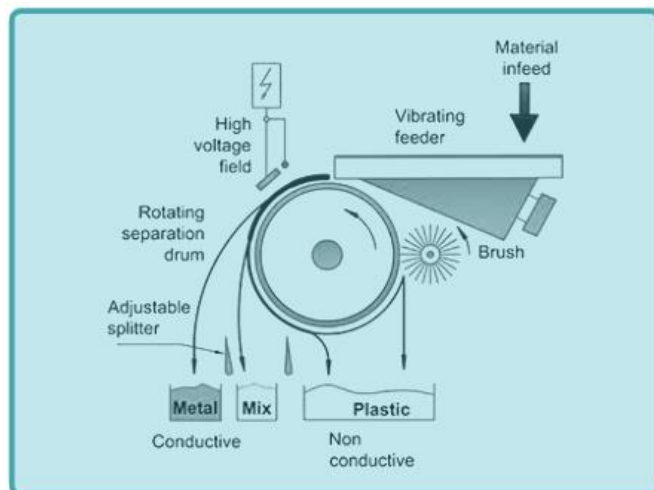


Figura 13. Máquina de separación electrostática.

Fuente: Tomado de Redoma Recycling (2018)

Finalmente, el reciclaje de residuos seleccionados para la formación de resinas plásticas se puede dividir en cuatro grandes rubros como se puede observar en la *figura 14*.

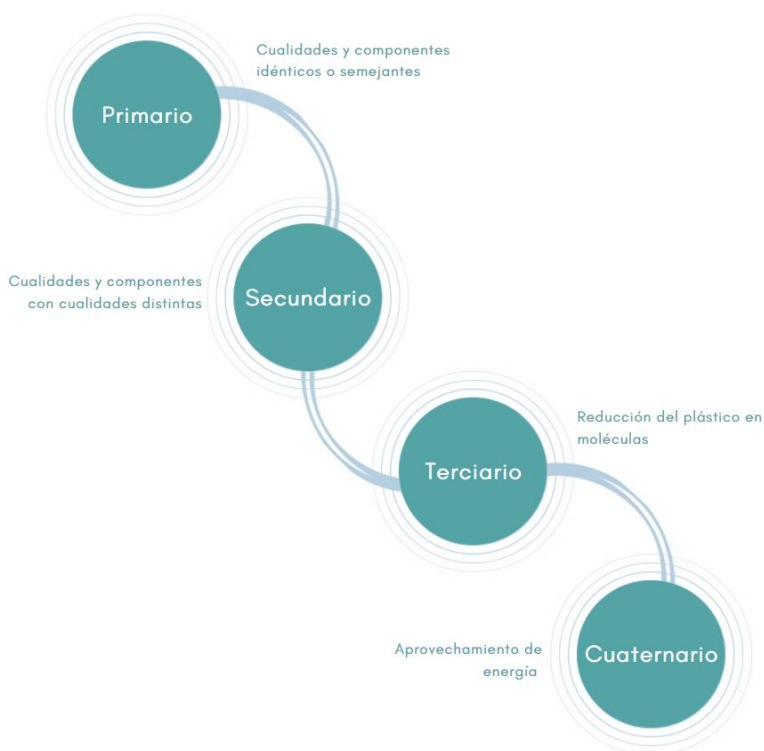


Figura 14. Tipos de reciclaje.

Fuente: Adaptado de Forrest (2016)

Inicialmente, se encuentra el reciclaje primario o “mecánico”, el cual se enfoca principalmente en el procesamiento de los residuos a través de la presión y el calor para la formación de nuevos productos complementarios o finales. Este procesamiento se lleva a cabo inicialmente a través de una separación y clasificación rigurosa como fue ilustrada en el párrafo anterior; posteriormente, se eliminan componentes o residuos extra que se encuentren incrustados en los residuos previamente clasificados para luego ser lavados, centrifugados y secados, asegurando así la completa remoción de partículas contaminantes; finalmente, los fragmentos pasan por un proceso de extrusión y aditivado para transformarse en resinas listas para la fabricación de productos bien sea 100% a base de plástico reciclado, o con mezcla de resinas de plástico virgen (Berenguer, 2008). Cabe resaltar que en el reciclaje primario los residuos deben contar con componentes o propiedades idénticas o semejantes para así obtener limpiamente la materia prima original (Forrest, 2016). Seguidamente, el reciclaje secundario o “mecánico de segundo orden” cuenta con procesos bastante similares al reciclaje primario, sin embargo, la diferencia radica en que los plásticos no necesariamente poseen los mismos componentes o propiedades a la hora de ser procesados, por ende, el proceso de separación no debe ser tan riguroso. Luego, el reciclaje terciario o “químico” que busca aminorar la dimensión o magnitud de los residuos con el fin de, a través de procedimientos químicos de descomposición, obtener nuevamente partículas de plástico u obtener sustancias como lo es el combustible (Forrest, 2016); en pocas palabras, el reciclaje químico permite la rápida descomposición de los residuos para finalmente obtener la materia prima esencial; existen diferentes métodos para llevar a cabo dicho reciclaje, algunos de ellos son: la Pirólisis (*figura 15*) que degrada los residuos gracias a un proceso que involucra el calor (temperaturas que colindan entre los 400°C y 1000 °C) y la ausencia del oxígeno, lo cual permite obtener fragmentos en estado sólido, líquido y gaseoso (Mancheno et al., 2016); la Hidrogenación (*imagen 16*) que consiste en exposición de plásticos a niveles altos de temperatura (500°C) y

de presión (200 bar), permitiendo que al desintegrarse las macromoléculas, se creen “centros activos libres” donde ingresará el elemento hidrógeno (EcoPlas, 2013); y la Gasificación (*imagen 17*) en donde se genera un gas que combina hidrógeno y carbono gracias a un proceso de oxidación (EcoPlas, 2013). Finalmente, se contempla el tipo de reciclaje cuaternario que tiene por objetivo el aprovechamiento de la energía térmica de los residuos a través de actividades como lo es la incineración (Forrest, 2016). Cabe resaltar que la aplicación de los tipos de reciclaje depende de los objetivos empresariales, la capacidad de procesamiento y los materiales esperados.

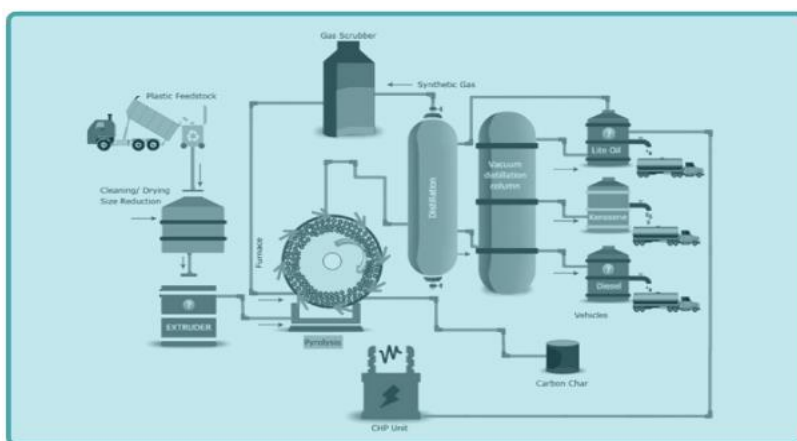


Figura 15. Representación del proceso de pirólisis.

Fuente: Tomado de Ragaert (2017)

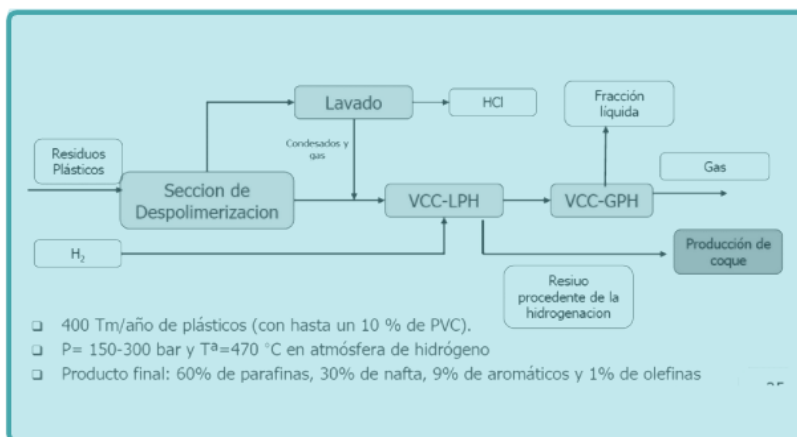


Figura 16. Representación del proceso de hidrogenación.

Fuente: Tomado de Ferreira (2009)

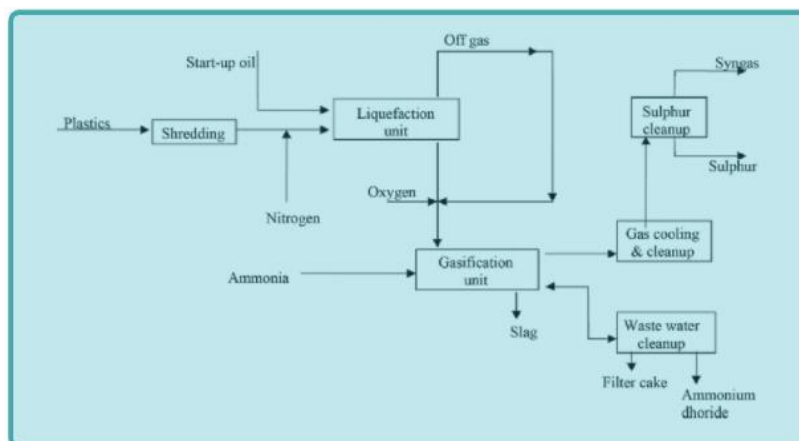


Figura 17. Representación del proceso de gasificación.

Fuente: Tomado de Ragaert (2017)

4.2.3 Actores de la Cadena de Valor Inversa

Los actores de la cadena de valor se agrupan en función del eslabón de la cadena de valor a la que pertenecen. En la *figura 18* se detallan los principales actores de la cadena de valor segmentados en cada uno de los eslabones de la cadena de suministro inversa.

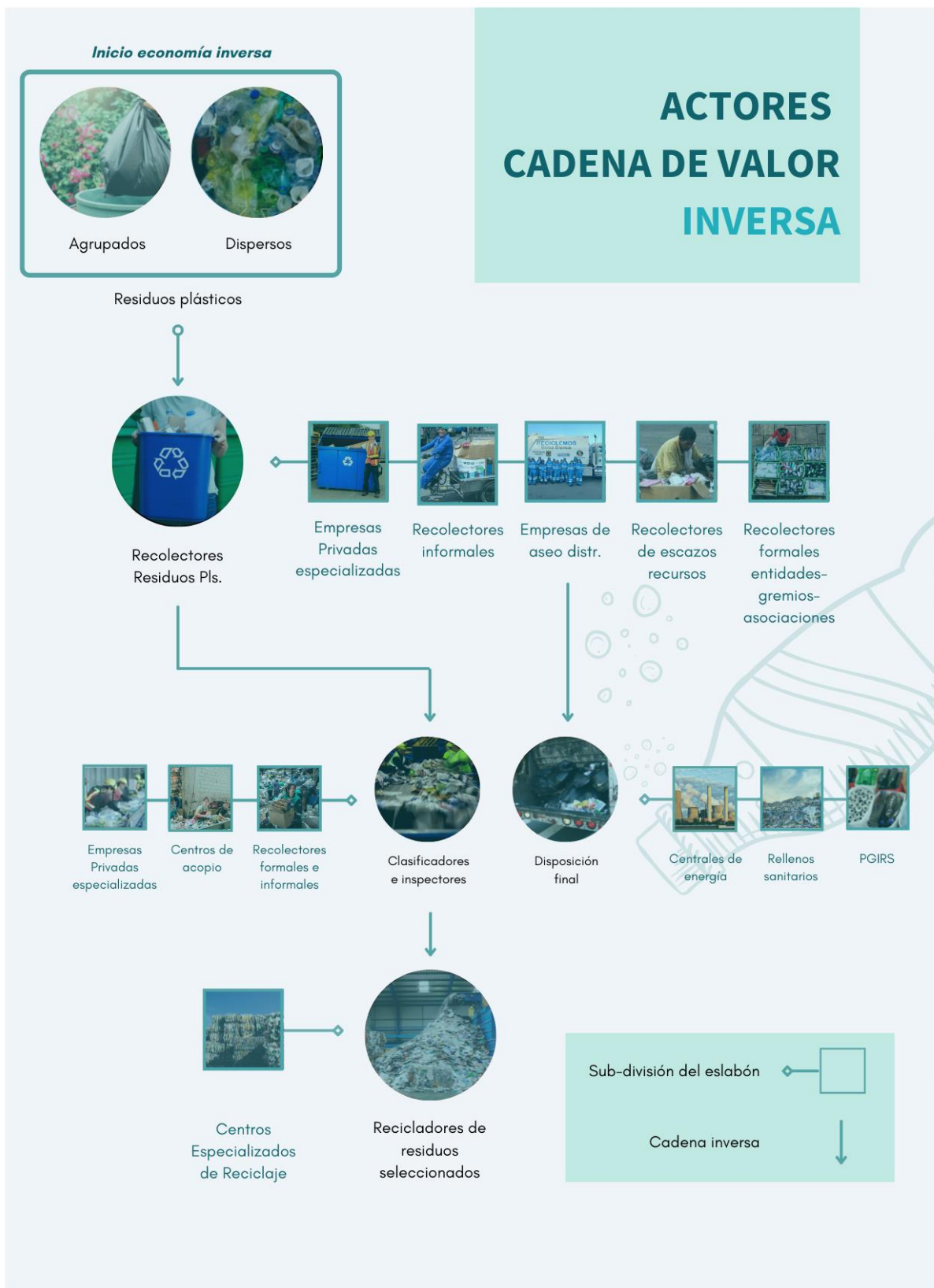


Figura 18. Actores de la cadena de valor inversa de la industria plástica.

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 *Actividades de apoyo cadena inversa*

4.2.4.1 *Transporte y distribución.*

A pesar de que esta actividad es esencial para el buen funcionamiento transversal de la cadena de suministro inversa; cabe señalar que es aún más crítica especialmente en dos momentos clave: En el proceso de recolección de residuos y en la distribución de las resinas recicladas. Para asegurar una buena gestión, las entidades encargadas de ambos procesos deben contar con personal capacitado, dotación adecuada, vehículos de tamaños y capacidades pertinentes, y documentación actualizada permanentemente (especialmente en actividades desempeñadas por empresas formales), todo esto, con el fin de prevenir y anticipar inconvenientes relacionados al ámbito legal, social, sanitario o de protección laboral.

Con el objetivo de entender a mayor profundidad las dos etapas en la que la adecuada gestión de dicha actividad de apoyo es crítica en la cadena inversa, se procederá a describirlas en mayor profundidad.

4.2.4.1.1 *Etapas de recolección de residuos.*

Esta sección tiene por objetivo hacer mención de los medios de transporte y los métodos de recolección más utilizados por las empresas privadas, las empresas de aseo público y los recicladores formales e informales.

En cuanto a los medios de transporte, en las empresas privadas, suele primar el uso de vehículos con tipología Turbo, sencillo, doble troque o 4 ejes; la selección de la tipología de vehículo depende de variables tales como presupuesto, capacidad de almacenamiento, proyección de monto de recolección diario, ruteo, etc. En la *tabla 4* se puede observar de manera detallada las características principales con las que cuentan estos medios de transporte.

Tabla 4.

Tipología de camiones

TIPOLOGÍA DE CAMIONES		
Turbo	Son vehículos rígidos, que pueden cargar hasta 6 toneladas. Además, cuenta con capacidad volumétrica de hasta 25m ³ . Puede ser furgonada o con estacas. Únicamente transporta carga suelta.	
Sencillo	Son vehículos rígidos, que pueden cargar hasta 12 toneladas. Además, cuenta con capacidad volumétrica de hasta 50m ³ . Puede ser furgonada, en plancha o con estacas. Transporta carga suelta o contenedor de 20 ft.	
Doble troque	Son vehículos rígidos, que pueden cargar hasta 22 toneladas. Además, cuenta con capacidad volumétrica de hasta 60m ³ . Puede ser furgonada, en plancha o con estacas. Transporta carga suelta y/o contenedor de 20 ft.	
Cuatro ejes	Son vehículos rígidos o articulados, que pueden cargar de 18 hasta 35 toneladas. Además, cuentan con capacidad volumétrica desde los 67m ³ hasta los 76m ³ . Puede ser furgonada, en plancha o con estacas. Transporta carga suelta y/o contenedor de 20 ft – 40 ft.	

Fuente: Adaptado de Rubiano (comunicación personal, 25 de marzo de 2021)

Ahora bien, para el caso de las empresas de aseo público en la ciudad de Bogotá, se pudo tener conocimiento de los tipos de camiones con los que cuentan las 5 entidades prestadoras del servicio, y la cantidad total por tipo de camión. Lo anterior, gracias a la respuesta emitida por un funcionario de la UAESP a la solicitud realizada el día 7 de septiembre del año 2021, dicha información podrá ser detallada en la *tabla 5*. Para efectos de mayor

claridad, a continuación (*figuras 19 y 20*) se presentan algunos ejemplos de los camiones más utilizados en las calles de la ciudad de Bogotá D.C. mencionados en la *tabla 5*.

Tabla 5.

Vehículos de recolección

VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN	
Tipo de vehículo	Cantidad
Ampliroll Doble	17
Ampliroll Sencillo	29
Camión tipo volco	47
Compactador 20Y3 (cargue lateral)	27
Compactador doble troque 25Y3	167
Compactador doble troque 32Y3	27
Compactador minimatic 7Y3	8
Compactador sencillo 16Y3 o 17Y3	44
Volqueta doble troque 15 M3	30
Volqueta sencilla 8 M3	26

Fuente: Tomado de UAESP (comunicación personal, 7 de septiembre de 2021)



Figura 19. Camión compactador de residuos.

Fuente: Tomado de Revista Turbo (2019)



Figura 20. Camión compactador de residuos.

Fuente: Tomado de Bogotá Limpia (s. f.)

Finalmente, en el caso de los recicladores formales e informales, suele primar el uso de vehículos con baja capacidad volumétrica, pero con un consumo, en términos de costos, bajo. Algunos ejemplos de estos tipos de vehículo se pueden observar en las *figuras 21, 22 y 23*; las características habituales con las que cuentan estos vehículos es que su adquisición y mantenimiento requiere de poca inversión. Cabe señalar que los recicladores que cuentan con vehículos como el de la *figura 23*, en su gran mayoría los obtuvieron a partir del programa de sustitución de vehículos de tracción animal implementado por el gobierno de Bogotá en el año 2013 con el fin de salvaguardar la integridad de los caballos y a su vez mejorar las condiciones laborales de los recicladores apoyados (Alcaldía de Bogotá, 2013).



Figura 21. Vehículo de carga – carreta.

Fuente: Elaboración propia



Figura 22. Vehículo de carga – moto carguero.

Fuente: Elaboración propia



Figura 23. Vehículo de carga – utilitario tipo pick up.

Fuente: Tomado de Alcaldía de Santiago de Cali (2016)

En cuanto a los métodos de recolección, las empresas privadas, suelen diseñar un plan de recolección claramente delimitado que contemple, por un lado, las entidades públicas o privadas con las que se hayan realizado alianzas para la recolección de residuos y, por otro lado, las zonas donde la misma empresa, gracias a permisos concedidos por el gobierno o los comercios, ha situado puntos de disposición de residuos aprovechables. Paralelamente, las empresas de aseo público, cuentan con una cobertura claramente definida, la cual ha sido previamente acordada con el Estado; en el caso de Bogotá, a partir de febrero del año 2018, se adjudicó el servicio del aseo a cinco empresas; cada operador tiene a su cargo, en diferentes áreas, actividades de aseo tales como la recolección de residuos domiciliarios, recolección residuos en contenedores, recolección de escombros, retiro de pendones o avisos no autorizados, limpieza de grafitis, etc. (Casa Editorial El Tiempo, 2018a). Para el caso de las localidades de Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme y Sumapaz; la empresa encargada del servicio de aseo y limpieza es Promoambiental. Para el caso de las localidades de Teusaquillo, Los Mártires, Puente Aranda, Antonio Nariño, Rafael Uribe Uribe, Tunjuelito, Ciudad Bolívar y Bosa; la empresa encargada del servicio del aseo y limpieza es Lime. Para el caso de las localidades de Kennedy y Fontibón; la empresa encargada del servicio del aseo y limpieza es Ciudad Limpia. Para el caso de las localidades de Engativá y Barrios Unidos; la empresa encargada del servicio del aseo y limpieza es Bogotá Limpia. Y finalmente, para el caso de la localidad de Suba; la empresa encargada del servicio del aseo y limpieza es Área Limpia D.C. (Cuevas, 2018). Por último, los recicladores formales e informales están aliados a organizaciones de recicladores, las cuales definen las rutas que deben seguir para la recolección de residuos, siendo estas supervisadas de forma periódica por la UAESP como entidad representante del gobierno que garantiza el cumplimiento de las normas y requisitos para el adecuado desempeño de la actividad y de las buenas condiciones laborales del reciclador (UAESP, comunicación personal, 17 de septiembre de 2021).

4.2.4.1.2 Etapa de distribución de resinas plásticas recicladas.

Las etapas de distribución de las resinas plásticas recicladas se subdividen en 2 operaciones fundamentales. Por un lado, se consideran los medios de transporte, puesto que al igual que la distribución de resinas plásticas vírgenes, las resinas de plástico reciclado también deben ser transportadas en un camión tipo Tolva o granelera, ya que, al tratarse de un producto a gran escala, reduce los costos de transporte, embalaje, cargue y descargue. Es importante tener en cuenta que, dadas las características del producto, este puede ser considerado como “Carga seca” y, por ende, ser movilizado en medios transporte más convenientes, prescindiendo de elementos como el embalaje. Usando medios de transporte al granel es posible optimizar los procesos logísticos en vista de que la intervención humana es mínima y los procedimientos se encuentran estandarizados. Por otro lado, se consideran los métodos de distribución, los cuales siempre deben considerar los requisitos del cliente y cumplirlos a cabalidad para ser funcionales. Por ejemplo, factores como los tiempos de entrega, las cantidades, la calidad de la materia prima, la infraestructura, la calidad de las resinas transportadas y la presentación en que estas deben ser entregadas, por ejemplo, pellets u hojuelas, son fundamentales para diseñar adecuadamente un modelo de distribución que cumpla con las necesidades de los clientes. Por facilidad logística, es usual que las empresas realicen acuerdos a largo plazo para distribuir de forma permanente y constante las resinas manteniendo la misma base de clientes el mayor tiempo posible.

4.2.4.2 Ventas

En la cadena de valor inversa al igual que en la directa, la actividad relacionada con las ventas juega un papel fundamental ya que de esta depende que las operaciones inversas se desempeñen en su máximo potencial. En la industria del reciclaje de plástico, los bienes a

comercializar se pueden observar desde dos perspectivas. En un inicio, las personas jurídicas o naturales que desempeñen el papel de recolección de residuos susceptibles de ser recuperados deberán emprender negociaciones con distintos actores que se encarguen de procesos especializados de recuperación del material plástico. Por otro lado, una vez este material ha sido procesado, las entidades que previamente gestionaron el proceso de reciclaje deberán contar con múltiples canales que aseguren la comercialización y distribución de las resinas para su respectiva introducción en la cadena directa como “materia prima” en condiciones similares a las resinas de plástico vírgenes con el fin de asegurar la competitividad de la industria.

Con base en lo anterior, se procederá a detallar los distintos canales de venta implementados para la comercialización tanto de los residuos plásticos susceptibles a ser recuperados, como de las resinas plásticas recicladas.

Inicialmente, los canales habituales para la comercialización de residuos entre recicladores y empresas recicladoras son: En primer lugar, el voz a voz, en donde las personas solicitan recomendaciones a aquellos que ya se desempeñan en la labor y poseen conocimiento de la industria. En segundo lugar, eventos, ferias y convocatorias, estos espacios permiten que los recicladores accedan a múltiples oportunidades de negocio y laborales, incentivando así la formalización de su labor como recicladores de oficio; por ejemplo, existen diferentes iniciativas implementadas por el gobierno, una de ellas es la “Feria de Servicios” organizada por el distrito de Bogotá.

Por otro lado, los canales habituales para la comercialización de resinas plásticas recicladas entre empresas recicladoras de residuos plásticos y los fabricantes de productos plásticos finales son: En primer lugar, el voz a voz, ya que este es un medio percibido como sumamente confiable entre las relaciones comerciales B2B. En segundo lugar, el E-commerce, ya que páginas como Alibaba ofrecen espacios virtuales donde confluyen gran variedad de

oferentes y demandantes. En tercer lugar, las ferias empresariales, puesto que al igual que el E-commerce allí se encuentran gran variedad de oferentes y demandantes, teniendo la ventaja adicional de que las empresas demandantes puedan asegurarse de que las relaciones comerciales sean más confiables. En cuarto lugar, las entidades promotoras de los intereses colectivos y de negocio entre las organizaciones fabricantes de productos plásticos finales y los centros de recuperación y procesamiento de plásticos, debido a que estas entidades fungen como intermediarios entre las organizaciones para el establecimiento de relaciones comerciales óptimas y, simultáneamente, para garantizar el cumplimiento de los objetivos medioambientales y el fortalecimiento de la industria a la cual pertenecen los productores de resinas plásticas.

4.2.4.3 Tecnología

A lo largo de toda la cadena de suministro inversa la tecnología es utilizada como una herramienta fundamental para desempeñar, supervisar y mejorar una gran variedad de operaciones logísticas que permitan alcanzar la eficiencia económica necesaria para ofrecer productos altamente competitivos en el mercado. Como bien se ha discutido en capítulos anteriores, la cadena de suministro inversa comienza cuando el consumidor final decide deshacerse de los residuos que genera en su día a día. Durante esta primera etapa de la cadena, las aplicaciones móviles y las páginas web han sido las herramientas que realmente han hecho uso de los avances tecnológicos modernos para incentivar a los consumidores a reciclar sus desechos y, al mismo tiempo, para que las empresas logren obtener información relacionada a la cuantificación de la generación de residuos. Un ejemplo de este tipo de aplicaciones es el caso de Recypuntos, una empresa colombiana cuyo objetivo es informar a los consumidores para que contacten fácilmente empresas especializadas en la recuperación de todo tipo de desechos y residuos sólidos (INNOVA, 2017). Este tipo de iniciativas, que se encuentran

encaminadas al desarrollo de plataformas de información, son extremadamente importantes para la planeación y ejecución de modelos y operaciones logísticas que se adapten a la oferta cambiante de residuos sólidos aprovechables. Por otro lado, el gobierno colombiano a través del ministerio de ambiente también desarrolló una aplicación móvil llamada “RedPosconsumo” que también tiene por objetivo ayudar al consumidor para encontrar los gestores de residuos adecuados para sus desechos (Semana, 2017). Un hecho relevante a destacar en las aplicaciones líderes anteriormente mencionadas es que buscan gestionar todo tipo de desechos, lo que quiere decir que, por conveniencia o por falta de desarrollo, en Colombia aún no se han elaborado aplicativos o iniciativas tecnológicas de este estilo especializadas en la gestión de un tipo de residuo particular.

Ahora bien, en cuanto al transporte de los residuos sólidos, se han desarrollado diversas tecnologías adaptadas mayoritariamente en los camiones de transporte, pero que aún no se han implementado de manera masiva en Colombia. Uno de los avances tecnológicos de la operación del transporte más importante que ya se ha implementado en Colombia, ha sido la adquisición de los vehículos compactadores de basura en la ciudad de Bogotá. Estos vehículos cuentan con características especiales para el transporte óptimo de residuos sólidos tales como el tamaño de la compuerta trasera, el ancho de la tolva, la hidráulica y las especificaciones de la carrocería entre muchas otras (McNeilus, s. f.). Si bien gran parte de estas características son importantes para optimizar el transporte de los residuos sólidos, es posible afirmar que la característica más importante de este tipo de vehículos es el cilindro compactador que se encuentra ubicado en la cabina trasera del vehículo. Este cilindro compacta los desechos sólidos que se cargan al camión, lo que permite optimizar en gran medida el espacio y por lo tanto hacer menos costoso el transporte. Finalmente, es importante tener en cuenta que existen camiones que son mucho más especializados en el transporte de residuos específicos y estos se encuentran adaptados para ser aún más eficientes en los procesos de cargue y descargue de los

desechos. Por ejemplo, en el mercado norteamericano, europeo y chino principalmente se pueden encontrar referencias adaptadas para cargar barriles de basura lateralmente, con compartimientos despleables y con bases movibles como lo son los camiones contenedores, compactadores, con cadena, con grúa, etc. (INSA DES, 2018).

4.2.5 *Entidades de apoyo de las cadenas directa e inversa*

El último concepto perteneciente a la cadena de valor son las entidades de apoyo, que para efectos de esta investigación se definirán como aquellas entidades que no están directamente relacionadas con la industria del plástico, pero que cuentan con un alto grado de influencia en las operaciones, actividad y desempeño de las empresas pertenecientes a esta. A continuación, en la *figura 24*, se enlistan las entidades que apoyan la cadena de valor del Plástico.

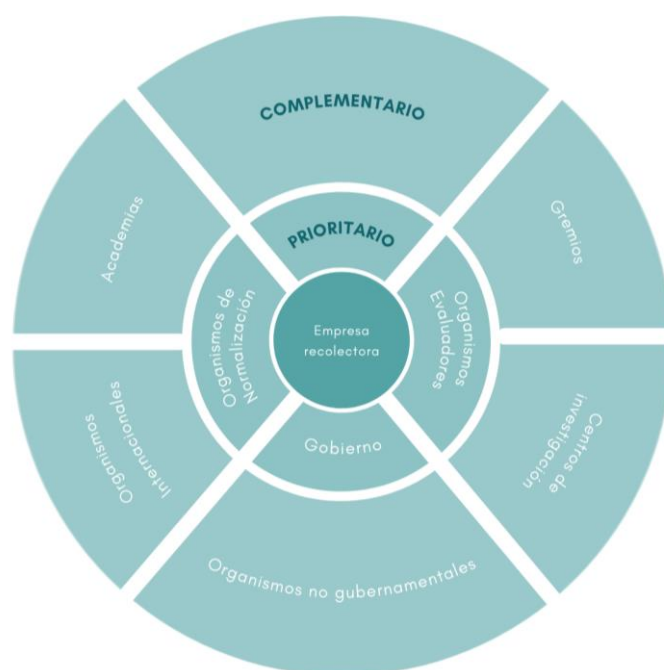


Figura 24. Entidades de apoyo de la cadena de valor del plástico.

La clasificación “Prioritario” hace referencia a las entidades de apoyo que son esenciales para que las empresas de la industria del plástico puedan desempeñarse. La clasificación “Complementario” hace referencia a las entidades de apoyo que otorgan beneficios a las compañías de la industria pero que a su vez no obligan a estas a establecer relaciones.

Fuente: Elaboración propia.

5 Datos macroeconómicos y sectoriales en Colombia

5.1 Resinas y productos plásticos

En este capítulo se busca mencionar y analizar algunas cifras macroeconómicas y sectoriales de la industria del plástico, con el fin de establecer un marco de referencia que defina metas y objetivos realistas para el modelo piloto de plástico de la red de recolección de reciclaje que se busca proponer en este documento. Los datos contextuales que se describirán en este apartado permitirán englobar las características macroeconómicas esenciales de la industria.

5.1.1 Comercio internacional

La producción de plástico mundial alcanzó 368 millones de toneladas para el año 2019. De los niveles de producción de plástico a nivel mundial, Latinoamérica participa tan solo con un 4%, siendo el continente con el menor nivel de participación (PlasticsEurope, 2020). Pese a lo anterior, es importante resaltar que la industria del plástico está altamente abierta al comercio internacional, razón por la cual no es posible aseverar que los países con mayor producción de plástico son aquellos que más lo consumen. Analizando el comportamiento del comercio internacional de plástico en Colombia, el 61,92% de las resinas de plástico que se consumen en Colombia son importadas, dicho porcentaje representa un monto equivalente a 792.640 toneladas, que se contrasta frente a las 1.280.000 toneladas de resinas plásticas que se consumen en todo el país. Segmentando los datos en las resinas plásticas de PET, se evidencia que el 81,16% de las resinas plásticas PET que se consumen en el país provienen del exterior, por lo tanto, este porcentaje representa un total de 136.361 toneladas de resinas PET importadas frente a las 168.000 toneladas de resinas que se consumen en el país (GQSP Colombia, 2020).

Ahora bien, es importante destacar en términos monetarios cuál es la magnitud del dinero que se moviliza mediante transacciones relacionadas con las importaciones de las materias primas, intermedias y de los productos finales a base de plástico. En primer lugar, se encuentra la industria productora de plásticos en formas primarias, la cual genera importaciones por un valor FOB de 1.4 billones de dólares (GQSP Colombia, 2020). De las industrias directamente relacionadas con la producción de productos plásticos, la productora de plásticos en formas primarias es la que posee el mayor monto de importaciones valoradas en unidades monetarias (GQSP Colombia, 2020). En segundo lugar, se encuentra la industria de formas básicas de plástico (resinas), la cual comprende importaciones por un valor FOB de 0.55 billones de dólares. Finalmente, la industria productora de artículos plásticos para consumo final genera importaciones por un monto FOB de 0.46 billones de dólares (GQSP Colombia, 2020). A partir de los datos descritos anteriormente, es posible deducir que el mercado colombiano de empresas pertenecientes a la industria del plástico valora más el plástico en formas primarias, lo que sugiere que en el contexto colombiano existe una gran concentración de compañías especializadas en la producción de formas básicas de plástico. Contrastando las cifras que se han descrito en este apartado, junto con algunos hechos relevantes de la producción de productos plásticos en Colombia, es posible identificar que el país es altamente dependiente del comercio internacional para la creación de productos plásticos a base de PET y para productos plásticos elaborados a partir de otros tipos de resina.

5.2 Residuos plásticos

Los residuos plásticos son el mercado subyacente de la industria del plástico, siendo sumamente importante en la economía de múltiples países que han logrado consolidar una infraestructura y ecosistema de negocios sólidos junto a una alta participación ciudadana para que este mercado sea competitivo a nivel nacional e internacional.

En esta sección se ahondará en las cifras macroeconómicas de esta industria a nivel mundial y nacional teniendo en cuenta la situación del mercado actual.

5.2.1 Comercio internacional

En los últimos años el comercio internacional de los residuos plásticos ha cobrado mayor importancia en el contexto global, ya que un número importante de países altamente desarrollados comercializan grandes cantidades, para luego ser recuperadas en países con infraestructura y tecnología adecuada o, en su gran mayoría, desechadas en países con altos índices de pobreza. Según el reporte “Improving Markets for Recycled Plastics” de la OECD (2018), Estados Unidos, Japón, Alemania y Bélgica son los 4 países que más residuos plásticos exportan del mundo y alrededor del 66% de los residuos plásticos que se comercian globalmente van a parar a China. De acuerdo con el informe presentado por la OECD, China ha sido el mayor importador de residuos plásticos del mundo porque es, igualmente, el mayor productor de plástico a nivel global. Durante muchos años, China se ha especializado en el reprocesamiento de los residuos plásticos para elaborar nuevos productos. Sin embargo, la falta de regulación y estándares medioambientales en el país, sumado a los bajos salarios, ocasionó que las empresas recicladoras en China no destinarán el presupuesto necesario a la importación de residuos plásticos de buena calidad que pudieran ser altamente aprovechables (Wang et al., 2020). Debido a las graves problemáticas medioambientales que está sufriendo la población en China, el gobierno decidió implementar medidas como “La valla verde”, que buscó implementar políticas medioambientales más estrictas en cuanto a la exportación de residuos plásticos (Wang et al., 2020). Este contexto global ha ocasionado que las importaciones de residuos plásticos en China decrecieran significativamente desde 2014, razón por la cual ha surgido una gran oportunidad de mercado a nivel mundial para el aprovechamiento, recuperación y disposición de estos materiales (Wang et al., 2020).

Para el comercio internacional de residuos plásticos es indispensable tener en cuenta que existen 2 sistemas principales a nivel internacional de clasificación para realizar la categorización global de los residuos plásticos. En la *tabla 6* que se presenta a continuación, se detallan estos dos tipos de sistemas junto a su respectiva nomenclatura para la clasificación de residuos plásticos teniendo en cuenta su tipología.

Tabla 6.

Subdivisión de los sistemas de clasificación para los residuos plásticos

SUB-DIVISIÓN SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICOS				
Sistema de clasificación	Sección	Capítulo	Encabezado	Descripción
Estandar de Clasificación del Comercio Internacional (SITC)	57 - Plásticos	579 - Residuos Plásticos	5791	Desperdicios, emparejamientos y desechos de polímeros de etileno
			5792	Desperdicios, emparejamientos y desechos de polímeros de estireno
			5793	Desperdicios, emparejamientos y desechos de polímeros de vinilo
			5799	Desperdicios, emparejamientos y desechos de otros plásticos
Sistema Armónico (HS)	39 - Plásticos	3915 - Desperdicios, emparejamientos y desechos plásticos	391510	Desperdicios, emparejamientos y desechos de polímeros de etileno
			391520	Desperdicios, emparejamientos y desechos de polímeros de estireno
			391530	Desperdicios, emparejamientos y desechos de polímeros de vinilo
			391590	Desperdicios, emparejamientos y desechos de otros plásticos
			39159011	Desperdicios, emparejamientos y desechos de propileno

Fuente: Adaptado de la OECD (2018)

5.2.2 Contexto nacional

La industria del reciclaje a nivel nacional está compuesta principalmente por compañías recicladoras pertenecientes a los departamentos más poblados de Colombia, lo que ocasiona que el contexto nacional de la industria del reciclaje de PET se encuentre altamente influenciado por las grandes compañías que han logrado monopolizar el mercado y de las

cuales dependen gran parte de recicladores de oficio y gestores de residuos plásticos. En esta sección se profundizará en esta y muchas otras situaciones del contexto nacional de la industria de reciclaje del PET.

Mediante una entrevista realizada a la empresa CEMPRE, una de las compañías que más acciones ha emprendido para el desarrollo y consolidación de la industria del reciclaje a nivel nacional, se ha podido evidenciar que la industria del reciclaje de PET en Colombia cuenta con una cadena de valor altamente desarrollada, la cual se ha venido fortaleciendo por más de 10 años gracias a las iniciativas generadas por compañías como lo son ENKA y EKORED; siendo ENKA la compañía de transformación de plásticos más grande a nivel nacional y EKORED la compañía que lidera más operaciones de recolección y acopio de residuos aprovechables. En el marco regulatorio nacional de la industria, el PET es el único plástico que tiene permitida la gestión del ciclo de reciclaje de botella a botella, es decir, que los materiales plásticos a base de PET utilizados en la elaboración de botellas, a través de un riguroso proceso de recolección y recuperación de residuos, puedan ser nuevamente reintegrados en el proceso de fabricación como materia prima, para así, obtener nuevas botellas con altos estándares de calidad y seguridad. La industria del PET reciclado ya cuenta con permisos del INVIMA para su uso en la industria alimenticia, lo que quiere decir que los envases pueden ser elaborados con materiales 100% reciclados. Por ejemplo, Postobón y Coca Cola ya han adaptado sus operaciones productivas para fabricar los envases de sus bebidas con un porcentaje significativo de material reciclado (CEMPRE, comunicación personal, 8 de septiembre de 2021).

Por otra parte, la industria del reciclaje a nivel nacional se ve fuertemente influenciada por las políticas públicas que el gobierno nacional impulsa, así como también se ve influenciada por los documentos que se han desarrollado para que la industria se fortalezca. Entre los temas más destacados por el gobierno se encuentran: la Economía Circular, el Cumplimiento Verde

y los CONPES. En Colombia se han generado proyectos enfocados al manejo de los plásticos de un solo uso y estos se han discutido principalmente en el marco de las políticas internacionales y de los objetivos de desarrollo sostenible. Uno de los retos más grandes en la industria nacional del reciclaje del PET es la ejecución de procesos logísticos eficientes bajo un modelo de reciclaje centralizado en las principales ciudades del país como lo son Bogotá y Medellín. Frente a este reto es muy importante la responsabilidad extendida del productor, que son iniciativas generadas en mayor medida por el gobierno y las grandes marcas que emplean el PET para optimizar y hacer más eficiente la cadena de suministro de los residuos plásticos (CEMPRE, comunicación personal, 8 de septiembre de 2021).

Finalmente, es indispensable identificar grosso modo las barreras más relevantes que afronta la industria del reciclaje actualmente en Colombia. La primera de estas barreras es la carencia de la cultura ciudadana del reciclaje para hacer más costo eficiente los procesos de recolección y clasificación. Esta problemática ha sido una gran preocupación para la industria porque la inadecuada separación y clasificación de los residuos posconsumo ocasiona que se desaprovechen una gran parte de residuos plásticos que son aptos de ser reciclados. Otra de las barreras a las cuales se debe enfrentar la industria es la carencia de una red de recolección lo suficientemente masiva y eficiente como para garantizar altos volúmenes de residuos plásticos aptos de ser reciclados y que cuente con costos logísticos lo suficientemente bajos como para asegurar una mínima rentabilidad a lo largo de toda la cadena de suministro; a pesar de que exista el suficiente monto de residuos susceptibles a ser aprovechados el país y altos índices de demanda, debido a la falta de operaciones logísticas especializadas en la clasificación, consolidación y recolección de estos residuos, provoca que el abastecimiento de material verdaderamente aprovechable continúe siendo insuficiente e ineficiente, y por ende se generen bajos índices de competitividad en comparación a la industria de resinas vírgenes.

6 Industria del reciclaje en Bogotá

6.1 Industria de Bogotá

En el país se generan aproximadamente un millón de toneladas de residuos plásticos donde el 15% representa los residuos a base de PET (Becerra, 2020). El 35% de los residuos que se generan en el país provienen de la capital de Bogotá, en donde solo un 14% es reciclado. Esta situación conlleva por un lado al surgimiento de una crisis en el Relleno de Doña Juana por falta de capacidad, y por otro lado, a la multiplicación de residuos encontrados en zonas naturales debido a la disposición errónea por parte de la ciudadanía (Semana, 2020).

La industria del reciclaje ha ido evolucionando y en la actualidad se ve conformada por gran variedad de actores tales como los recicladores independientes, las empresas privadas de recuperación de residuos, empresas de aseo público, centros de acopio, y los clientes finales tanto de resinas plásticas recicladas como de artículos a base de plástico reciclado. La industria ha experimentado tal crecimiento que para el año 2019, se estimó que, en promedio, 60.000 recicladores dependen de ella (Becerra, 2020). En el caso de Bogotá, se pudo determinar a través de un estudio elaborado por Acoplásticos en colaboración de la Universidad Piloto, la Cámara de Comercio de Bogotá, la Alcaldía de Bogotá y Colombia Productiva, que para el año 2019 el 47% de las empresas dedicadas al procesamiento de residuos plásticos aprovechables se localizan en Kennedy, el 19% en Puente Aranda, el 8% en Fontibón, el 6% en Bosa y el restante 20% en demás localidades de la ciudad (Acoplásticos, 2020). Así mismo, se pudo evidenciar que los materiales procesados por dichas empresas son en su mayoría (80% a 100%) post consumo, es decir que, en las plantas de recuperación, prima la transformación de materiales post consumo sobre materiales post industriales (Acoplásticos, 2020). Para efectos de este estudio, de las empresas analizadas, se pudo evidenciar que la mayoría (29%) se dedican al procesamiento de residuos PEBD (Polietileno de Alta Densidad) y la minoría (3%) al

procesamiento de PS (Poliestireno); en el caso del PET, el 9% de las compañías analizadas efectuaban su procesamiento (Acoplásticos, 2020). Si bien es cierto lo anterior, se pudo observar que las empresas dedicadas al procesamiento del PET cuentan con una mayor capacidad instalada en comparación de las demás compañías analizadas enfocadas en otro tipo de residuos plásticos (Acoplásticos, 2020).

Por otro lado, los precios que prevalecen en la industria del reciclaje en Colombia se pueden analizar gracias a la “Encuesta de Precios del Mercado de Reciclaje en Colombia” realizada por Acoplásticos, la cual cuenta con una periodicidad de tiempo equidistante y en donde las compañías analizadas en la ciudad de Bogotá tienen una representación del 40%. El objetivo de esta encuesta es brindarles a los diferentes actores de la industria del reciclaje un panorama general del comportamiento de los precios en la comercialización de distintos residuos sólidos aprovechables. Para abril del 2021, los precios de cada kilogramo de PET distan entre los 337 COP y los 1.136 COP dependiendo de sus características esenciales (Acoplásticos, 2021). En la figura 25 se pueden observar dichos valores a mayor profundidad.

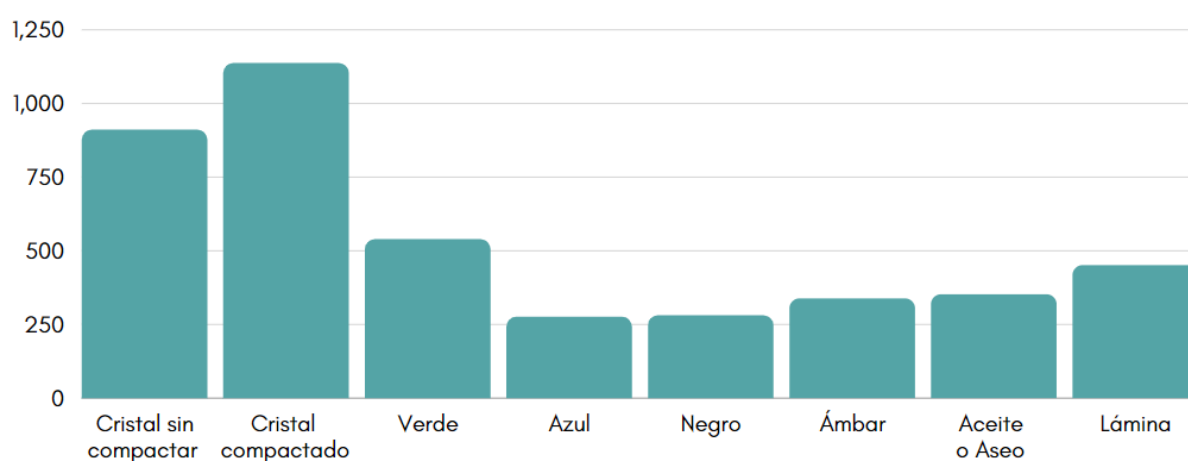


Figura 25. Precios del mercado kg/cop por tipo de residuos PET (abril del 2021).

Fuente: Adaptado de PlasTIC (2021)

Ahora bien, algunas de las iniciativas con las que cuenta la ciudad y/o el país con el fin de incentivar el reciclaje son: (1) Basura Cero liderado por la UAESP (Unidad Administrativa

Especial de Servicios Públicos) que tiene por objetivo estimular la reducción, separación y aprovechamiento de los residuos susceptibles a ser recuperados y solidificar la economía circular del país. Este programa, incentiva la culturización de la ciudadanía con respecto al consumo consciente y responsable (Mleón, 2013). (2) La resolución 1407 expuesta en el año 2018 que define el compromiso que tiene el productor de recolectar diferentes tipos de envases y empaques no peligrosos con el objetivo de recuperarlos y re introducirlos en la economía; dicha norma inicia su aplicabilidad en el año 2021 con la recuperación del 10% de los residuos generados por las industrias e incrementa de manera progresiva en 2% y 3% anualmente hasta llegar a 30% a finales del año 2030 (Cámara de Comercio de Bogotá, 2020). (3) La Alianza Nacional para el Reciclaje Inclusivo que es una medida adoptada por el gobierno nacional en el año 2014 con el fin de incrementar los índices de formalización de la población recicladora y fortalecer la industria; dicha iniciativa se ha implementado de la mano del Ministerio de Vivienda (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, s. f.). (4) La imposición de comparendos ambientales divulgados por las alcaldías municipales que mitigan la inadecuada disposición de residuos sólidos (Gobierno de Bogotá, s. f.). (5) Las campañas de sensibilización a la ciudadanía por parte de las alcaldías municipales que estimulan la correcta disposición en la fuente, Por ejemplo, la canción “Ponle Ritmo a Reciclar” que comunica a los ciudadanos la forma en que deben separar los residuos (UAESP, 2018).

Así mismo, en el país existen entidades que promueven la gestión adecuada de los residuos y el cumplimiento de los objetivos del gobierno como lo es el caso de CEMPRE (Compromiso Empresarial para el Reciclaje), una organización sin ánimo de lucro que busca incentivar la implementación de la economía circular gracias a su gestión del conocimiento y la capacidad de todos sus aliados (CEMPRE, s. f.). Con base en la entrevista realizada a profesionales de CEMPRE (comunicación personal, 8 de septiembre de 2021), se pudo

constatar que la entidad ha cumplido un papel esencial en los planes del gobierno para incursionar en la economía circular y fortalecer el reciclaje empresarial en vista de que:

Promueve el concepto del manejo integral de los residuos sólidos y el reciclaje post consumo, apoya la expansión de la educación ambiental a través del concepto de las 3R (Reducir, Reutilizar y Reciclar) y fomenta la correcta gestión de residuos y el reciclaje a través de la cadena de valor.

6.2 Censo y estratificación de los actores de la cadena de valor del PET en Bogotá y Suba

Para el óptimo desarrollo de la red de recolección de residuos plásticos aprovechables a base de PET es sumamente importante realizar una estratificación de los actores de la cadena de suministro del reciclaje del plástico. En esta estratificación los actores más relevantes son los recicladores de oficio y las organizaciones de recicladores, ya que gracias a estos se sobrepasa una de las barreras más grandes que posee la industria del reciclaje del PET: el abastecimiento de material aprovechable. Las organizaciones de recicladores se definen por la UAESP (2021b) como:

Entidades sin ánimo de lucro constituidas mayoritariamente por recicladores de oficio, cuyo objeto social está relacionado con la prestación del servicio público de aseo en los componentes de aprovechamiento y reciclaje, con un alto grado empoderamiento y representatividad en los procesos operativos, administrativos y de toma de decisiones por parte de sus asociados, reconocidas mediante acto administrativo por la UAESP. (párr.2)

Por otro lado, los recicladores de oficio se definen según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios como: “Persona natural que realiza de manera habitual las

actividades de recuperación, recolección, transporte, o clasificación de residuos sólidos para su posterior reincorporación en el ciclo económico productivo como materia prima; que deriva el sustento propio y familiar de esta actividad" (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2016, p.13). Teniendo claras ambas definiciones se procederá a citar algunas cifras relevantes relacionadas al censo de recicladores de oficio y de las organizaciones de recicladores presentes en Bogotá D.C.

Según el Registro Único de Recicladores de la UAESP, en Bogotá se encuentran registradas 117 organizaciones de recicladores en las cuales están afiliados 21.648 recicladores de oficio a la fecha del 7 de agosto del 2021 (UAESP, 2021b). Estas organizaciones se encuentran distribuidas a lo largo de toda la ciudad de Bogotá D.C. como se puede evidenciar a continuación en la *figura 26*:

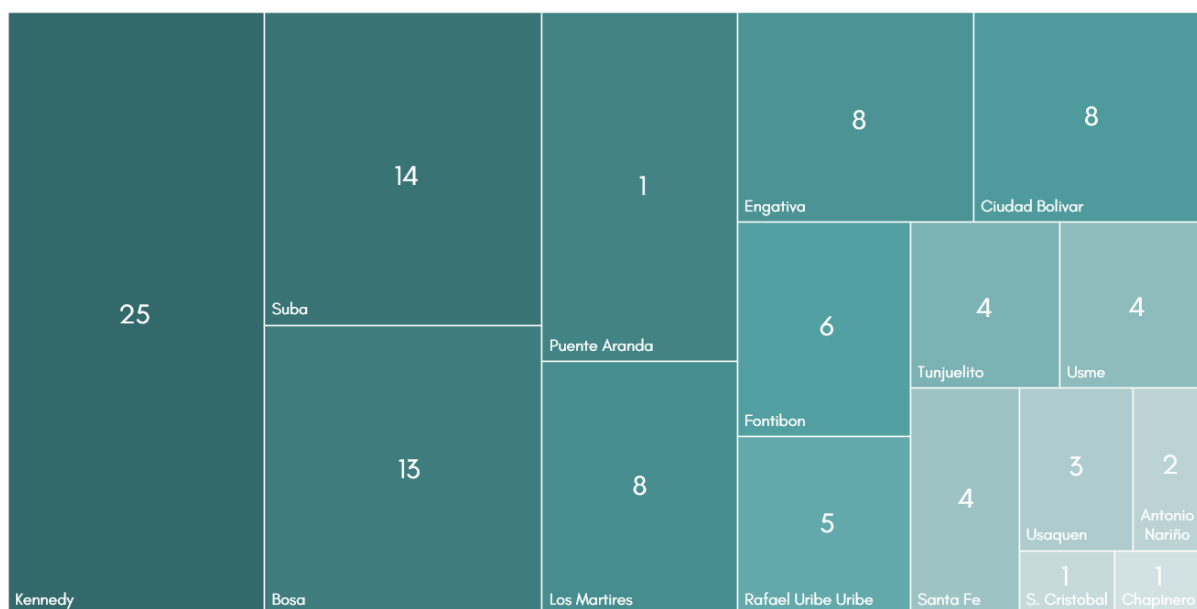


Figura 26. Segmentación de las Organizaciones de Recicladores presentes en la ciudad de Bogotá D.C (agosto del 2021).

Fuente: Adaptado de UAESP (2021b)

De acuerdo con la figura anterior, se evidencia que la distribución de organizaciones de recicladores en la ciudad de Bogotá no es homogénea, debido a que localidades como Kennedy cuentan con un mayor número de organizaciones de recicladores. Gracias a la distribución de

las organizaciones de recicladores, es posible identificar que existen zonas que tienen una cobertura bastante baja y para las cuales es necesario adecuar un mejor ecosistema para el reciclaje. También es importante destacar que incluso zonas como Suba o Bosa, a pesar de tener un gran número de organizaciones de recicladores, también poseen zonas donde hace falta una mayor cobertura para aprovechar al máximo el potencial de los residuos aprovechables en dichas zonas (UAESP, comunicación personal, 17 de septiembre de 2021).

Ahora se procederá a cuantificar la población de Recicladores de Oficio con base a los datos obtenidos de la UAESP respecto al número de recicladores que se encuentran inscritos al Registro Único de Recicladores de Oficio (RURO). De acuerdo con la base de datos ya mencionada, a la fecha de agosto del 2021, el RURO cuenta con un total de 24.757 recicladores de oficio inscritos en la ciudad de Bogotá (UAESP, 2021a). La gráfica presentada a continuación (*figura 27*) hace cuenta del número de recicladores que comercializan material aprovechable segmentado por las localidades de Bogotá.

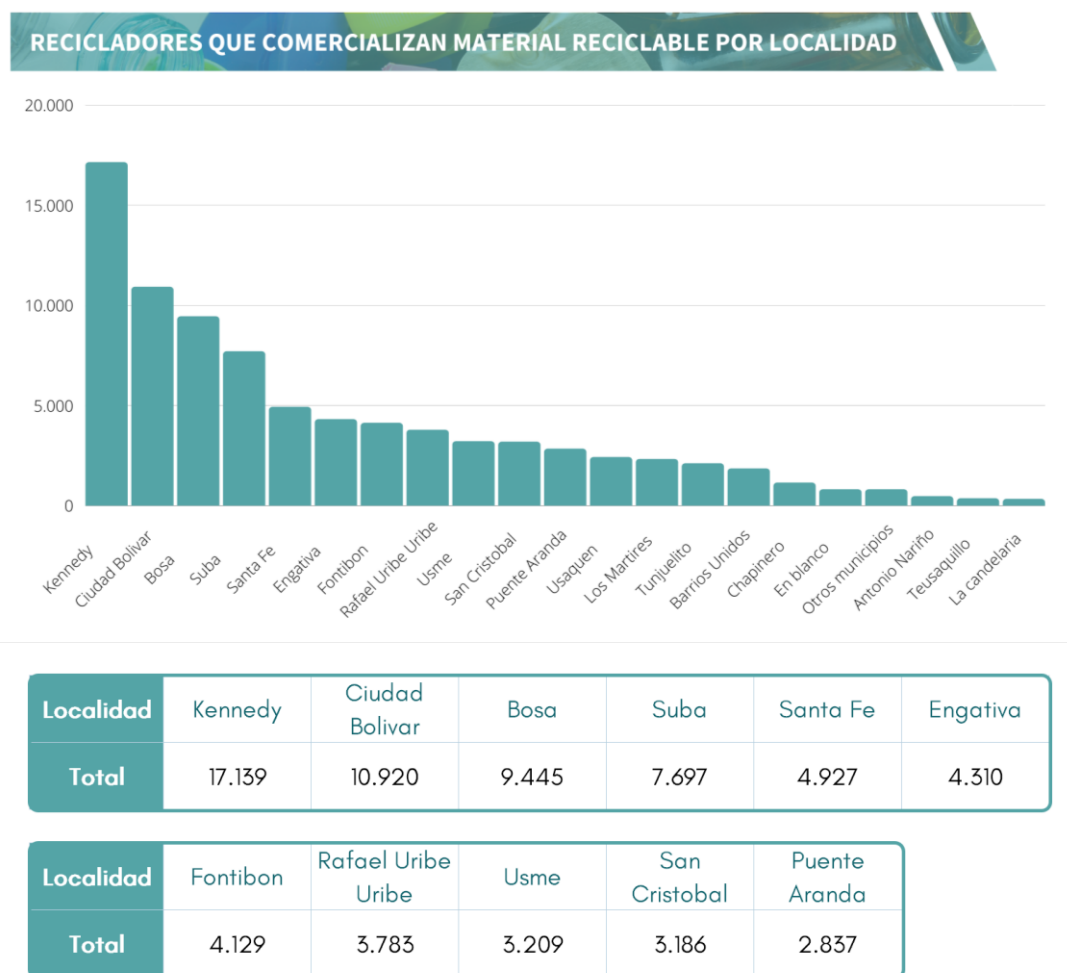


Figura 27. Recicladores que comercializan material reciclable segmentando por localidad.

Fuente: Adaptado de UAESP (2021a)

De acuerdo con esta información, es posible observar que la gran mayoría de los 24.757 recicladores de oficio registrados en el RURO se movilizan por más de una localidad para comercializar sus materiales; en promedio, cada reciclador se moviliza por 3,4 localidades distintas. En cuanto a las localidades más representativas, destaca la localidad de Kennedy con 17.139 recicladores comercializando en la zona y la localidad de Ciudad Bolívar con 10.920 (UAESP, 2021a). La distribución de los Recicladores de Oficio obedece en gran medida a la de las Organizaciones de Recicladores que fue revisada con anterioridad.

Con el fin de obtener un marco de referencia completo de la industria del reciclaje del plástico también es importante considerar a los eslabones productores de las resinas plásticas

en sus formas primarias y de los productos plásticos finales. De acuerdo con el informe de Acoplásticos “Plásticos en Colombia” (2020) en Colombia existen 530 establecimientos productores de plásticos en formas primarias y 3.350 productores de productos plásticos finales. De los 530 productores de plásticos en formas primarias, aproximadamente 77 se encuentran localizados en la ciudad de Bogotá D.C. los cuales corresponden al 14,6% del total de productores de plásticos en formas primarias presentes en el país (Acoplásticos, 2020). En el caso de los fabricantes de productos plásticos finales, aproximadamente 1.387 se encuentran ubicados en la ciudad de Bogotá D.C. los cuales corresponden a un 41,4% del total de productores de productos plásticos finales establecidos en Colombia. Gracias a estas cifras es posible identificar que existe un desequilibrio notorio en las productoras de resinas plásticas, esto se debe principalmente a que gran parte de la industria productora de resinas se encuentra monopolizada por grandes empresas (Acoplásticos, 2020). En el apartado de contextualización de la industria nacional, numeral 6.2.2., se hizo mención de empresas como ENKA y Apropet, las cuales realizan gran parte de las operaciones de reciclaje del plástico a nivel nacional.

Para finalizar, en la *figura 28* se presenta un resumen del total de personas y organizaciones pertenecientes a los eslabones principales de la cadena de suministro en Colombia, dicha información es obtenida a partir de censos realizados por la UAESP y Acoplásticos.



Figura 28. Resumen del total de personas y organizaciones por eslabón de la cadena.

Fuente: Adaptado de UAESP (2021a); UAESP (2021b); Acosplásticos (2020)

7 Problemáticas e impactos medioambientales del PET

La sociedad hoy en día debe hacer frente a grandes problemáticas medioambientales, donde una de las más críticas se relaciona directamente con la excesiva generación de residuos plásticos, más específicamente aquellos a base de material PET. El PET es un material altamente utilizado en el ámbito industrial y comercial gracias a sus propiedades de resistencia, durabilidad y, sobre todo, a su bajo costo; sin embargo, sus maravillosas propiedades al corto plazo, se tornan despreciables en el largo, puesto que, a pesar del gran valor intrínseco con el que cuentan estos productos (componentes derivados del petróleo, agua, energía, mano de obra, transporte, etc.), la sociedad los percibe como un material de uso único o de corto periodo de vida útil. Debido a lo anterior, se generan altas tasas de demanda y de generación de residuos diarios, de los cuales tan solo aproximadamente un 25% se recicla en Colombia (Cámara de Comercio de Bogotá, 2019), esto en gran medida debido a la poca cultura sostenible de los ciudadanos, en donde prima el usar y desechar sin medidas o control alguno, esta mentalidad y forma de actuar es incoherente frente al ciclo natural del planeta tierra, afectando

directamente a la salud del planeta y, por consiguiente, afectando indirectamente a la de la sociedad (Greenpeace Colombia & Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP), 2019). Gran parte de los desechos que no son reintegrados al ciclo económico, finalizan en vertederos y, en el peor de los casos, en ríos y océanos, afectando el equilibrio de los ecosistemas y en consecuencia el de las cadenas tróficas.

Una vez ha sido contextualizada la problemática del PET a nivel global, es importante destacar la forma en que la generación excesiva de residuos plásticos a base de PET puede llegar a afectar a países como Colombia. Inicialmente se debe tener presente que el material PET es uno de los materiales que más potencial tienen de ser reciclados dadas sus características fisicoquímicas, así como la gran demanda que existe de este material por parte de múltiples industrias altamente productivas. Según información suministrada por ENKA y APROPET, en el país se estima que únicamente se recicla el 30% del material PET que puede ser recuperado para la elaboración de nuevos productos (Semana, 2017). Esta problemática surge principalmente debido a la falta de cultura ciudadana en cuanto a los conocimientos y actitudes para separar los residuos en la fuente. Si bien los recicladores realizan la clasificación de los residuos, es fundamental que la ciudadanía se involucre activamente para alcanzar mayores porcentajes de plástico PET reciclado (Semana, 2017).

Es importante señalar que, a pesar de que Colombia no sea uno de los mayores consumidores de plástico y generadores de residuos de este material, igualmente existen impactos ambientales altamente perjudiciales asociados a su contaminación. Por ejemplo, se estima que a nivel mundial 1 millón de aves marinas mueren por el consumo de residuos plásticos desechados en los océanos. Adicionalmente, los desechos plásticos pueden desalentar el turismo y en consecuencia las oportunidades laborales a nivel local cuando la contaminación afecta de manera directa la interacción de los turistas con los paisajes, los bienes de protección ambiental y la fauna y flora endémicas de las diversas regiones afectadas (Greenpeace

Colombia & Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP), 2019). Los impactos ambientales generados por el plástico en Colombia no solamente comprenden aquellos relacionados al mar. Diversas investigaciones han demostrado que la contaminación del suelo y del aire generadas por el plástico de un solo uso también representan un problema de sumo cuidado, especialmente para un gran número de poblaciones vulnerables de las diferentes regiones del país que se ven afectadas por la liberación de químicos tóxicos que se desprenden de la incineración del material PET, así como la reducción de la calidad de vida que se origina a partir de las inexistentes iniciativas que promuevan el bienestar social y la conciencia ambiental en las comunidades locales (Leeson et al., 2017).

8 Herramientas de medición y control medioambiental para la formulación del sistema de recolección de material PET aprovechable

En este apartado se busca contextualizar al lector con respecto a una metodología de medición y control medioambiental, ampliamente aceptada por la comunidad científica, que permitirá vislumbrar a grandes rasgos qué impactos medioambientales podrán ser mitigados durante la operación y funcionamiento de un proyecto de recolección de residuos.

8.1 Importancia de las herramientas de medición y control medioambiental

Como se ha descrito previamente en la fundamentación teórica (numeral 2.3), actualmente vivimos en una sociedad superpoblada y altamente consumista que está agotando los recursos naturales a un ritmo acelerado y generando daños irreversibles en los ecosistemas, afectando directa o indirectamente la calidad de vida de las personas a nivel mundial. Por lo tanto, en la actualidad, gobiernos y países de todo el mundo se encuentran en la búsqueda permanente de soluciones e iniciativas que permitan mitigar, compensar o prevenir los

impactos ambientales más severos. Dado el contexto en el que vivimos, los gobiernos y los consumidores responsables premian y apoyan a las empresas que se encuentran en la búsqueda de soluciones y alternativas que permitan mantener o enriquecer la calidad de vida de sus clientes mitigando o compensando el impacto medioambiental que generan sus productos o servicios.

Las herramientas de medición y control medio ambiental son, a simple vista, un método bajo el cual una compañía puede medir y controlar el impacto que sus productos o servicios están teniendo en el ambiente. Sin embargo, desde un enfoque más estratégico, las herramientas de control y medición ambiental permiten que las compañías, al destinar capital físico y humano para la preservación del medio ambiente, demuestren su compromiso a los gobiernos y consumidores. Es por esto que aquellas empresas que hagan uso consciente y frecuente de dichas herramientas tendrán acceso a múltiples beneficios tributarios y a un segmento de mercado altamente rentable que está dispuesto a pagar más por aquellos productos o servicios que se responsabilicen de los costos sociales que ellos mismos generan.

8.2 Análisis del Ciclo de Vida

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una de las metodologías más importantes para realizar medición y control ambiental, ya que es reconocida por la Comisión Europea como: “...el mejor marco para evaluar los posibles impactos ambientales de los productos que disponemos actualmente.” (Comisión Europea, 2003, p.12). Desde un enfoque técnico, el Análisis de Ciclo de Vida se define como la evaluación sistemática de los impactos medio ambientales que se originan una vez se provee un producto o servicio; la definición original de la Organización Internacional de la Estandarización (ISO), agrega elementos como: “La compilación y evaluación de las entradas y salidas y de los potenciales impactos ambientales de un sistema productivo a través de todo su ciclo de vida” (ISO, 1997, p.2, citado en Horne

et al., 2009, p.3). La norma ISO 14040, establece cuáles son los propósitos de utilizar la metodología ACV y en ella se pueden profundizar los lineamientos de su correcta implementación (Acoplásticos, 2020). Cabe resaltar que el análisis de ciclo de vida, es en su espectro más amplio una metodología que hace uso de diversas herramientas de evaluación medioambiental para establecer criterios y juicios en lo que respecta a la sostenibilidad de los productos, por lo que es importante que el lector tenga presente esta concepción a la hora de formular una estrategia valiosa para la evaluación de los impactos ambientales generados por la cadena convencional de productos a base de PET y la cadena inversa de productos a base de PET reciclado.

9 Tipos de PET

La presente sección busca profundizar acerca del material PET, los tipos de PET y el uso que se le da a estos materiales. Como se puede observar en la *figura 29*, el PET es un material termoplástico que cuenta con propiedades semi cristalinas. Este material fue descubierto por los científicos John Rex Whinfield y James Tennant Dickson en el año 1941. Sin embargo, hasta el año 1965 estuvo disponible para la venta en el mercado, y fue hasta ahí que empresas como Pepsi Cola hicieron uso de este material para envasar sus bebidas (Ávila Córdoba et al., 2015). El PET cuenta con propiedades mecánicas como lo son el grado de resistencia o cristalinidad, y propiedades químicas como lo es la barrera que crea contra el O₂, CO₂ o la humedad, lo que lo hace sumamente apto para tener contacto con ciertos productos alimenticios a temperatura ambiente o inferior a los 70° C (Mexpolimeros, s. f.-a). Además, el PET cuenta con ciertas cualidades como lo es la reciclabilidad, transparencia, resistencia, ligereza o la no toxicidad.

Ahora bien, el PET se subdivide esencialmente en cuatro tipos que son: (1) El APET, que se caracteriza principalmente por ser Amorfo, sólido, resistente al impacto y tolerante a la

presión proveniente del interior (Mexpolimeros, s. f.-b) (2) El CPET, que se caracteriza por ser opaco y frecuentemente utilizado para la producción de envases alimenticios (Textos Científicos, 2005) (3) El RPET, que se caracteriza por ser un material re-polimerizado proveniente de residuos industriales, residuos posconsumo o residuos de fuente no identificada (Textos Científicos, 2005). (4) El PETG, que se caracteriza por ser opaco y por tener una baja tendencia a cristalizarse, este polímero es utilizado para la fabricación de blísteres medicinales y envases alimenticios (Textos Científicos, 2005).

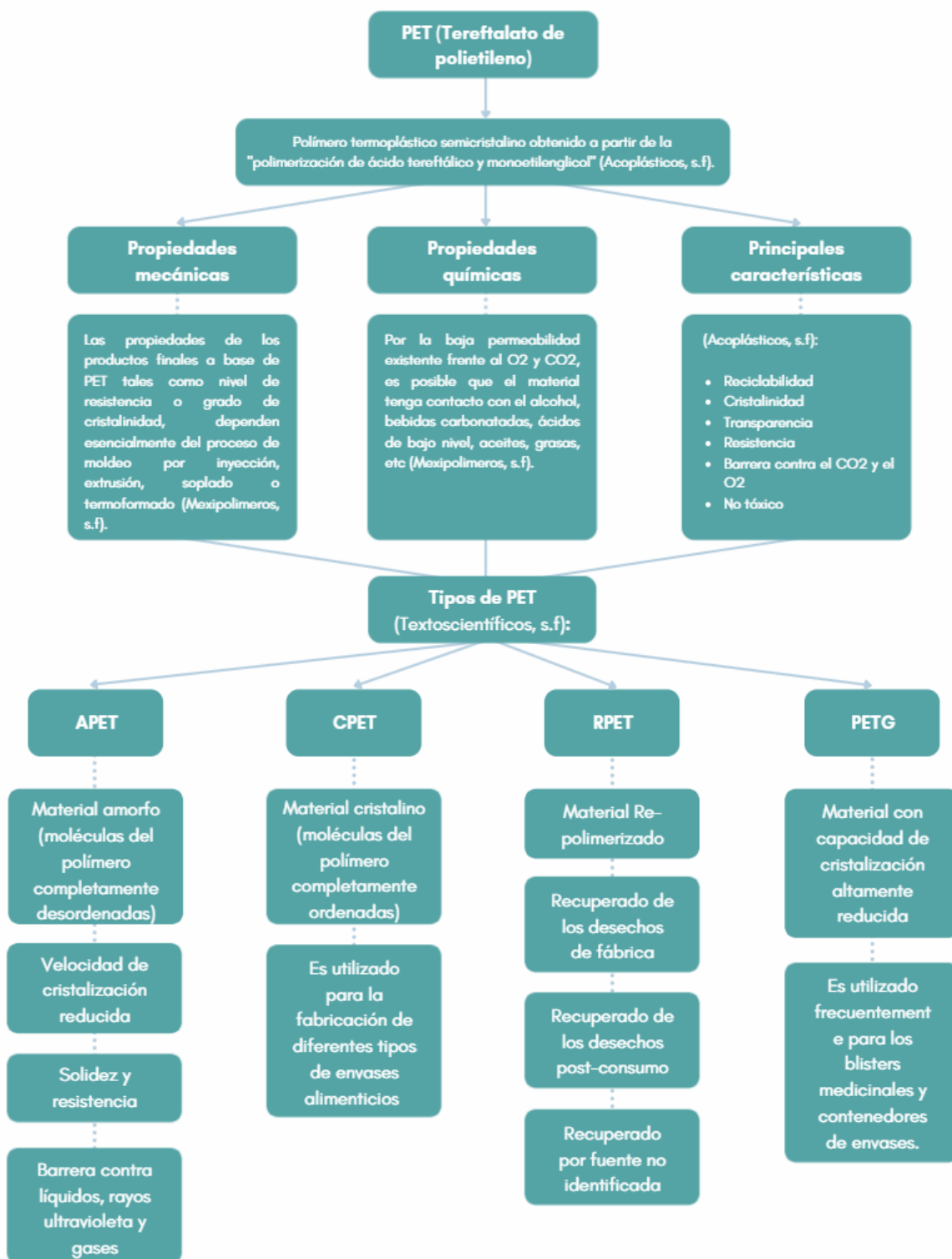


Figura 29. Tipos y características del PET.

Fuente: Adaptado de Mexipolímeros (s. f.-a), Acoplásticos (s. f.), Textos Científicos (2005)

10 Usos del PET reciclado

Existen importantes empresas a nivel nacional que utilizan resinas de plástico reciclado e incentivan el uso de productos sostenibles por parte de los clientes. “Enka” es el caso de una gran organización de origen colombiano que tiene por objetivo la producción de resinas y fibras sintéticas, y que además, se caracteriza por contar con una amplia red de recolección de residuos a base de PET; esta empresa incentiva el uso de productos reciclados mediante su oferta de negocios verdes que se compone de “EKO Pet”, “EKO Poliolefinas”, “EKO Fibras” y “EKO Filamentos” (Enka, s. f.). De igual manera, se encuentra “Apropet”, una compañía originada en el segundo semestre del 2015 tras la asociación entre “Apropplast” y “San Miguel Industrias”, que busca esencialmente la transformación de residuos plásticos en resinas recicladas para la elaboración de nuevos envases plásticos de alimentos; dicha compañía recibe en promedio 30 toneladas de residuos PET por día (Semana, 2019).

Además de la producción de resinas, fibras sintéticas y envases a base de residuos plásticos, se encuentran entidades 100% colombianas como la “Asociación Colombiana de Recicladores - GAIAREC” o “Intera”, enfocadas esencialmente en la promoción y fortalecimiento de los sistemas de recolección, inclusión de los recicladores de oficio, la implementación de proyectos educativos y la fabricación de productos innovadores tales como la madera plástica; mitigando así problemáticas de alto impacto relacionadas a las altas tasas de deforestación en el país o al exceso de residuos plásticos existentes en los ecosistemas naturales (Casa Editorial El Tiempo, 2018b; Cruz, 2021). En relación a lo anterior, compañías como lo son Totto o Leonisa también le apuestan al uso de residuos plásticos como botellas o redes de pesca para la fabricación de sus productos (morrales y trajes de baño) ahorrando así más del 50% de energía en el proceso productivo (Editorial La República S.A.S, 2019).

Por otra parte, algunos casos de éxito a nivel internacional de compañías que hacen uso del material PET reciclado como composición esencial de sus productos son el caso de la compañía “ECOALF” la cual cuenta con un objetivo claramente sostenible en vista de que su estrategia corporativa se orienta a la fabricación de prendas de vestir que contengan fibras de plástico, nylon, algodón o lana recicladas provenientes de los océanos o prendas recuperadas; dicha compañía, situada en Madrid España, cuenta con una amplia gama de productos que van desde zapatos hasta chaquetas de invierno y que sus materiales provienen 100% de residuos recolectados con la ayuda de sectores como lo es el pesquero (ECOALF, s. f.). Por su parte, “EKOMODO” es una filial europea de “EKO-REC” enfocada en el diseño y fabricación de productos sostenibles en “talleres sociales”; dentro de su portafolio de productos se encuentra papelería sostenible, accesorios tech y carteras (Ekomodo, s. f.).

11 Marco legal

11.1 Antecedentes

El surgimiento y estructuración de la legislación ambiental colombiana se dio principalmente gracias a iniciativas generadas y aplicadas a nivel mundial referentes al desarrollo político, económico y social en torno a las cuestiones medioambientales. Una de las primeras grandes iniciativas a nivel mundial a favor del medio ambiente fue la cumbre de la tierra llevada a cabo en Estocolmo, convocada por las Naciones Unidas en el año 1972, con el fin de brindarle a diferentes países y organizaciones “principios para la conservación y mejora del medio humano y un plan de acción medioambiental internacional” (Jackson, s. f., párr.4). Esta conferencia fue un punto de partida hacia la implementación de mecanismos de control para la correcta gestión medioambiental en Colombia. Una de las primeras normativas implementadas en el país fue la llamada ley 23 de 1973, la cual tuvo por objetivo principal

“prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional” (Congreso de Colombia, 1973, p.1), además de motivar e incentivar a la ciudadanía y al sector privado a implementar prácticas de protección al medio ambiente (Congreso de Colombia, 1973). A partir de su implementación, la rama ambiental ha ido evolucionando y desarrollándose con el fin de establecer un marco legal sólido que asegure y promueva la preservación ambiental. Una de las acciones posteriores al establecimiento de dicha ley por parte del gobierno colombiano, fue la creación del “Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente” a través del decreto 2811 de 1974, el cual tiene por objetivo preservar y conservar el medio ambiente, mitigar los efectos nocivos a la hora de explotar los recursos naturales y hacer seguimiento al comportamiento humano individual o colectivo a la hora de intervenir los ecosistemas (Alcaldía de Bogotá, s. f.); el código, abarca temáticas ligadas al entendimiento de la terminología relacionada a la política ambiental, al adecuado manejo de los recursos naturales, a la planeación urbana, al adecuado manejo de residuos y a las pautas para la prevención y solución de inconvenientes en materia ambiental en países extranjeros (Gaviria, s. f.). Ahora bien, cabe señalar que la constitución política de Colombia también tuvo una importante evolución, en parte, a causa de una mayor inclusión y consideración del ámbito ambiental. La constitución de 1991 contempló aspectos esenciales como lo son: “el manejo y conservación de los recursos naturales y del medio ambiente a través de principios como el Derecho a un ambiente sano, el medio ambiente como un patrimonio común y el desarrollo sostenible” (Foro Nacional Ambiental, s. f., párr.2). Además, a través de los diferentes capítulos tratados, se desarrollaron diversos tópicos relacionados con el medio ambiente y los recursos naturales, haciendo de esta constitución una promotora en la región con respecto al manejo adecuado de

los recursos naturales en el país. Algunas de las normas y principios relacionados con el medio ambiente son presentados en los siguientes Artículos Constitucionales (Juriscol, 1991):

1. Artículo 7: Hace mención del reconocimiento y protección que ejerce el Estado colombiano con respecto a la diversidad cultural y étnica.
2. Artículo 8: Manifiesta que tanto el Estado colombiano como todos los ciudadanos, tiene el deber de cuidar la riqueza natural y cultural del país.
3. Artículo 49: Hace referencia a que el Estado tiene la obligación de garantizar el servicio de salud y saneamiento ambiental.
4. Artículo 63: Manifiesta que todos los bienes públicos incluyendo zonas naturales, de resguardo, de grupos étnicos, etc. No pueden ser enajenados, ser embargados o perder vigencia.
5. Artículo 79: Reconoce que la comunidad tiene derecho a disfrutar de un entorno sano y afirma que el Estado debe brindarle protección a la diversidad e integridad del medio ambiente y a zonas naturales de suma importancia en el país, además este deberá promover la Educación Ambiental. Este artículo es uno de los más importantes en materia ambiental y es considerado como uno fundamental.
6. Artículo 80: Afirma que el Estado cuenta con el deber de gestionar el manejo y aprovechamiento de los bienes naturales. Adicionalmente, este se encargará de la prevención y control del daño en los ecosistemas.
7. Artículo 88: Se reconoce la protección de los derechos colectivos que tengan relación con el ambiente.
8. Artículo 95: Hace mención de los deberes y obligaciones que tienen todos los colombianos. Entre dichos deberes y obligaciones se contempla la protección de los recursos culturales y naturales además de su conservación.

9. Artículo 330: Alude a que la gobernación de los territorios indígenas, a través de consejos conformados con base en su filosofía y en sus costumbres, debe ejercer diferentes funciones entre la que se incluye “velar por la preservación de los recursos naturales”.

Como se pudo observar anteriormente, la evolución en los principios y leyes constitucionales da por sentado que el ámbito ecológico ha adquirido un papel fundamental a favor del desarrollo sostenido y armonioso con el medio ambiente, puesto que, existe una búsqueda permanente de la conservación, defensa, mejora y restauración de los ecosistemas y los bienes naturales.

Ahora bien, en la medida en que los compromisos por la protección del medio ambiente a nivel mundial se fortalecieron, y se implementaron nuevas iniciativas como lo fue la cumbre de la tierra celebrada en Rio de Janeiro en 1992 que tuvo por objetivo: “alcanzar acuerdos internacionales en los que se respete los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial” (Naciones Unidas, 1992, párr.6), en Colombia, el sistema legal ambiental se fue robusteciendo lo que provocó el surgimiento de leyes como la 99 de 1993 que declaró el surgimiento del Ministerio del Medio Ambiente y del Sistema Nacional Ambiental (SINA), cuyo artículo 3 hace alusión al concepto de desarrollo sostenible como el medio para lograr el crecimiento económico, de la calidad de vida y del bienestar social a la vez que se asegura el no agotamiento y preservación de los recursos naturales. Esta ley promueve principios como lo son el de la protección a la biodiversidad o el derecho a una “vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza” (Congreso de Colombia, 1993, p.1). Con el objeto de profundizar lo anteriormente mencionado, cabe señalar que por un lado, la creación del Ministerio del Medio Ambiente tuvo por objetivo facultar a un organismo con la autoridad y poder para ejercer la correcta gestión del medio ambiente y sus recursos; promocionar el respeto de la humanidad con la naturaleza que la rodea; y definir “políticas y regulaciones a las

que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables y el medio ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible” (Congreso de Colombia, 1993, p.2). Adicionalmente, es importante destacar que, la creación del SINA tuvo por objetivo contar con un grupo de normas, proyectos, acciones e instituciones para poder ejecutar los “principios generales ambientales” (Congreso de Colombia, 1993, p.2) proclamados en la ley 99, y dar cumplimiento con los objetivos ambientales planteados en la constitución política vigente hasta la fecha.

11.2 Normatividad sobre los residuos sólidos

Como se pudo evidenciar anteriormente, Colombia en materia ambiental ha fundamentado progresivamente pilares clave para la gestión sostenible de los recursos naturales y para la prevención de actividades que afecten nocivamente el equilibrio del medio ambiente. La profundización en dicha evolución es de interés para la presente investigación puesto que orientará la construcción del modelo de manera que sea consecuente con el contexto legislativo nacional y facilite su implementación. Es por esto, que, se ahondará en la normatividad colombiana vigente que involucre aspectos relacionados a la gestión de los residuos sólidos y que permitan ampliar el entendimiento de este tópico.

De allí, algunas de las principales leyes, decretos, resoluciones y documentos CONPES afines a lo mencionado previamente son la Ley 09 de 1979 que manifiesta diferentes normas para la protección de la salud humana y de las condiciones sanitarias del medio ambiente; la Ley 142 de 1994 la cual presenta la normatividad que deben seguir las entidades públicas o privadas prestadoras de servicios públicos con respecto a temas ambientales; la Ley 253 de 1996 que busca un manejo y control adecuado de los residuos peligrosos; la Ley 430 de 1998 que hace mención a las normas y responsabilidades en lo referente a temas ambientales; el Decreto 2104 de 1983 que busca la estructuración de la norma con respecto al sistema de

prestación del servicio del aseo; el Decreto Reglamentario 2462 de 1989 que expresa las regulaciones correspondientes a minas y canteras; el Decreto 605 de 1996 que menciona principios, responsabilidades y regulaciones al servicio público domiciliario de aseo; el Decreto 357 de 1997 que tiene por objeto controlar la gestión de residuos proveniente de actividades económicas como la construcción; el Decreto 1140 de 2003 que señala las obligaciones en las que debe incurrir la entidad prestadora del servicio de aseo en términos de salubridad y comunicación al usuario; el Decreto 1505 de 2003 que exhibe la importancia del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en los municipios y distritos; la Resolución 2309 de 1986 la cual manifiesta aspectos relacionados al manejo, disposición, uso y transporte de residuos sólidos; la Resolución 541 de 1994 que hace mención a la regulación del manejo de residuos de construcción; la Resolución 0189 de 1994 la cual restringe y regula la entrada de residuos peligrosos al país; la Resolución 1045 de 2003 la cual busca reducir el impacto negativo en el medio ambiente a través del establecimiento y definición de mejores prácticas para el manejo de residuos; la Resolución 1390 de 2005 que tiene como fin incentivar la recuperación de vertederos en los municipios; y el Documento CONPES 2750 de 1994 que considera la importancia de la educación y concientización de la ciudadanía en temas relacionados a la crisis medioambiental. La normatividad mencionada previamente, podrá ser consultada a mayor profundidad en el *anexo A*.

11.3 Normatividad sobre el reciclaje

En este apartado se profundizará acerca de la normatividad colombiana asociada al reciclaje, que, para efectos de este proyecto es de valor conocer, puesto que, el modelo a proponer en el desarrollo de este documento se compone sustancialmente de estrategias para la recuperación del material plástico tipo PET. En este mismo sentido, algunas de las principales leyes, decretos, resoluciones y documentos CONPES que involucran esta temática son el

Proyecto de ley N° 298-2020 de 2019 que busca incentivar a los consumidores a retornar los envases de único uso; el Decreto 1713 de 2002, el cual plantea regulaciones para el servicio público del aseo; la Resolución 1407 de 2018, que exige a los productores de envases y empaques la implementación y actualización de los Planes de Gestión Ambiental; la Resolución 2184 del 2019, que expone el código de colores para la correcta disposición de residuos; y el documento CONPES 3874 de 2016, el cual manifiesta la importancia de la incorporación de un sistema de economía circular en el país. Se podrá detallar a mayor profundidad dicha normatividad en el *anexo B*.

12 Marco fiscal

Esta sección abarca los incentivos que personas naturales o jurídicas reciben por parte del Estado al implementar acciones que benefician la recuperación del medio ambiente. Para esto se mencionarán dos artículos del estatuto tributario que aluden a dicha temática, el primero es el Artículo 255 del Estatuto Tributario, el cual da a conocer el descuento que recibirán las entidades que inviertan en la recuperación del medio ambiente; y el segundo es el Artículo 428 literales “f” e “i” del Estatuto Tributario manifiestan el no pago de impuesto que experimentarán todas aquellas personas naturales o jurídicas que importen maquinaria que mitigue el daño medioambiental. Se podrá encontrar mayor detalle de los mencionados artículos en el *anexo C*. Cabe destacar que, de acuerdo

13 Régimen sancionatorio

Este apartado tiene como fin ahondar en algunas de las principales normativas colombianas que imponen sanciones a aquellas personas naturales o jurídicas, que lleven a cabo actividades que perjudiquen de manera breve o generalizada la salud de los ciudadanos o

el bienestar de los ecosistemas. Algunas de las Leyes, Resoluciones y decretos afines al objetivo de este apartado son la Ley 1259 de 2008, la cual impone los comparendos ambientales con el fin de promover el buen manejo de residuos; la Ley 1333 de 2009, que da al Estado el poder de imponer medidas sancionatorias, a personas naturales o jurídicas, que cometan infracciones en relación al medio ambiente; la Resolución 2086 de 2010, que da a conocer la metodología que se deberá implementar para calcular el valor de un comparendo ambiental; y el Decreto 3678 de 2010, que menciona los criterios para poder implementar una sanción ambiental. El *anexo D* ahonda en la normatividad previamente mencionada.

14 Barreras para el reciclaje de plástico

Esta sección tiene como objetivo ilustrar al lector acerca de las barreras comúnmente vistas en la industria del reciclaje de plástico y así, contemplar variables de importancia a la hora de implementar y gestionar un modelo de negocio relacionado al reciclaje. Como se puede observar en la *figura 30*, las barreras más relevantes a la hora de hablar del reciclaje son las sociales, económicas, regulatorias, ambientales y técnicas. A continuación, se hará mención de cada una de ellas.



Figura 30. Barreras para la adecuada recolección y recuperación de residuos aprovechables.

Fuente: Adaptado de OECD (2018), UAESP (comunicación personal, 17 de septiembre de 2021), CEMPRE (comunicación personal, 8 de septiembre de 2021)

14.1 Barreras sociales

El ámbito social siempre ha sido un aspecto crítico y fundamental para la industria del reciclaje, especialmente debido al rol que adoptan los consumidores a la hora de hacer eficientes los procesos logísticos para que el reciclaje sea una realidad y las compañías pertenecientes a este ámbito logren ser competitivas. De acuerdo con la información brindada por algunas de las entidades gubernamentales relevantes de la industria como la UAESP y CEMPRE, se mencionarán las dos barreras sociales que impactan de forma más severa a la industria del reciclaje en Colombia (CEMPRE, comunicación personal, 8 de septiembre de 2021; UAESP, comunicación personal, 17 de septiembre de 2021): (1) La escasa cultura ciudadana del reciclaje, ya que esta es indispensable para que la industria sea lo suficientemente competitiva como para hacerle frente a los proveedores de materias primas vírgenes y pueda garantizar de manera simultánea condiciones laborales dignas para la población recicladora. (2) La informalidad y la falta de inversión en la educación de la población recicladora, puesto que esto evita que se desarrollen sistemas de recolección eficientes y organizados que logren ser altamente competitivos aprovechando las economías de escala.

14.2 Barreras económicas

Según el informe "Improving Markets for recycled Plastics Trends, Prospects and Policy Responses" de la OECD (2018), se lograron identificar que las principales barreras económicas a las que se enfrenta la industria son: (1) Los altos costos relacionados a las operaciones inversas tales como recolección, clasificación y recuperación de los residuos plásticos; esto se genera en primer lugar, debido a la poca cultura de clasificación de residuos susceptibles a ser aprovechados, la gran dispersión de residuos plásticos que existen principalmente en zonas urbanas y al volumen que ocupan estos residuos una vez recolectados;

en segundo lugar, debido a la gran variedad de tipos de plástico existentes, lo cual genera que la consolidación de economías de escala para cada tipo de plástico sea prácticamente imposible; y en tercer lugar, debido a que gran variedad de residuos plásticos contienen piezas adicionales que no pueden ser procesadas, generando que inmediatamente sean desechados o que los costos de remoción de dichas piezas se eleven. (2) La fragilidad de las empresas recicladoras ante la volatilidad del mercado, por ejemplo, cuando se presenta una caída en los precios de las resinas plásticas vírgenes o cuando existen fuertes cambios en la demanda nacional e internacional. (3) La falta de diferenciación de las resinas de plástico reciclado con respecto a las resinas plásticas vírgenes, lo que hace que siempre se visualicen las resinas de plástico reciclado como un producto sustituto. (4) Y finalmente, la información limitada en la industria del reciclaje debido a la falta de recolección, estructuración y seguimiento de datos actuales y altamente confiables.

14.3 Barreras técnicas

Según el informe "Improving Markets for recycled Plastics Trends, Prospects and Policy Responses" de la OECD (2018), se lograron identificar que las principales barreras técnicas a las que se enfrenta la industria son: (1) La falta de cobertura para la prestación del servicio de recolección de residuos en gran variedad de zonas a nivel mundial; dicha barrera incrementa por un lado, los niveles de informalidad de la población recicladora y, por otro lado, la disposición inadecuada de residuos en los sistemas naturales, lo que genera importantes efectos negativos sobre los ecosistemas y las especies silvestres que los habitan. (2) La dificultad a la hora de identificar en los residuos la presencia de diferentes tipos de plástico mezclado o contaminado. (3) La presencia de aditivos en la composición de los residuos plásticos, los cuales afectan los resultados finales de las resinas plásticas recicladas, puesto que, en varias ocasiones, estos aditivos buscan una degradación más rápida del material, provocando así una menor calidad y durabilidad. (4) Los altos costos logísticos asociados a la actividad del

transporte en la recolección de los residuos plásticos aprovechables. De acuerdo con una entrevista realizada a una funcionaria de la UAESP, en Colombia se están implementando tecnologías como los molinos y las compactadoras; estas tecnologías buscan que el reciclador tenga una herramienta práctica y de primera mano para que pueda compactar los residuos aprovechables de manera óptima y así maximizar la cantidad que este puede transportar por cada ruta o viaje realizado (UAESP, comunicación personal, 17 de septiembre de 2021). (5) La dificultad existente a la hora de diferenciar artículos plásticos elaborados a base de polímeros biodegradables en comparación con los sintéticos, ya que no siempre se pueden distinguir a simple vista, ocasionando que muchas veces los residuos sean clasificados erróneamente y se presenten fallas a la hora de procesar el plástico.

14.4 Barreras ambientales

Según el informe "Improving Markets for recycled Plastics Trends, Prospects and Policy Responses" de la OECD (2018), se lograron identificar que las principales barreras ambientales a las que se enfrenta la industria son: (1) La presencia de aditivos peligrosos en los residuos plásticos, lo que puede traducirse a la hora de reciclarse, en grandes consecuencias para la salud de los seres humanos, especialmente cuando existe contacto con productos alimenticios. (2) La alta competitividad existente entre el proceso de reciclaje y el de incineración, por el grado de dificultad de los procesos y la variabilidad de la rentabilidad, lo que provoca que en ocasiones sea más viable y factible direccionar gran parte de los residuos plásticos a plantas de energía para su respectivo aprovechamiento, generando así grandes consecuencias climáticas.

14.5 Barreras regulatorias

Según el informe "Improving Markets for recycled Plastics Trends, Prospects and Policy Responses" de la OECD (2018), se lograron identificar que las principales barreras regulatorias a las que se enfrenta la industria son: (1) La comercialización ilegal de residuos plásticos, la cual facilita el desarrollo de operaciones de reciclaje sin ningún tipo de control o supervisión por parte de entidades autorizadas, genera mayores índices de contaminación, y promueve e incentiva los salarios injustos; además, este tipo de comercialización favorece la quema intensiva de residuos para obtener un tipo de combustible económico sin control alguno de la generación de emisiones. (2) El bajo control existente con respecto al vertimiento y la quema de residuos.

15 Fomento y programas de apoyo para los negocios verdes

El país ha venido desarrollando múltiples proyectos con el fin de promover y estimular la gestión sostenible en el país; entre ellos se encuentran: (1) El Plan Nacional de Negocios Verdes propuesto por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en conjunto con las Corporaciones Autónomas Regionales, los Institutos de Investigación, y las Entidades Públicas y Privadas. Dicho plan tiene por objetivo incentivar el desarrollo de los negocios verdes, incrementar los índices de empleabilidad, fortalecer las ventajas comparativas ambientales con las que cuenta el país y conservar los recursos naturales (Ministerio de ambiente, s. f.). (2) El Programa Nacional de Biocomercio Sostenible, el cual busca incentivar, orientar y apoyar la creación de negocios fundamentados en el uso, transformación y comercialización sostenible de recursos provenientes de la "Biodiversidad Nativa" (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014a). (3) Los instrumentos económicos impuestos por el gobierno para dar cumplimiento a los objetivos ambientales del país; algunos de estos instrumentos son el "Eco

etiquetado” que consiste en la impresión de un sello en el empaque de los productos que, a través su ciclo de vida, cuentan con buenas prácticas medioambientales; el “Mecanismo de Desarrollo Limpio” que consiste en suministrar certificados a aquellas entidades que implementan estrategias para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero; y el “Pago por servicios Ambientales” que tiene por objetivo brindar incentivos a proveedores de servicios ambientales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014b). (4) Los instrumentos Tributarios impuestos por el gobierno para dar cumplimiento con los objetivos ambientales del país; algunos de estos instrumentos son las “Deducciones de IVA” las cuales se presentan a la hora de adquirir maquinaria o herramientas que sean parte esencial en algún proceso beneficioso para el medio ambiente como lo puede ser el monitoreo ambiental, el reciclaje, el tratamiento de aguas residuales, o para reducir y controlar las emisiones; y las “Reducciones de Renta” que se presentan una vez se realizan inversiones para el control y mejoramiento ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014b). (5) El programa de “Negocios Verdes Innovadores” en Bogotá, el cual busca convocar y seleccionar un número determinado de entidades con iniciativas sostenibles para brindarles un entrenamiento intensivo enfocado en el fortalecimiento de los procesos productivos y de la comercialización de sus bienes o servicios de manera que se encuentren alineadas con el progreso sostenible de la ciudad (Secretaría de Desarrollo Económico, s. f.).

16 Impacto social de la industria del reciclaje

En Colombia la industria del reciclaje ha generado repercusiones sociales negativas de alto impacto. Para empezar a puntualizar y contextualizar el entorno social que se encuentra relacionado con la industria del reciclaje, primero se debe entender que la gestión de las basuras y de los residuos sólidos aprovechables tiene que ver en gran medida con toda población altamente consumista. El fenómeno de las basuras y su generación han sido permanentemente

actividades que como sociedad son realizadas de forma pasiva y que deben ser supervisadas para evitar la aparición de numerosas consecuencias negativas. Teniendo claro lo estipulado anteriormente, es factible englobar los impactos sociales de la industria del reciclaje en dos aspectos fundamentales: la vulneración de la población recicladora y la cultura ciudadana que existe frente al reciclaje.

La población recicladora ha sido catalogada por el gobierno colombiano como una “Población vulnerable”, la cual se define como: “Grupo de personas que se encuentran en estado de desprotección o incapacidad frente a una amenaza a su condición psicológica, física y mental, entre otras.” (Ministerio de Educación, s. f., párr.1). Esta ha sido catalogada como población vulnerable por el estado debido a que su trabajo es denigrante a los ojos de muchos ciudadanos colombianos. La ausencia de cultura y la ignorancia frente a la actividad del reciclaje han ocasionado que gran parte de la población colombiana discrimine a los recicladores de oficio cuando estos se encuentran recolectando material aprovechable. Han sido tan severos los actos de discriminación y denigración hacia la población recicladora que, de acuerdo con una entrevista realizada a la empresa CEMPRESA, en un principio la población recicladora no contaba con las garantías de los derechos fundamentales (CEMPRESA, comunicación personal, 8 de septiembre de 2021). El reciclaje fue para muchos habitantes de calle y desempleados una forma de subsistencia que poco a poco evolucionó en un trabajo organizado, trabajo que es reconocido hoy en día como digno y que cuenta con el apoyo de múltiples entidades públicas y privadas que buscan redefinir y dignificar la labor de los recicladores de oficio en Colombia. Gracias a la sentencia 724 del 26 de agosto del 2003 se le concede a la población recicladora la garantía de sus derechos fundamentales y de las condiciones laborales justas (CEMPRESA, comunicación personal, 8 de septiembre de 2021). El estado en su rol como gestor del servicio público de aseo ha reconocido e incorporado la labor de los recicladores de oficio a los programas de limpieza de las ciudades. Específicamente en

Bogotá, se consolidaron las Organizaciones de Recicladores como agentes que, en representación de los recicladores de oficio, trabajan de la mano con el gobierno con el objetivo de garantizar una correcta gestión de los residuos. La UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos) es la entidad encargada de apoyar y supervisar las labores de las organizaciones de recicladores a través del Registro Único de Organizaciones de Recicladores (RUOR) (UAESP, 2021b). Cabe destacar que el rol de entidades como la UAESP o CEMPRE, para formalizar e integrar la labor de los recicladores en la sociedad, es sumamente importante; incluso las propias organizaciones de recicladores, las compañías recicladoras y las productoras de productos plásticos han fomentado iniciativas para reconocer la labor del reciclador de oficio como un trabajo digno y sumamente valioso que garantiza un ambiente sano y menos contaminado. En otra sección de la entrevista realizada a la empresa CEMPRE (comunicación personal, 8 de septiembre de 2021), se destaca la importancia de la formalización de los recicladores de oficio como una oportunidad para generar un impacto social altamente positivo en la población de recicladores. La informalidad en la actividad del reciclaje ha ocasionado que gran parte de la población recicladora comparta características propias de otros grupos rechazados socialmente. Por ejemplo, a pesar de que los habitantes de calle componen tan solo el 4,11% del total de recicladores registrados en el RURO (Registro Único de Recicladores de Oficio) (UAESP, 2021a), gran parte de la ciudadanía bogotana considera que los recicladores son en su gran mayoría habitantes de calle, por lo que son relacionados con otros grupos socialmente discriminados. Por otra parte, la informalidad también afecta gravemente a la población recicladora a la hora de cubrir sus prestaciones sociales básicas; no solamente porque trabajan de forma independiente, sino porque algunos centros de acopio se aprovechan de la asimetría de la información del mercado para pagarle el material comprado al reciclador a un precio mucho más bajo (CEMPRE, comunicación personal, 8 de septiembre de 2021). Otra de las razones por las cuales la informalidad afecta negativamente a los recicladores se debe a los

altos costos de la ARL que ellos deben asumir debido a las condiciones de su labor diaria; además, algunos de ellos al no tener alguna visión o planificación diaria clara en sus finanzas, se les dificulta sostenerlas en su día a día.

Dado el contexto actual del país, es mandatorio que cualquier iniciativa relacionada con la recolección de material aprovechable, contemple en sí misma a los recicladores de oficio y fomente su participación activa como un rol fundamental para el óptimo desempeño del sistema de recolección. Esto no solo traerá múltiples beneficios propiciados por el gobierno, sino que además enaltecerá la imagen corporativa de aquellas empresas que se comprometan con esta causa social.

La cultura ciudadana frente al reciclaje es el segundo aspecto fundamental que engloba el marco social de la actividad del reciclaje. De acuerdo con CEMPRE, la cultura del reciclaje ha sido uno de los puntos críticos que el gobierno ha buscado incentivar mediante campañas y acciones estratégicas con el fin de que los residuos aprovechables sean correctamente separados en su fuente de origen. La falta de conciencia de los ciudadanos respecto al reciclaje desata consecuencias socialmente negativas que afecta principalmente a los recicladores, ya que su trabajo se vuelve mucho más difícil y costoso, lo cual empeora su calidad de vida y las condiciones laborales en las que se desempeñan. Debido a la gran importancia del rol que posee el consumidor en la cadena del reciclaje, el gobierno de Bogotá ha incentivado campañas como “Reciclar es la salida” y “La basura no es basura”; campañas que se han enfocado en la difusión de la cultura del reciclaje a través de videos educativos, el arte, la música y la cultura. En este tipo de campañas, actores como la secretaría de cultura son fundamentales para su adecuado desarrollo (Gobierno de Bogotá, 2020).

17 Casos de éxito a nivel mundial

Esta sección tiene por objetivo contextualizar al lector acerca de la gestión de residuos y los procesos de circularidad llevados a cabo en países considerados referentes a nivel mundial. Es por esto que se presentará el caso de dos países y se profundizará en cada uno de ellos.

17.1 Caso de Suiza

Suiza es un país ubicado en el centro de Europa que colinda con Francia, Alemania, Austria, Liechtenstein e Italia; dicho país cuenta con una población de 8.680.890 habitantes (Confederación Suiza, 2021b) y se caracteriza por tener altos índices de aprovechamiento de los residuos generados por todos sus residentes. A pesar de que el país cuente con uno de los volúmenes de residuos por habitante más altos del mundo, en la actualidad, recicla el 94% del vidrio, el 92% de las latas, el 86% del acero, el 83% de las botellas y el 67% de las baterías, así mismo cerca de 0.8 toneladas de residuos biogénicos anualmente son recolectados, separados y reciclados (Confederación Suiza, 2021a). Suiza tiene un enfoque de cero residuos y es por esto que aproximadamente el 52% de todos los residuos municipales son reciclados y el 48% restante es incinerado para brindarle energía a miles de hogares (Confederación Suiza, 2021a). La razón por la cual Suiza ha sido reconocido como uno de los países con mejores prácticas para el aprovechamiento de residuos, se debe esencialmente a las fuertes disposiciones legales existentes y a la escasez de recursos que allí se presenta, lo que motiva en gran medida la circularidad de los materiales. Algunos de los esfuerzos del gobierno Suizo por incentivar la circularidad de los residuos son: la imposición de regulaciones ambientales como lo es el caso del “Beverage Container Ordinance” que exige a todos los productores de bebidas con envases de vidrio, PET o aluminio recuperar el 75% o más de los residuos; la gran inversión monetaria

del PIB (1.8%) que destina el gobierno para asuntos de protección medioambiental en donde prima la gestión de residuos y de aguas residuales; y las evaluaciones de ciclo de vida que implementa el país con el fin de identificar el impacto que genera un producto y definir los métodos más adecuados de recuperación (Confederación Suiza, 2021a).

El sentido de compromiso y responsabilidad con el que cuentan los residentes suizos es bastante alto gracias a los esfuerzos del gobierno en términos educativos y sancionatorios; cuando un residente desea deshacerse de algún residuo, debe separarlo por sus partes y componentes esenciales (por ejemplo, en el caso de una bolsa de té, una persona debe separar la parte interna del té como un componente orgánico, la grapa como un componente metálico, el hilo como componente especial, la bolsa como papel y la etiqueta como cartón), almacenarlas temporalmente en su hogar y luego depositar cada una de ellas en el contenedor apropiado (Nation, 2017). Si algún ciudadano cuenta con residuos que no son aptos de ser reciclados o simplemente no está dispuesto a realizar este riguroso proceso de clasificación, deberá disponer los residuos en bolsas especiales que se consiguen en los supermercados u oficinas postales, las cuales están etiquetadas con “residuos no aprovechables” y en donde su valor dista entre los 0.9 y los 2.5 CHF, además en zonas específicas de Suiza, deben pagar un valor adicional para poder depositar estos residuos dependiendo de su peso (Cambio16, 2019) En caso tal de que una persona deseche los residuos sin haberlos clasificado, son susceptibles a ser sancionados por parte de la “policía de la basura” por un valor de hasta 9000 CHF (Hispanoamericanos Unidos, 2018).

Ahora bien, los residuos clasificados por parte de la ciudadanía en los contenedores especiales dispuestos y localizados por el gobierno en múltiples lugares estratégicos, son enviados a plantas de reciclaje para su correspondiente procesamiento; mientras que, los residuos no susceptibles a ser reciclados, son llevados a plantas incineradoras especiales para ser utilizados como combustible y así proporcionar calefacción a una gran proporción de la

población suiza; cabe señalar que dichas plantas cuentan con tecnología avanzada que no permite la emisión de gases o residuos nocivos para el medio ambiente (Hispanoamericanos Unidos, 2018).

17.2 Caso de Japón

Japón es una archipiélago ubicado en el océano pacífico y el mar de Japón, el país está conformado por aproximadamente 6.800 islas, de las cuales están habitadas 400; Japón cuenta con una población de 125.669.000 habitantes (Oficina de Información Diplomática, 2021) y se caracteriza por ser un consumidor estrella de plástico y ser el segundo mayor generador de residuos plásticos en el mundo (Swissinfo.ch, 2020) A partir del año 1982 cuando el gobierno japonés autorizó el uso de las botellas para el envase de los refrescos, marcó un hito en la historia de dicho país, ya que su consumo evolucionó y generó una percepción generalizada de pulcritud y limpieza para aquellos productos que hicieran uso de coberturas plásticas (nippon.com, 2019). Por lo general las grandes superficies utilizan desmesuradamente empaques y envoltorios en productos que realmente no lo requieren como lo son las frutas (FRANCE 24 Español, 2019). Por el exceso de generación de residuos, el gobierno japonés se vio en la obligación de tomar medidas con el fin de incentivar la separación en la fuente y aprovechar al máximo los materiales, para eso, impuso gran variedad de leyes como lo fue la del “Reciclaje de envases y embalaje” en el año 1977, que tuvo por objetivo la reducción de residuos de materiales plásticos, de vidrio, de cartón y de papel a través del reciclaje de los mismos; dicha actividad hasta la actualidad, ha sido llevada a cabo por la “Asociación Japonesa de Reciclaje de Envases y Empaques” que elige entidades comerciales de reciclaje para que presten el servicio en los diferentes municipios del país. No obstante, al ser tan limitada y en vista de los grandes volúmenes de consumo en la población japonesa, en el año 2000 dicha legislación evolucionó con el fin de abarcar mayor variedad de tipología de residuos como lo

es el caso de las latas de acero, las latas de aluminio, los cartones de papel, etc. (Ministry of the Environment Government of Japan, 1997) Cabe señalar que como son distintas las entidades comerciales de reciclaje que prestan el servicio en el país, cada localidad cuenta con procedimientos y horarios distintos para la clasificación y recolección de los residuos aprovechables y no aprovechables; siendo la entidad la responsable de informar a los habitantes sobre los días en que deben ubicar en las calles los residuos dependiendo su tipología (nippon.com, 2018). Cabe destacar que el gobierno japonés le facilita a los ciudadanos el cumplimiento de esta ley, ya que las empresas que hacen uso de empaques y embalajes están obligadas a informarle al consumidor la composición de dichos artículos y cómo estos deben ser dispuestos.

El habitante japonés ha incrementado su nivel de compromiso con el proceso de reciclaje en la medida en que el gobierno ha ido implementado estrategias de concientización y educación, y estrategias sancionatorias que castigan la inadecuada gestión de residuos. Este proceso ha llevado a que prevalezca un sentimiento generalizado en la sociedad denominado “mottainai” que significa “arrepentimiento por desperdiciar”, haciendo que la filosofía de las 4R (Reducir, Reutilizar, Reciclar y Respetar) se haga presente en el día a día de la gran mayoría de habitantes (BBC News, 2020).

No obstante, en vista de las problemáticas medioambientales y la escasez de recursos que continúan predominando en el país, el gobierno japonés en el año 2018 ha impuesto la meta de reducir la generación de desechos plásticos en aproximadamente 9,4 millones de toneladas previo al año 2030 (Swissinfo.ch, 2020), dicha meta se logrará gracias a la rigurosa clasificación que se le exige a los ciudadanos en la fuente, con el fin de identificar: (1) Los residuos susceptibles a ser recuperados a través del reciclaje (botellas, latas, cartón, papel, tetrapack, etc.). (2) Los residuos que pueden ser recuperados a través de la incineración para así abastecer de energía a las familias del país (comida, papel, ropa, etc.). (3) Los residuos que

no son combustible (cerámica, metales, vidrio, pilas, etc.). (4) Los residuos que son voluminosos (enseres, electrodomésticos, etc.) (nippon.com, 2018). Como bien se mencionó anteriormente, son las entidades comerciales quienes reciben la licitación por parte de la “Asociación Japonesa de Reciclaje de Envases y Empaques” y que pueden hacer el proceso de recolección de dichos residuos en zonas específicas; cada una de ellas cuenta con requerimientos diferentes para los habitantes como lo son los horarios y zona de recolección o las categorías de residuos que manejan, las cuales pueden ser de hasta 45 tipos distintos como se presenta en el municipio de Kamikatsu (nippon.com, 2018).

Según lo revisado durante este capítulo es importante considerar que los sistemas de recuperación de residuos, como se expuso en el caso de Suiza y Japón, deben contar con la participación activa del gobierno y de la ciudadanía para ser exitosos, igualmente es importante que el consumidor entienda la importancia del reciclaje y cómo se debe disponer el empaque de lo que se está consumiendo. Por otro lado, el funcionamiento del sistema de recolección de los residuos en ambos países se sustenta gracias al manejo de una logística adecuada que permite que la recolección se dé de manera oportuna, evitando así múltiples inconvenientes asociados al manejo sub-óptimo de los residuos y asociados de igual forma a la dispersión de estos.

18 Diseño del modelo piloto de recolección de residuos PET

18.1 Descripción del modelo de negocio

A lo largo del desarrollo de este proceso de investigación y contextualización se pudo evidenciar que existen múltiples problemáticas que frenan el progreso de la industria del reciclaje. Particularmente en el contexto colombiano, se lograron identificar 4: La excesiva generación de residuos sólidos, siendo el plástico uno de los de mayor participación; la carencia

de cultura ciudadana; la percepción errónea que mantiene la sociedad frente a la labor desempeñada por los recicladores de oficio y las ineficiencias logísticas en las que gran parte de las organizaciones de la industria del reciclaje incurren. Por lo tanto, en este apartado se tiene por objetivo plantear un modelo de recolección que mitigue las problemáticas críticas de la industria del reciclaje, mientras que simultáneamente, se transforman los impactos negativos en positivos teniendo en cuenta el ámbito social, ambiental, cultural, económico y político.

Para entender el funcionamiento de dicho modelo es importante detallar las actividades clave y los actores que intervienen en el proceso. Para ello, se diseñó un diagrama Swim-Lane (Value Stream Map de la metodología Lean Six Sigma) que busca explicar las relaciones que existen entre las actividades y los diferentes actores; dicho diagrama podrá ser detallado en la *figura 31*.

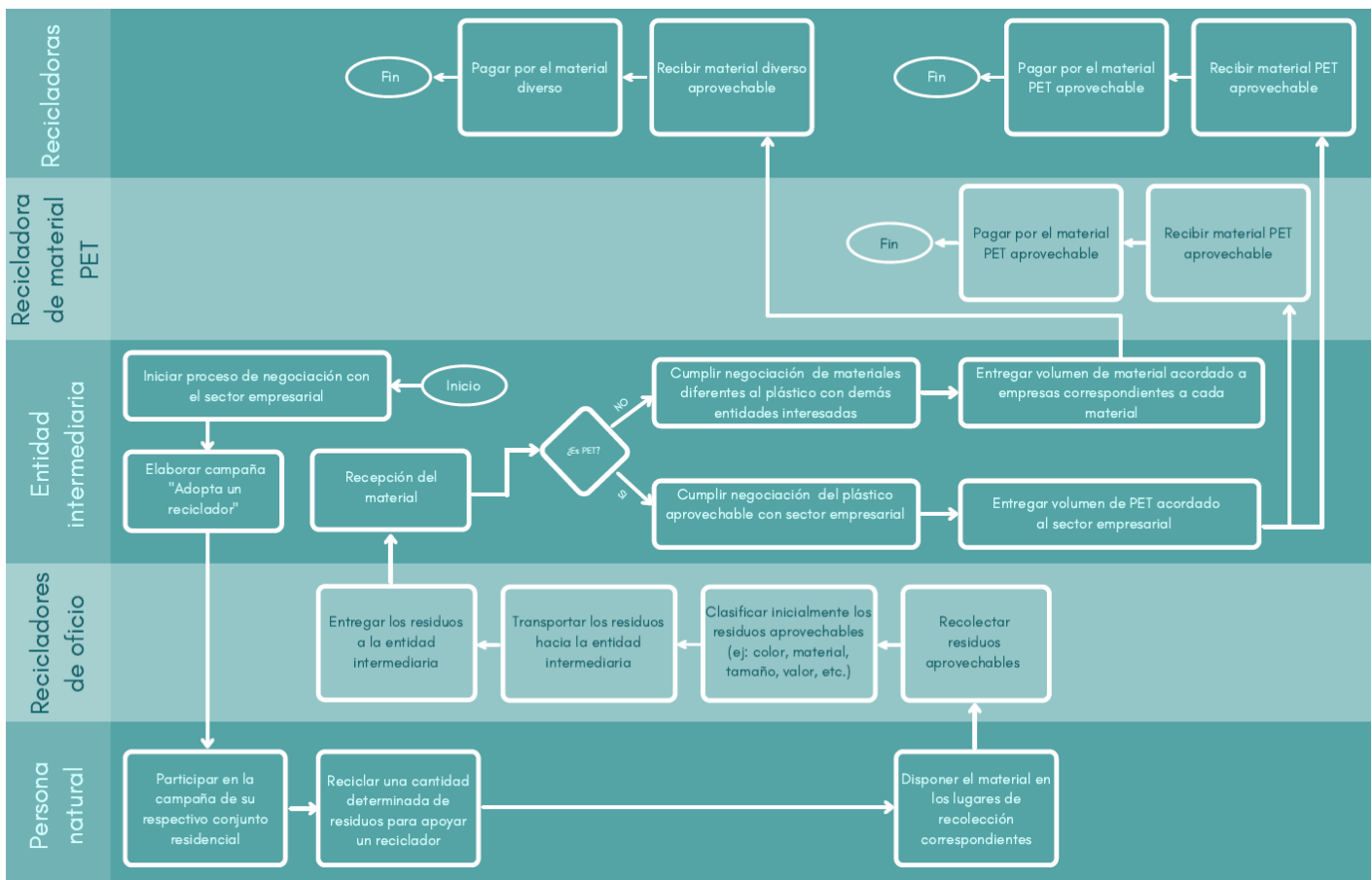


Figura 31. Diagrama de Flujo Swim-Lane.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura anterior, el modelo consistirá en establecer una entidad intermediaria encargada de la prestación del servicio público de reciclaje en conjuntos residenciales e instituciones educativas pertenecientes a la localidad de Suba donde no existan contratos vigentes para la prestación de este servicio con alguna otra entidad. El objetivo principal de este modelo es poder contar con el apoyo de los recicladores de oficio a través de la contratación de sus servicios, donde dicha contratación se regirá bajo los lineamientos dictados por el gobierno. Pese a que la entidad intermediaria requiere que sus recicladores de oficio recolecten en su mayoría plástico tipo PET, recibirá otro tipo de residuos comunes (plásticos rígidos, cartón, vidrio, metal, cobre, etc.) con el fin de obtener una fuente de ingreso adicional y facilitar la tarea diaria del reciclador incentivando su fidelización en la compañía.

Grosso modo, la estrategia para incrementar los índices de efectividad en el proceso de recolección se abordará a partir de tres ejes: (1) La capacitación a recicladores; (2) la adopción de tecnologías 4.0 para la ejecución de los procesos logísticos, operativos y administrativos; (3) y la gestión de campañas de concientización y sensibilización dirigidas principalmente a los conjuntos residenciales (usuarios directos de la compañía), siendo pionera la localidad de Suba.

En primer lugar, la capacitación será realizada de manera permanente a los colaboradores de la compañía con el fin de fortalecer sus conocimientos técnicos y prácticos, lo que permitirá realizar procesos de selección y recolección de residuos más rápidos y eficientes, y a su vez, incursionar en la profesionalización de la actividad del reciclaje. En segundo lugar, la adopción de tecnología permitirá optimizar el flujo de información, tener mayor acierto en los pronósticos y procesos de negociación, y optimizar los tiempos implementados en los procesos de inspección y clasificación. Finalmente, se llevará a cabo, en los conjuntos residenciales, una campaña permanente denominada “Adopta un reciclador” la

cual tendrá por objetivo incentivar la adecuada separación en la fuente; dicha campaña consistirá en dar a conocer a las diferentes familias de los conjuntos residenciales, la vida cotidiana de cada reciclador e incentivarlos a adoptar alguno. Dicha adopción es simbólica, pero compromete a las familias a separar correctamente en la fuente, ya que serán conscientes de que parte de los recursos obtenidos a partir de la recolección se destinarán a los recicladores y sus familias. El proceso de adopción será práctico y sencillo, ya que las familias que lo realicen deberán registrarse con sus datos personales a la campaña y etiquetar las bolsas que se utilicen para el reciclaje con pegatinas. Dichas pegatinas contendrán el nombre del reciclador asignado y se utilizarán para diferenciar las bolsas que contengan material aprovechable.

Como se puede observar en la *figura 32*, la propuesta podrá ser representada a través del modelo Canvas. Este modelo es un esquema que permite visualizar fácilmente los componentes esenciales en el proceso de desarrollo de un modelo de negocio exitoso.



Figura 32. Modelo de negocio Canvas - Red de recolección.

Fuente: Elaboración propia

A nivel conceptual este modelo se divide en 8 grandes categorías que se deben analizar y fundamentar en torno a la propuesta de valor. Dichas categorías se subdividen en: (1) Segmentación de clientes, (2) relación con el cliente, (3) canales, (4) recursos clave, (5) actividades clave, (6) socios clave, (7) estructura de costos, (8) y fuente de ingresos. A continuación, se detallarán cada uno de los aspectos que se resumen en el modelo Canvas (Economipedia, 2017).

18.1.1 *Oferta de valor*

El concepto de oferta de valor destaca aquellas ventajas competitivas con las que cuenta el modelo de negocio y que le permiten diferenciarse frente a otros actores pertenecientes a la industria. La oferta de valor se puede desarrollar desde múltiples ámbitos del modelo de negocio siempre y cuando el cliente la perciba y esté dispuesto a pagar por ella (Economipedia, 2017). Bajo las consideraciones de este proyecto, la oferta de valor se describe como: Un modelo de recolección prestador de un servicio de intermediación en la industria del reciclaje que, a través de una estructuración logística costo-eficiente y a múltiples estrategias de concientización, permita asegurar grandes volúmenes de residuos PET aprovechables, dignificar la labor del reciclador y mitigar el impacto ambiental generado por la excesiva generación de residuos plásticos.

18.1.2 *El segmento de consumidor*

El concepto de segmento de consumidor se establece como un grupo de actores a los cuales se quiere dirigir un producto o servicio con el fin de satisfacer sus necesidades, y a su vez, recibir una contraprestación. Para definir el segmento de consumidor, es de suma importancia determinar las características y los patrones comunes que prevalecen en ese grupo

de actores objetivo. Mediante esa identificación de patrones y características, el modelo de negocio estará en la capacidad de desarrollar e implementar estrategias de negocio que sean acordes al grupo elegido y que garantice el cumplimiento de los objetivos propuestos. En este caso el segmento de consumidor estará compuesto esencialmente por todas aquellas compañías recicladoras de residuos plásticos que requieran flujos altos y constantes de material plástico aprovechable para realizar su operación y que, a su vez, estén interesados en contar con miembros en su cadena de suministro que posean procesos responsables a nivel ambiental y social.

Mediante las estrategias logísticas y de negocio que se detallan en esta sección, será posible recolectar el material plástico suficiente como para generar una oferta de valor diferenciadora para las empresas recicladoras. Cabe señalar que el modelo puede contemplar algunos clientes potenciales como: Plastilene, Apropet, Biocirculo, EKORED, y demás grandes, pequeñas y medianas empresas de reciclaje.

Por otra parte, se tendrán en consideración a las personas de entre 20 y 40 años con un alto grado de conciencia ambiental como un segmento de consumidor potencial para el desarrollo de la campaña “Adopta un reciclador” que se realizará a través de la administración de los conjuntos residenciales y la participación activa de los representantes de la organización. El área geográfica que delimita este segmento de consumidor se encuentra restringida a la localidad de Suba para las etapas iniciales del diseño del modelo de recolección.

18.1.3 *Relación con el cliente*

La relación con el cliente es un elemento fundamental para describir la forma en que se espera conservar los lazos comerciales con los clientes y a su vez generar vínculos emocionales en los mismos. Las relaciones buenas y perdurables con el cliente garantizan que el modelo de

negocio pueda, con un alto índice de probabilidad contar permanentemente con un flujo de ingresos que sostenga el crecimiento del modelo.

Para el éxito de este modelo de negocio es fundamental que las relaciones comerciales con el cliente sean duraderas, de confianza y proyectadas al largo plazo. Se espera que el modelo de recolección propuesto permita generar y mantener relaciones comerciales fuertes gracias al aprovisionamiento confiable de material plástico aprovechable. Lo anterior se genera debido a que, como se menciona en capítulo 3.1 “Industria del reciclaje del PET”, el aprovisionamiento de material es uno de los problemas más críticos que sufre la industria, pues la ciudad carece de los medios para suministrar los grandes volúmenes de material que requiere la industria del plástico.

Por último, para obtener relaciones comerciales sólidas y de alto impacto, es de vital importancia generar dinámicas de crecimiento mutuo a través de las cuales sea posible cooperar y mejorar el desempeño de la cadena de suministro.

18.1.4 *Canales de venta*

Los canales de venta son aquellos medios por los cuales se tiene contacto con el cliente y se le da a conocer la oferta de valor. Los canales de venta son estratégicos para el modelo de negocio en la medida en que estos delimitan el alcance que puede llegar a tener lo que el modelo tiene para ofrecer. Estos canales están fuertemente ligados al segmento de clientes y son determinantes para captar la atención en los mismos.

Bajo el contexto de este modelo, los canales de venta mediante los cuales se busca establecer contacto directo con los clientes son las páginas web, redes sociales, visitas comerciales y el voz a voz. Las visitas comerciales serán el primer punto de contacto que se implementará en este modelo de negocio con el fin de captar y forjar lazos comerciales fuertes

con los primeros clientes. Por otro lado, canales como las redes sociales y las páginas web tendrán el principal objetivo de atraer clientes potenciales y dar visibilidad al modelo. A futuro, cuando la compañía se encuentre consolidada, será ideal contar con los servicios prestados por los BPO's, ya que estos se encargarán de contactar al cliente frecuentemente durante todo el proceso de negociación, brindándole cercanía y soluciones óptimas para crear lazos de confianza y ofrecer garantías frente a los servicios prestados.

18.1.5 *Actividades clave*

El objetivo de las actividades clave es apoyar el desarrollo y cumplimiento de la propuesta de valor para diferenciar el modelo de negocio de otros similares o pertenecientes a la industria. Este modelo de negocio contemplará actividades clave como lo son: la Responsabilidad Social Empresarial (RSE), la Gestión Logística, Retención del Capital Humano, Marketing y Ventas, Fidelización del cliente, Planeación Estratégica y Gestión del Conocimiento. En conjunto, todas las actividades clave permitirán consolidar el negocio, tener trazabilidad de todos los aprendizajes, desarrollar estrategias continuas con base a múltiples escenarios y fortalecer la construcción de la imagen empresarial percibida por la sociedad.

18.1.6 *Recursos clave*

Los recursos clave son aquellos elementos de carácter tangible o intangible que son fundamentales para llevar a cabo la propuesta de valor. Es de vital importancia, que los recursos clave del modelo de negocio sean planificados y adquiridos en función de la operación y que a su vez sean lo suficientemente aptos para garantizar los objetivos esperados.

Para consolidar la operación óptima de este modelo de negocio es importante tener en cuenta los recursos clave que impactan de forma directa el desempeño de la red de recolección.

Entre estos recursos se encuentran: La marca, el Know How, la maquinaria, los centros de acopio, los recicladores capacitados y los colaboradores administrativos.

Inicialmente, la marca es un recurso clave ya que mediante esta se transmitirá confianza y se sensibilizará a la población frente a los problemas sociales propiciados por la informalidad del trabajo de los recicladores de oficio. En segundo lugar, el Know How es fundamental a la hora de establecer criterios sólidos para la correcta administración y operación del modelo de recolección, puesto que es importante fundamentar a nivel teórico y operativo todas las estrategias de negocio. En tercer lugar, la maquinaria y tecnología es fundamental para ejecutar y optimizar la gran mayoría de operaciones logísticas del modelo, volviéndose esta variable una esencial para el crecimiento sostenido de la organización, teniendo en cuenta las variables críticas externas e internas del mercado a las que el negocio se expone en su día a día; siendo importante que este crecimiento sea coherente con las oportunidades y comportamientos del mercado. En cuarto lugar, es crítico que los centros de acopio cumplan con todas las exigencias y requisitos del gobierno colombiano para lograr ser parte de las entidades prestadoras del servicio público de reciclaje y así disponer de un ingreso extra que permita reconocer en mayor medida la labor del reciclador de oficio y avanzar en su formalización. Dichos centros de acopio deben contar con una adecuada planeación interna de las operaciones y de la disposición del espacio y de los recursos para ser completamente eficiente y que a su vez optimice variables fundamentales de la logística como lo son el costo, el tiempo y el espacio. En quinto lugar, la profesionalización y formalización de los recicladores es sumamente importante para lograr desarrollar procesos de recolección mucho más eficientes, así como captar grandes volúmenes de residuos plásticos. Este recurso es crítico ya que los recicladores de oficio son los primeros en tener contacto directo con el residuo y son el medio a través del cual éste llega a las empresas que los pueden reciclar. La formalización de los recicladores será clave además para garantizar que el número de residuos recolectados pueda ser cuantificado y genere información pertinente

para la óptima planeación de las operaciones y para dar constancia al gobierno respecto a lo recuperado. Por último, los colaboradores administrativos serán fundamentales en la planeación, coordinación y dirección de todas las actividades de negocio esenciales para garantizar el crecimiento continuo y sostenible del modelo mientras, de forma simultánea, se cubren los intereses de todos los stakeholders. Por otra parte, la representación y generación de relaciones con otras entidades y actores es importante a la hora de generar alianzas, negociaciones, y expandir y mejorar la operación. Además de gestionar las relaciones, la gestión de los recursos es clave para el óptimo desempeño del negocio, puesto que es ideal balancear los recursos en paralelo con las condiciones del mercado y el crecimiento organizacional.

18.1.7 *Socios clave*

Los socios clave son aquellos actores de los cuales el modelo depende para su óptimo desempeño. Contar con el apoyo de los socios clave, puede potenciar y mejorar las operaciones, el crecimiento organizacional y la reducción del margen de error.

En este caso, es de vital importancia contar con socios clave para asegurar el crecimiento orgánico de la organización y garantizar en todo momento el bienestar del reciclador de oficio. Gracias a los socios clave será posible mantener un equilibrio entre los recursos que se reciben, las operaciones al interior de la compañía y la distribución o venta de los residuos. A continuación, se detallarán los actores críticos para el buen funcionamiento de este modelo:

En primer lugar, el reciclador de oficio, como se mencionó anteriormente, es quien tiene contacto con el residuo y coordinarlos y organizarlos entre sí permitirá que la compañía cuente con el suficiente volumen de material aprovechable para negociar efectivamente con los

clientes potenciales; al ser los recicladores un socio clave, es importante que la organización desarrolle estrategias de retención y fidelización de estos colaboradores con el fin de que exista transparencia mientras trabajan de la mano de la organización. En segundo lugar, es importante aclarar que las asociaciones de recicladores serán un socio clave ya que se tienen el objetivo de generar alianzas con ellas para hacer del proceso de recolección uno más eficiente; la expectativa es que a futuro gran parte de las organizaciones se puedan integrar en un modelo de recolección único que, apoyándose en el trabajo colaborativo, se traduzca en mayores beneficios al captar una mayor cantidad de residuos aprovechables. En tercer lugar, los centros de reciclaje serán socios importantes al ser nuestros clientes principales ya que es importante generar fuertes lazos comerciales mediante estrategias de fidelización que permitan asegurar la venta de la totalidad o la mayoría de los residuos. Una de las estrategias de retención de las empresas recicladoras radicarán en la acción social que el modelo contemplará con los recicladores de oficio, en donde las empresas recicladoras puedan mejorar su imagen corporativa y apoyar con su compra de materia prima una causa social. En cuarto lugar, los conjuntos residenciales serán un socio clave esencial para asegurar un volumen alto y constante de residuos mientras se reducen en gran medida los costos logísticos; la expectativa es que todos los hogares que hagan parte del programa “Adopta un reciclador” se comprometan activamente en separar adecuadamente los residuos aprovechables y suministrarlos utilizando las bolsas blancas para su clasificación; gracias a esto, el margen de error a la hora de clasificar los plásticos se minimizará, mientras que las rutas recorridas por el reciclador serán mucho más productivas y provechosas. En quinto lugar, los donantes serán actores que apoyarán las acciones sociales que favorezcan tanto al reciclador como a la sociedad y medio ambiente en general; esto se logrará mediante campañas de sensibilización que expongan la realidad de las poblaciones y ecosistemas que se ven impactados de forma negativa debido a las conductas indebidas e inconscientes de la sociedad. En sexto lugar, los inversionistas serán aquellos

actores que buscarán apoyar monetariamente el modelo en su proceso de desarrollo y formación con la expectativa de obtener una rentabilidad a futuro. En octavo lugar, el gobierno es fundamental para el desarrollo exitoso del modelo ya que existen múltiples beneficios asociados a la vinculación de la prestación del servicio público de aseo de la ciudad y al programa de negocios verdes; estos beneficios se pueden visualizar en términos monetarios, de exhibición, alianzas, colaboraciones, formación, entre otros.

18.1.8 Estructura de costos

La estructura de costos es un factor clave para evidenciar la magnitud de los requerimientos y del musculo financiero que exige el modelo de negocio. Para esto, es importante tener en cuenta todos aquellos costos necesarios para poner en marcha el modelo de negocio y aquellos que se deberán asumir una vez el modelo esté en funcionamiento. En el caso del modelo de recolección, algunos de los costos que necesariamente se deben asumir para poder llevar a cabo el proceso son, la inversión en maquinaria, vehículos, compactadoras manuales y el capital humano para el desarrollo de la estrategia logística y administrativa. Ahora bien, durante el funcionamiento del proyecto, se deben asumir costos como lo son los salarios de los operarios y el personal administrativo, la compra del material recuperado a los recicladores, la formación continua del personal y los servicios tercerizados. Cabe señalar que dicha estructura podrá ser detallada en el capítulo 18.2 “Metodología de proyecciones y costeo”.

18.1.9 Fuente de ingresos

Esta sección es esencial para determinar a través de que rama o actividad surgirán los ingresos esperados. Si bien, lo común es contar con una única fuente de ingresos principal,

siempre es posible diversificar el origen de los ingresos. Contrastando la fuente de ingresos con la estructura de costos, es posible determinar si el proyecto es sostenible a nivel financiero y se puede mantener a sí mismo. Para efectos de este modelo, algunas de las fuentes de ingresos que se percibirán serán las de las ventas del material clasificado y compactado a las empresas recicladoras, las donaciones, la comisión por venta de otros materiales y el patrocinio que se brinda a las empresas recicladoras y fabricantes de artículos plásticos que hagan uso del material entregado por el modelo de negocio.

18.2 Metodología de proyecciones y costeo

Esta sección tiene como objetivo brindarle al lector una percepción realista frente a las implicaciones que conlleva la financiación y puesta en marcha del modelo de negocio propuesto para la recuperación de material PET aprovechable en una proyección a 5 años.

Para lograr este cometido, se efectuaron los siguientes pasos: (1) Realizar la segmentación de la población objetivo, (2) definir la proyección de ventas a 2026, (3) plantear los objetivos de recuperación en función del Market Share, (4) definir la necesidad semanal para el cumplimiento de la meta en función del Market Share, (5) definir el costo de ventas, (6) definir los gastos, (7) definir los costos de desarrollo, (8) definir el costo variable por tonelada de PET recuperado (9) definir el flujo de caja, (10) y definir el estado de resultados. Teniendo en cuenta lo anterior, se procederá a hacer una profundización de cada variable de modo que, al finalizar este apartado, el lector cuente con la capacidad suficiente de ajustar cualquier aspecto mencionado en función de las condiciones propias del entorno.

18.2.1 Segmentación de la población objetivo

La segmentación de la población objetivo es el primer paso para poder realizar la proyección de ventas. Para efectos de este proyecto, la segmentación se realizó contemplando: (1) La población en Colombia, (2) la población en Bogotá, (3) la población en Suba, (4) el número promedio de personas situadas en apartamentos, (5) las toneladas de residuos sólidos por persona, (6) las toneladas de residuos sólidos por el total de personas que viven en apartamentos en Suba, (7) las toneladas de residuos sólidos aprovechables por el total de personas que viven en apartamentos en Suba, (8) y el Market Share. Cabe señalar que la información extraída para propósitos de este análisis debe ser altamente confiable con el fin de minimizar el margen de error.

La *tabla 7* es una representación del ejercicio con datos obtenidos a partir de fuentes oficiales como lo es el DANE. Como se puede observar, los primeros 3 datos surgen a partir de un riguroso proceso de investigación, sin embargo, dicha información no es suficiente para dimensionar el número de apartamentos existentes en la zona, la generación de residuos sólidos y la generación de residuos sólidos aprovechables.

Tabla 7.

Segmentación de la población objetivo**Segmentación de la Población Objetivo**

	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (6)
Población Colombia	51.049.498	51.609.474	52.156.254	52.691.440	53.216.592	53.732.415
Población Bogotá	7.834.167	7.901.653	7.968.095	8.034.649	8.101.412	8.168.421
Población Suba	1.252.675	1.273.909	1.294.358	1.313.453	1.332.958	1.351.651
Pers. en apto	754.862	767.658	779.980	791.487	803.240	814.505
Tons. de RS / pers.	0,553	0,566	0,580	0,594	0,608	0,623
Tons. de RS / el total de pers. que viven en aptos. en Suba	417.439	434.709	452.294	469.988	488.422	507.165
Tons. de RSA / total de pers. que viven en aptos. en Suba	215.190	228.077	241.450	255.204	269.690	284.688
Market Share	0,39%	0,66%	0,86%	1,12%	1,45%	1,89%

Pers. Hace referencia a personas, RS hace referencia a residuos sólidos y RSA hace referencia a residuos sólidos aprovechables.

Fuente: Adaptado de DANE (2021), DANE (2020), Metro Cuadrado (2019)

Para ello, se investigaron las tasas correspondientes a dichas variables con sus respectivas proporciones (*tabla 8*), sin embargo, las tasas no cuentan con proyección alguna puesto que solo existe un registro histórico hasta el año 2018, es por esto que para el caso de la proporción de personas que viven en apartamento, la tasa del 60,26% se asumió constante en todos los años; para el caso del porcentaje de crecimiento de residuos sólidos obtenidos a través del DANE (kg / persona), se realizó el cálculo de las variaciones porcentuales registradas desde el año 2012 (456 kg/persona) hasta el año 2018 (553 kg /persona), con el objetivo de obtener el promedio de dichas variaciones y proyectarla de forma constante para años posteriores, a partir del cálculo, se pudo determinar que para el año 2021 los kilogramos generados por persona anualmente son de 553 y la variación de crecimiento promedio es de 2,40%; finalmente, para el porcentaje de aprovechamiento de los residuos sólidos se realizó el cálculo de las variaciones de la tasa a partir del 2012 (43%) hasta el año 2018 (51,5%), obteniendo así,

un promedio del 0,92% el cual fue aplicado a la tasa del 2018 en adelante. En la *tabla 9* se puede observar la proyección realizada para la generación de residuos sólidos por persona y para la tasa de aprovechamiento de residuos sólidos.

Tabla 8.

Tasas y participaciones

Tasas y Participaciones						
	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (6)
% que vive en apto	60,26%	60,26%	60,26%	60,26%	60,26%	60,26%
% crecimiento de RS	2,40%	2,40%	2,40%	2,40%	2,40%	2,40%
% aprovechamiento de RS	51,55%	52,47%	53,38%	54,30%	55,22%	56,13%

RS hace referencia a residuos sólidos.

Fuente: Adaptado de Metro Cuadrado (2019), DANE (2020)

Tabla 9.

Proyección de generación y aprovechamiento de residuos

Proyección Generación y Aprovechamiento de Residuos										
Variable	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Residuos / pers. (Kg)	456	415	492	469	477	497	515	527	540	553
Var. %		-9,0%	18,6%	-4,7%	1,7%	4,2%	3,6%	2,4%	2,4%	2,4%
Tasa de aprovechamiento	43,3%	43,1%	47,5%	45,3%	45,9%	49,6%	48,8%	49,7%	50,6%	51,6%
Var.		-0,2%	4,4%	-2,2%	0,6%	3,7%	-0,8%	0,9%	0,9%	0,9%

Pers. Hace referencia a personas.

Fuente: Adaptado de DANE (2020)

Una vez definido esto, se procedió a determinar las personas que viven en apartamentos en Suba, mediante la multiplicación entre el porcentaje de personas que viven en apartamento y la población en Suba. Luego, a partir de las proyecciones realizadas para la generación de residuos, se pudieron determinar las toneladas de residuos sólidos generados por persona para el año 2021 en adelante. Ahora bien, las toneladas de residuos sólidos para el total de personas que viven en apartamentos en Suba, fue hallada a través de la multiplicación entre las personas que viven en apartamento en suba y las toneladas de residuos sólidos por persona. Las toneladas de residuos aprovechables para el total de personas que viven en apartamentos en Suba fueron

determinadas a partir de la multiplicación entre las toneladas de residuos sólidos del total de personas que viven en apartamentos en Suba y la tasa de aprovechamiento. Por último, se definió un porcentaje de Market Share para cada año con respecto a la última variable segmentada; dicho porcentaje fue determinado inicialmente de manera tentativa con el fin de analizar el comportamiento de los resultados obtenidos a partir de este; al finalizar el desarrollo de la metodología de costeo, se corroboró que esa participación de mercado presentaba múltiples barreras para ser alcanzada, es por esto, que se redefinió el porcentaje para el año 1 pasando de ser 0,96% a ser de 0,66%, y de ahí en adelante incrementará anualmente en 30%.

18.2.2 *Proyección de ventas*

Una vez realizada la segmentación de la población objetivo, se determinará la proyección de ventas, la cual gracias a su contenido (ingresos, cantidades y precios), suministrará información altamente valiosa acerca del funcionamiento del modelo en una temporalidad de 5 años. Es preciso mencionar que con base en la investigación realizada en el transcurso de este documento, se asume que en la industria del reciclaje los precios se rigen por las fuerzas del mercado, en vista de que las resinas plásticas son consideradas como un commodity con capacidad mínima de diferenciación y que debe enfrentarse a variables como lo son los precios de las resinas plásticas vírgenes, la demanda y oferta de material, las opciones de procesamiento de residuos, y los costos operacionales (*figura 33*), sin embargo, el modelo de negocio propuesto anteriormente, permitirá que las resinas plásticas recicladas cuenten con un factor altamente diferenciador: “la responsabilidad social”; dicho factor será fuertemente impulsado a los ojos de la ciudadanía y permitirá enaltecer significativamente la imagen de las empresas recicladoras de material plástico y las empresas fabricantes de artículos plásticos que elaboren sus productos con material proveniente de este modelo de recolección, atrayendo así, mayor número de consumidores potenciales. A partir de lo mencionado, para efectos de este

análisis, se asumirá que el precio incrementará año tras año teniendo como base la inflación. Teniendo en cuenta todo el análisis realizado en la proyección de ventas, fue posible determinar las toneladas de residuos sólidos aprovechables que el modelo estima recolectar anualmente de acuerdo con el Market Share definido. Así mismo, el precio de venta promedio por tonelada se definió de acuerdo con la “Encuesta de precios del mercado de reciclaje en Colombia” realizada por Acoplásticos (2021), la cual se actualiza periódicamente los precios para los materiales reciclables teniendo en consideración los precios dados por múltiples empresas prestadoras del servicio público de aseo. Con la proyección del precio de venta por tonelada y de las toneladas a recolectar, se definen finalmente los ingresos anuales esperados resultantes de la operación.



Figura 33. Variables que afectan la formación del precio de las resinas plásticas recicladas.

Fuente: Adaptado de OECD (2018)

La *tabla 10* expone el resumen de la proyección de ventas obtenida a partir de la recolección de las toneladas de residuos PET proyectadas, que fueron determinadas teniendo en cuenta el tamaño de la población objetivo y la participación del Market Share deseada. Como se puede evidenciar en el año 0 (2021) no se espera generar ventas, ya que en este año se busca realizar la preparación de los requerimientos iniciales para dar comienzo a la operación, que en

otras palabras significa realizar la inversión inicial del proyecto para adecuarlo a la operación futura que comenzará a partir del año 2022. Como se puede observar, el nivel de ventas incrementa año a año gracias al crecimiento de las toneladas de residuos PET recuperadas y del precio producto de la inflación, pues se espera que el proyecto mantenga un crecimiento sostenido a través de los años debido a la ausencia de actores pertenecientes a la industria y a las líneas de acción en la rama ambiental con las que cuenta el gobierno en un periodo de 5 años, las cuales, involucran la promoción y apoyo de empresas que mediante su actividad buscan hacer frente a la problemática ambiental al encontrarse en una industria de gran potencial que se ve favorecida por el contexto colombiano actual.

Tabla 10.

Proyección de ventas

Proyección de Ventas						
	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (6)
Nivel de ventas (\$)	0	1.762.523.987	2.498.387.716	3.535.905.747	5.003.334.547	7.072.042.675
Cantidades (Tons.)	0	1.506	2.073	2.848	3.913	5.370
Precio (\$)	1.136.000	1.170.080	1.205.182	1.241.338	1.278.578	1.316.935
Inflación (%)	0	3%	3%	3%	3%	3%

Fuente: Adaptado de Acoplásticos (2021), Banco de la República (2021)

18.2.3 Escenario de recuperación

De acuerdo con la meta de participación de mercado que se busca alcanzar con el proyecto, se definieron las metas de recolección de material PET reciclable para cada año. Como se puede observar en la *tabla 11*, Se han definido las metas de recolección anuales y semanales con el fin de alcanzar la meta del Market Share al cierre de cada año. Los objetivos de recuperación se han expresado, por conveniencia, en toneladas y kilogramos. Adicionalmente, el objetivo de recuperación semanal se expresó de igual forma en metros cúbicos, puesto que, dadas las características físicas del PET, el volumen de los materiales

recolectados será la limitación bajo la cual se definirán los medios de transporte para la recolección y los diferentes recursos de la operación.

Tabla 11.

Objetivo de recuperación en función del Market Share

Objetivo de Recuperación en Función del Market Share						
Concepto	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (5)
Tons. / año	836	1.506	2.073	2.848	3.913	5.370
Tons. / semana	16,08	28,97	39,87	54,78	75,25	103,27
Kg. / año	836.007	1.506.328	2.073.037	2.848.464	3.913.202	5.370.076
Kg. / semana	16.077	28.968	39.866	54.778	75.254	103.271
m3. / semana	555	1.000	1.376	1.891	2.598	3.565

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la *tabla 12*, teniendo en cuenta el objetivo de recuperación de residuos PET aprovechables, se determinó el número de conjuntos de los cuales se deben recuperar los residuos permanentemente para alcanzar el Market Share Objetivo.

Tabla 12.

Necesidad semanal en función del Market Share

Necesidad Semanal en Función del Market Share						
Concepto	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (5)
Apartamentos	4.901	8.473	11.192	14.764	19.478	25.677
Conjuntos	25	42	56	74	97	128
Recicladores	6	10	14	19	25	35
Vans	6	10	14	19	25	35

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en función del número de conjuntos, se determinó el número de recicladores y Vans con las que el proyecto debe contar para realizar el proceso de recolección teniendo en cuenta los supuestos descritos en la *tabla 13*:

Tabla 13.***Supuestos para la definición de las necesidades semanales de la operación***

Supuestos	
Concepto	Valor
Material	PET
Cantidad	70%
Medio de Trans.	Van C35
# de aptos / conjunto	200
# de pers. / apto.	3

Pers. Hace referencia a personas.

Fuente: Elaboración propia

La *tabla 13* describe los supuestos generales que se realizaron con el fin de obtener los resultados de las necesidades semanales y los objetivos de recuperación. Para ello, se determinó que el medio de transporte a través del cual se recolectarán los residuos son las Vans modelo C35, las cuales transportarán un 70% de material PET aprovechable y un 30% de otro tipo de materiales. Por otro lado, se asumió la media de 200 apartamentos en cada conjunto y con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 se logró determinar que en la mayoría de los hogares habita un núcleo familiar promedio de 3 personas (Metro Cuadrado, 2019).

De acuerdo con el boletín técnico de cuenta ambiental y flujo de materiales del DANE (2020) la generación de residuos sólidos por persona al año es de 0,553 toneladas y, según este mismo informe, la tasa de aprovechamiento de estos residuos es del 51,55% para el año 2021. Esta tasa de aprovechamiento, al igual que la cantidad de residuos sólidos generados por persona, fueron obtenidas a partir de una proyección del comportamiento histórico de las tasas de aprovechamiento que el boletín técnico del DANE señalaba hasta el año 2018, dicha proyección se puede observar en la *tabla 9*. Con base a las toneladas de residuos sólidos generados por persona y la tasa de aprovechamiento de residuos sólidos se lograron estimar los kilogramos de material aprovechable que una persona genera diariamente. Posteriormente, se estimaron los kilogramos de residuos plásticos generados por persona al día partiendo de que

un 20% de los residuos sólidos aprovechables generados por la población son materiales plásticos. Este 20% se proyecta gracias al impacto esperado de las campañas de concientización y educación que se implementarán en los conjuntos residenciales a los cuales este modelo de recolección atiende, puesto que la tasa de generación actual de residuos plásticos aprovechables per cápita es del 7% (Tiempo, 2019). Finalmente, se proyectan los residuos plásticos aprovechables generados por los conjuntos residenciales al día y a la semana partiendo del supuesto de que en cada conjunto se encuentran alrededor de 200 apartamentos y partiendo del Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 que corrobora que la mayoría de los hogares están conformados por 3 personas (Metro Cuadrado, 2019). Toda la información mencionada acerca de las tasas de generación de residuos se resume a continuación en la *tabla 14*.

Tabla 14.

Tasas de generación de residuos

Tasas de Generación de Residuos

Concepto	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (5)
Tons. de RS / pers.	0,553	0,566	0,580	0,594	0,608	0,623
% aprovechamiento de RS	51,55%	52,47%	53,38%	54,30%	55,22%	56,13%
Kg aprov. / pers. diario	0,78	0,81	0,85	0,88	0,92	0,96
Kg plástico / pers. diario	0,16	0,16	0,17	0,18	0,18	0,19
Kg plástico / pers. semana	1,09	1,14	1,19	1,24	1,29	1,34
Kg plástico / conjunto semana	656	684	712	742	773	804
m ³ plástico / conjunto semana	22,65	23,60	24,59	25,61	26,67	27,77

Pers. Hace referencia a personas, RS hace referencia a residuos sólidos y aprov. hace referencia a aprovechables.

Fuente: Elaboración propia adaptado de la Boletín de cuenta ambiental del DANE (2020).

La metodología utilizada para proyectar los kilogramos de residuos generados por persona al día consistió en calcular las variaciones porcentuales de esta métrica en cada uno de los años desde el 2013 hasta el 2018; posteriormente se realizó un promedio de dichas variaciones y este fue utilizado para incrementar la cantidad de residuos generados por persona en el año 2018 hasta el año 2021. Con respecto a la tasa de aprovechamiento se calcularon las

diferencias porcentuales año a año con y luego se promediaron dichas diferencias para incrementar el valor del año 2018 hasta el año 2021.

18.2.4 Metodología para la estimación de recursos

Para alcanzar los resultados esperados del proyecto es importante considerar la cantidad óptima de recursos necesarios para la ejecución de la operación de recolección. Esencialmente se proyectaron las necesidades de 2 recursos fundamentales: los recicladores de oficio y el número de vehículos destinados a la recolección de residuos.

Los vehículos para la recolección de residuos se eligieron teniendo en cuenta los siguientes criterios principales: (1) Capacidad volumétrica de carga, (2) Nivel de autonomía, (3) Aptitud para operar en zonas residenciales, (4) y Relación costo/beneficio. La capacidad volumétrica de carga hace referencia a la capacidad que tiene el vehículo de almacenar grandes volúmenes de residuos plásticos; el nivel de autonomía se define como la cantidad de horas que el vehículo puede mantenerse operando sin requerir de una fuente de energía o combustible para funcionar nuevamente; la aptitud para operar en zonas residenciales considera las normas y requisitos que un vehículo debe cumplir para poder transitar en las zonas residenciales; finalmente, la relación costo/beneficio se evalúa partiendo de que el vehículo cumpla con todos los criterios anteriormente mencionados y a la vez mantenga un costo competitivo. Una vez realizada la evaluación de criterios para la elección del vehículo de recolección se logró determinar que el vehículo más conveniente para la operación es la Van modelo C35 (*figura 34*), sus características principales de operación se resumen a continuación en la *tabla 15*. Para mejorar la capacidad volumétrica de la Van se planea adecuar el vehículo con la instalación de una Big Bag (*figura 35*) en la parte trasera del mismo e instalar una caneca compactadora (*figura 36*) al interior para optimizar el espacio que ocupan los residuos.

Tabla 15.
Capacidad de carga en peso y volumen de la Van C35

Capacidades de Carga			
Capacidades Máximas	Van C35	Big Bag	Total
Peso (Kg)	980	1.000	980
Volumen (m ³)	4,15	0,81	4,96

Fuente: Elaboración propia



Figura 34. Fotografía Van modelo C35.

Fuente: Tomado de DFSK (2021)



Figura 35. Fotografía Big Bag.

Fuente: Tomado de NPD (s. f.)



Figura 36. Fotografía caneca compactadora.

Fuente: Tomado de Amazon (s. f.)

Como se puede observar en la *tabla 15*, la Van por defecto cuenta con una capacidad volumétrica de 4,15 m³; dicha capacidad será ampliada en 0,81 m³ con la instalación de un Big Bag en su parte trasera, lo cual habilitará una capacidad volumétrica total de 4,96 m³. La capacidad de carga en cuanto a peso de la Van es de 980 Kg. Para verificar que las capacidades de carga de la Van C35 sean suficientes para la ejecución de la operación se planteó un escenario hipotético en el que la Van ocupa en su totalidad sus capacidades de carga con el objetivo de recolectar plástico reciclable. De acuerdo con Interempresas (2018), una botella plástica de 600ml pesa aproximadamente 14,18 gramos y posee un volumen de 0,0005 m³ si es compactada previamente por una caneca compactadora. Suponiendo que una Van utilizara el 100% de su capacidad de carga para recolectar botellas plásticas compactadas de 600 ml, podría recolectar un total de 10.133 botellas, las cuales pesarían 143,69 kilogramos. Como se puede apreciar, llenando la Van únicamente de botellas PET se estaría utilizando el 14,6% de su capacidad de carga en términos de peso y el 100% de su capacidad volumétrica. Gracias a este supuesto fue posible determinar que la Van contará con una capacidad de carga en peso de mínimo 836,31 kilogramos (85,33% de su capacidad total) para el transporte de otro tipo de materiales.

Una vez realizada la validación de la aptitud de la Van C35 para la operación, se procedió a estimar las métricas de desempeño de las actividades diarias con el fin de determinar el número de Vans y recicladores necesarios que se deben contemplar con el fin de alcanzar la meta del Market Share propuesta. Dentro de las métricas de desempeño se contemplaron los tiempos promedio específicos que toman las actividades generales de la operación; dichas estimaciones se realizaron a partir de los supuestos del modelo y de entrevistas realizadas a un número determinado de recicladores de oficio. La *tabla 16* presenta la información descrita anteriormente.

Tabla 16.

Métricas de desempeño estimadas de la operación

Métricas de desempeño		
Criterio	Minutos	Horas
Tiempo de compactación	24	0,4
Tiempo de recolección / conjunto	150	2,50
Tiempo de trayecto	22	0,37
Tiempo total / Van Llena	196	3,27

Fuente: Adaptado de Recicladores de oficio (comunicación personal, 24 de octubre de 2021)

Las estimaciones realizadas para las actividades generales de la recuperación de residuos indican que un reciclador podría tardar alrededor de 3,27 horas visitando un conjunto, clasificando los residuos aprovechables, compactando dichos residuos y finalmente, ingresándolos al interior de la Van. Dado que se espera que un conjunto genere 22,65 metros cúbicos de residuos plásticos para el año 2021, se asume que una Van ocupará su capacidad máxima de carga visitando un solo conjunto. Teniendo en cuenta esta estimación se proyectaron las capacidades de recolección de la operación partiendo del supuesto de que las Vans se encontraran ocupadas permanentemente.

Dadas las métricas de desempeño descritas en la *tabla 16* y considerando la tasa de generación de residuos plásticos generados por los conjuntos semanalmente se estimaron las capacidades de la operación que se pueden observar en la *tabla 17*.

Tabla 17.

Capacidades estimadas de la operación

Capacidades de la operación	
Concepto	Valor
Cargas completas / día	3
Carga / día (m ³)	14,88
Carga / semana (m ³)	104,16
Carga / mes (m ³)	416,64

Fuente: Elaboración propia

En un turno laboral de 8 horas diarias una Van podría recoger aproximadamente 3 cargas completas de material aprovechable al día y cada carga cuenta con 4,96 metros cúbicos de material. Esto garantizaría que en el día una Van pueda recoger 14,88 metros cúbicos de material y multiplicando el resultado por 7 se obtendría la capacidad de recolección semanal, puesto que el modelo está programado para operar 7 días a la semana. Finalmente, se obtiene el potencial de recolección de residuos mensual multiplicando la capacidad de recolección semanal por las 4 semanas promedio del mes. Conociendo el potencial semanal de recolección de residuos que tienen las Vans C35 (104,16 m³) fue posible determinar la cantidad de Vans necesarias para ejecutar la operación al dividir con este resultado el objetivo de recuperación de residuos plásticos semanal en metros cúbicos (555 m³ para el año 2021). Por último, es importante mencionar que el número de Vans requeridas para la operación está directamente relacionada al número de recicladores, ya que cada uno se encargará del manejo de 1 Van.

18.2.5 Costo de ventas

El costo de ventas hace alusión a los costos asociados a la publicidad y a los canales de distribución. Los canales de distribución contemplan los costos asociados al desarrollo de una página web profesional y a las visitas comerciales que se programarán para establecer contacto con las recicladoras. Por otro lado, la inversión en publicidad se realizará exclusivamente en las redes sociales. Tanto los costos asociados a los canales de distribución como los costos asociados a la publicidad fueron diferidos en la totalidad de los años para los cuales el modelo de recolección está proyectado (2022 - 2026). A continuación, en la *tabla 18* se presenta el resumen anual del costo de ventas segmentado por canal de distribución y publicidad para cada uno de los años.

Tabla 18.

Resumen Anual del Costo de Ventas

Resumen Anual del Costo de Ventas					
Año	Canal de distribución		Publicidad		Total
	Costo	% de ventas	Costo	% de ventas	
2021	-	-	-	-	-
2022	\$ 4.930.688	0,28%	\$ 7.300.000	0,41%	\$ 12.230.688
2023	\$ 4.930.688	0,20%	\$ 7.300.000	0,29%	\$ 12.230.688
2024	\$ 4.930.688	0,14%	\$ 7.300.000	0,21%	\$ 12.230.688
2025	\$ 4.930.688	0,10%	\$ 7.300.000	0,15%	\$ 12.230.688
2026	\$ 4.930.688	0,07%	\$ 7.300.000	0,10%	\$ 12.230.688

Los costos involucrados en la elaboración de esta tabla fueron tomados de sitios oficiales; sin embargo, son datos referenciales. Lo que significa que sirven únicamente como referencia y no pretenden establecer un estándar en lo referente a los costos de ventas de negocios de este tipo.

Fuente: Elaboración propia

18.2.6 Gastos

Los gastos hacen referencia a todas aquellas salidas provenientes de actividades administrativas o logísticas que no tienen que ver directamente con la operación del negocio. Dichas actividades se categorizaron en los siguientes grupos: Fuerza Laboral, Servicios,

Licencias, Mantenimientos y Logística; todos los gastos se calcularon y proyectaron bajo una periodicidad anual.

En la fuerza laboral se contemplan todos los gastos asociados a las nóminas de todo el personal administrativo. Dichas nóminas fueron calculadas bajo el sistema de regulación salarial del gobierno colombiano y siguiendo el protocolo estándar de contratación laboral partiendo de una base salarial mensual. A todo el personal administrativo se le reconocieron las prestaciones sociales bajo la metodología de cálculo correspondiente que se encuentra detallada en la *tabla 19*.

Tabla 19.

Tarifas mensuales para el cálculo de las prestaciones sociales

Tarifas Nómina Mensual		
Concepto	Valor	Base
Aporte a salud	8,5%	Sueldo
Aporte a pensión	12%	Sueldo
Aporte a a.r.l.	0,522%	Sueldo
Aporte a cesantías	8,33%	Sueldo + Aux de Tr.
Aporte a prima de servicios	8,33%	Sueldo + Aux de Tr.
Aporte a intereses sobre cesantías	1%	Sueldo + Aux de Tr.
Aporte a vacaciones	4,17%	Sueldo
Aporte caja compensación	4%	Sueldo

Fuente: Adaptado de Ministerio de Trabajo (s. f.)

Siguiendo la metodología de cálculo de las prestaciones salariales se obtuvo el gasto mensual de las nóminas del personal administrativo según el cargo como se puede observar en la *tabla 20* que resume la información.

Tabla 20.

Resumen salarial del gasto mensual para el personal administrativo

Resumen Salarial Gasto Mensual			
Cargo	Sueldo Base	Prestaciones	Gasto Total
Gerente general	\$ 4.000.000	\$ 1.874.213	\$ 5.874.213
Director de recursos humanos	\$ 2.000.000	\$ 937.107	\$ 2.937.107
Representante de ventas	\$ 2.000.000	\$ 937.107	\$ 2.937.107
Analista logístico y de operaciones	\$ 2.000.000	\$ 937.107	\$ 2.937.107
Administrador de TIC's	\$ 2.300.000	\$ 1.077.673	\$ 3.377.673
Profesional en Marketing e innovación	\$ 1.500.000	\$ 702.830	\$ 2.202.830
Coordinador administrativo	\$ 2.500.000	\$ 1.171.383	\$ 3.671.383
Asistente de recursos humanos	\$ 1.050.000	\$ 491.981	\$ 1.541.981
Auxiliar contable	\$ 1.100.000	\$ 515.409	\$ 1.615.409

Los costos involucrados en la elaboración de esta tabla fueron tomados de sitios oficiales; sin embargo, son datos referenciales. Lo que significa que sirven únicamente como referencia y no pretenden establecer un estándar en lo referente a los costos de ventas de negocios de este tipo.

Fuente: Elaboración propia

Para los gastos administrativos asociados a los servicios se contemplaron los servicios públicos, un paquete de línea de teléfono fijo más el servicio de acceso a internet y una tarifa del servicio de aseo general diario para la bodega el cual es tercerizado. En el costeo de las licencias se contempló la adquisición de la licencia de un software contable y el paquete de Office 365 estándar para empresas. Los mantenimientos hacen alusión a los gastos del mantenimiento del software contable y de la maquinaria. Finalmente, los gastos logísticos se subdividen en el gasto de los arriendos de la bodega, de un montacargas y en la tercerización de un servicio de transporte 2PL para la distribución masiva de los residuos plásticos compactados. En la *tabla 21* se presenta la proyección anual de los gastos y su tasa de crecimiento estimada expresada en términos porcentuales. Cabe mencionar que en esta proyección de los gastos se contemplaron las futuras contrataciones que ampliarán la base de personal administrativo y que, por ende, incrementarán los gastos asociados a este grupo.

Tabla 21.

*Proyección anual de los Gastos Administrativos***Gastos Administrativos**

Gasto	Concepto	Costo	Tasa de crecimiento	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (5)
Fuerza laboral	Gerente general	\$ 70.490.560	5,68%	\$ 70.490.560	\$ 74.494.424	\$ 78.725.707	\$ 83.197.327	\$ 87.922.935	\$ 92.916.958
	Director de recursos humanos	\$ 35.245.280	5,68%	\$ 35.245.280	\$ 37.247.212	\$ 39.362.854	\$ 41.598.664	\$ 43.961.468	\$ 46.458.479
	Representante de ventas	\$ 35.245.280	5,68%	\$ 35.245.280	\$ 74.494.424	\$ 118.088.561	\$ 166.394.654	\$ 219.807.339	\$ 278.750.874
	Analista logístico y de operaciones	\$ 35.245.280	5,68%	\$ 35.245.280	\$ 74.494.424	\$ 118.088.561	\$ 166.394.654	\$ 219.807.339	\$ 278.750.874
	Administrador de TIC's	\$ 40.532.072	5,68%	\$ 40.532.072	\$ 42.834.294	\$ 45.267.282	\$ 95.676.926	\$ 101.111.376	\$ 106.854.502
	Profesional en marketing e innovación	\$ 26.433.960	5,68%	\$ 26.433.960	\$ 27.935.409	\$ 59.044.280	\$ 62.397.995	\$ 98.913.302	\$ 104.531.578
	Coordinador administrativo	\$ 44.056.600	5,68%	\$ 44.056.600	\$ 46.559.015	\$ 49.203.567	\$ 51.998.330	\$ 54.951.835	\$ 58.073.099
	Asistente de recursos humanos	\$ 18.503.772	5,68%	\$ 18.503.772	\$ 19.554.786	\$ 20.665.498	\$ 43.678.597	\$ 46.159.541	\$ 48.781.403
Servicios	Públicos	\$ 6.000.000	3%	\$ 6.000.000	\$ 6.180.000	\$ 6.365.400	\$ 6.556.362	\$ 6.753.053	\$ 6.955.644
	Línea telefónica + Internet	\$ 2.160.000	3%	\$ 2.160.000	\$ 2.224.800	\$ 2.291.544	\$ 2.360.290	\$ 2.431.099	\$ 2.504.032
	Aseo	\$ 14.083.200	3%	\$ 14.083.200	\$ 14.505.696	\$ 14.940.867	\$ 15.389.093	\$ 15.850.766	\$ 16.326.289
Licencias	Software contable	\$ 5.000.000	3%	\$ 5.000.000	\$ 5.150.000	\$ 5.304.500	\$ 5.463.635	\$ 5.627.544	\$ 5.796.370
	Office 365	\$ 3.420.000	3%	\$ 3.420.000	\$ 3.522.600	\$ 3.628.278	\$ 3.737.126	\$ 3.849.240	\$ 3.964.717
Mantenimiento	Software contable	\$ 1.500.000	3%	\$ 1.500.000	\$ 1.545.000	\$ 1.591.350	\$ 1.639.091	\$ 1.688.263	\$ 1.738.911
Logística	Arriendo Bodega	\$ 86.400.000	3%	\$ 86.400.000	\$ 88.992.000	\$ 91.661.760	\$ 94.411.613	\$ 97.243.961	\$ 100.161.280
	Arriendo Montacargas incluido operario	\$ 38.400.000	3%	\$ 38.400.000	\$ 39.552.000	\$ 40.738.560	\$ 41.960.717	\$ 43.219.538	\$ 44.516.124
	2PL Camión	\$ 19.200.000	3%	\$ 19.200.000	\$ 19.776.000	\$ 20.369.280	\$ 20.980.358	\$ 21.609.769	\$ 22.258.062
			Total	\$ 481.916.004	\$ 579.062.083	\$ 715.337.848	\$ 903.835.433	\$ 1.070.908.368	\$ 1.219.339.199

Los costos involucrados en la elaboración de esta tabla fueron tomados de sitios oficiales; sin embargo, son datos referenciales. Lo que significa que sirven únicamente como referencia y no pretenden establecer un estándar en lo referente a los costos de ventas de negocios de este tipo.

Fuente: elaboración propia

Aquí es ideal contemplar el mantenimiento como un gasto logístico. Sin embargo, las empresas con la que se hizo la cotización de la maquinaria ofrecen servicio de capacitación a los operarios para la adecuada prestación del servicio de mantenimiento preventivo para no incurrir en costos futuros. Esta variable se define dependiendo del contexto.

18.2.7 Costos de desarrollo

Los costos de desarrollo se definen para efectos de esta metodología de planeación de proyectos como todos aquellos costos asociados a las actividades y recursos empleados durante las fases de adecuación, preparación y puesta en marcha del proyecto. En primer lugar, se definen las actividades y procesos que inicialmente se deben realizar para que la operación del modelo de recolección pueda ser llevada a cabo. Estos procesos contienen necesidades materiales o de recursos humanos que se deben satisfacer para que se pueda iniciar la operación a partir del año 1. En este apartado la estructura de costos busca contabilizar cada una de las salidas de dinero efectuadas en el año 0 asociadas a dichas necesidades. En las *tablas 22 y 23* que se presenta a continuación, se detallan las necesidades y unidades de medida para cada uno de los procesos definidos. La *tabla 22* hace referencia a los costos de desarrollo que fundamentan las operaciones cotidianas que se realizan con frecuencia, por ejemplo, el diseño de la campaña “Adopta un reciclador” la cual debe estar claramente definida antes de dar inicio con el negocio, ya que esta va a incidir significativamente en el proceso de recolección. Por otro lado, la *tabla 23* hace referencia a los elementos necesarios para poder llevar a cabo la producción cotidiana, por ejemplo, para realizar la compactación de residuos plásticos se requiere realizar una inversión inicial en la máquina compactadora de dichos residuos. Finalmente, las unidades de medida permitirán establecer parámetros de medición para cada necesidad de los procesos. Para mayor profundización dirigirse al *anexo F*.

Tabla 22.

Definición de los Costos de Desarrollo por Procesos

Número	Proceso	Necesidad	Und. de medida
1	Diseño y distribución de las áreas y operaciones	Ingeniero industrial	Planos
2	Adquisición de mobiliario	Sillas	Muebles
		Escritorios	Muebles
3	Adquisición equipo tecnológico	Computadores	Computadores
		Impresora	Impresora
		Teléfono fijo	Teléfono
4	Revisión e inspección de la bodega	Gerente general	Horas
		Analista Logístico y de operaciones	Horas
5	Adecuación de la bodega	Adicionales de transporte (Descarque, auxiliares, etc.)	Servicios
6	Búsqueda, selección y contratación del personal	Director de recursos humanos	Horas
		Asistente de recursos humanos	Horas
		Psicólogo - Estudio	Horas
7	Diseño de la campaña "Adopta un reciclador"	Psicólogo	Horas
		Profesional en marketing e innovación	Horas
		Gerente general	Horas
8	Inducción y capacitación recicladores de oficio	Director de recursos humanos	Horas
9	Búsqueda y selección conjuntos residenciales	Representante de ventas	Horas
10	Diseño y planeación de las rutas de recolección	Analista logístico y de operaciones	Horas
11	Asignación de funciones y rutas a los recicladores de oficio	Analista logístico y de operaciones	Horas
12	Firma de contratos con las empresas recicladoras de PET	Gerente general	Horas
13	Firma de contratos con las empresas recicladoras de otros materiales	Gerente general	Horas
14	Ejecución de la campaña "Adopta a un reciclador"	Dotaciones	Conjuntos de prendas
		Publicidad	Piezas publicitarias
		Obsequios	Obsequio
		Promotor del servicio en conjuntos	Horas
		Asistente del promotor	Horas
		Reserva salón comunal	Reservas
		Transporte	Viajes

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23.**Definición de los Costos de Desarrollo por Procesos**

Número	Proceso	Necesidad	Und. de medida
15	Transporte hacia conjuntos	Van	Vehículos
16	Identificación reciclador adoptado por	Carnetización	Carnets
17	Clasificación inicial de los residuos	-	-
18	Recolección de los residuos aprovechables	BigBag	Costales
19	Compactación preliminar	Caneca compactadora manual	Unidades
20	Transporte de los residuos a bodega	-	-
21	Recepción y pesaje del material	Báscula industrial	Unidades
22	Legalización de la entrega (pago directo o repositorio de pagos)	-	-
23	Clasificación por tipo de material, color, resina, etc...	Bandas transportadoras	Unidades
24	Compactación del PET	Compactadora	Máquinas
25	Traslado de pacas al área de almacenamiento	-	-
26	Almacenamiento de pacas	-	-
27	Alistamiento de pacas	-	-
28	Despacho de las pacas	-	-
29	Cargue de pacas en el camión	-	-
30	Transporte de pacas al cliente	-	-
31	Trazabilidad en ruta	-	-
32	Entrega del material acordado	-	-

Fuente: Elaboración propia

La *tabla 24* representa la inversión inicial que se debe realizar a lo largo de todos los años proyectados para dar inicio a la operación cotidiana del negocio. Para efectos de este análisis, se puede evidenciar que el año 0 es el que más inversión requiere, puesto que en este año se deben costear todos los elementos, materiales o recursos humanos necesarios para establecer las bases de la operación. Cabe señalar que cada año es independiente uno de otro, el valor correspondiente a cada año depende exclusivamente de los nuevos requerimientos que surgen para dar continuidad con la operación y cumplir a la vez con el crecimiento proyectado. Por ejemplo, con base en las estimaciones, se debe invertir en una nueva compactadora para cumplir con la participación de mercado proyectada.

Tabla 24.**Resumen de los Costos Totales Anuales de Desarrollo**

	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (5)
Total	\$ 360.458.345	\$ 98.775.287	\$ 125.914.849	\$ 155.650.456	\$ 244.285.356	\$ 242.331.456

Fuente: Elaboración propia

18.2.8 Costo variable por tonelada de PET recuperada

El costo variable por tonelada de PET recuperada hace referencia a todo costo que esté directamente relacionado con el proceso de recuperación de material aprovechable. Estos costos, al igual que los costos de desarrollo, se contemplan teniendo cuenta las necesidades de cada uno de los procesos asociados, en este caso, a la operación diaria del modelo de recolección. En la *tabla 25* se detallan cada uno de los procesos y sus costos variables asociados.

Tabla 25.

Definición de los costos variables del proceso

Costo variable por tonelada de PET recuperado

Proceso	Necesidad	Tipo	Und. de medida	Cantidad requerida	Costo unitario	Factor	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (5)
Transporte hacia conjuntos	Reciclador	Capital humano	Ton recuperada	1	\$ 51.589	5,68%	\$ 51.589	\$ 54.519	\$ 57.616	\$ 60.889	\$ 64.347	\$ 68.002
	Combustible	Corriente	Galones	0,49	\$ 8.991,00	3,00%	\$ 4.375	\$ 4.624	\$ 4.886	\$ 5.164	\$ 5.457	\$ 5.767
Identificación reciclador adoptado por seguridad	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Clasificación inicial de los residuos aprovechables	Reciclador	Capital humano	Ton recuperada	1	\$ 211.046	5,68%	\$ 211.046	\$ 223.033	\$ 235.702	\$ 249.089	\$ 263.238	\$ 278.190
Recolección de los residuos aprovechables	Reciclador	Capital humano	Ton recuperada	1	\$ 140.697	5,68%	\$ 140.697	\$ 148.689	\$ 157.134	\$ 166.060	\$ 175.492	\$ 185.460
Compactación preliminar	Reciclador	Capital humano	Ton recuperada	1	\$ 56.279	5,68%	\$ 56.279	\$ 59.476	\$ 62.854	\$ 66.424	\$ 70.197	\$ 74.184
Transporte de los residuos a bodega	Reciclador	Capital humano	Ton recuperada	1	\$ 51.589	5,68%	\$ 51.589	\$ 54.519	\$ 57.616	\$ 60.889	\$ 64.347	\$ 68.002
	Combustible	Combustible	Galones	0,49	\$ 8.991	3,00%	\$ 4.375	\$ 4.624	\$ 4.886	\$ 5.164	\$ 5.457	\$ 5.767
Recepción y pesaje del material	Operario para recepción	Capital humano	Horas	0,17	\$ 10.827	5,68%	\$ 1.805	\$ 1.907	\$ 2.015	\$ 2.130	\$ 2.251	\$ 2.379
Legalización de la entrega (pago directo o repositorio de pagos)	Auxiliar contable	Capital humano	Horas	0,83	\$ 10.096	5,68%	\$ 8.414	\$ 8.891	\$ 9.397	\$ 9.930	\$ 10.494	\$ 11.090
Almacenamiento temporal	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Clasificación por tipo de material, color, resina, etc...	Operario para clasificación	Capital humano	Horas	0,5	\$ 10.827	5,68%	\$ 5.414	\$ 5.721	\$ 6.046	\$ 6.389	\$ 6.752	\$ 7.136
Compactación del PET	Operador de máquina	Capital humano	Horas	0,1	\$ 11.980	5,68%	\$ 1.198	\$ 1.266	\$ 1.338	\$ 1.414	\$ 1.494	\$ 1.579
Traslado de pacas al área de almacenamiento	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Almacenamiento de pacas	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Alistamiento de pacas	Operario para recepción	Capital humano	Horas	0,17	\$ 10.827	5,68%	\$ 1.805	\$ 1.907	\$ 2.015	\$ 2.130	\$ 2.251	\$ 2.379
Despacho de las pacas	Operario para recepción	Capital humano	Horas	0,17	\$ 10.827	5,68%	\$ 1.805	\$ 1.907	\$ 2.015	\$ 2.130	\$ 2.251	\$ 2.379
Cargue de pacas en el camión	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Transporte de pacas al cliente	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Trazabilidad en ruta	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Entrega del material acordado	-	-	-	-	-	-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total							\$ 540.389	\$ 571.083	\$ 603.521	\$ 637.801	\$ 674.028	\$ 712.313

Fuente: Elaboración propia

Como se puede evidenciar en la tabla anterior, se contemplan todos los costos variables asociados a los procesos de recolección, compactación y distribución de una tonelada de

material PET aprovechable. Según el análisis, para el año 1, por cada tonelada de PET recuperada se incurre en un costo de 570.985 pesos. Así mismo, se proyectaron los costos variables de la operación para cada uno de los años posteriores teniendo en cuenta 2 factores: la inflación y el incremento salarial anual.

18.2.9 *Proyección del flujo de caja*

La proyección del flujo de caja se logra determinar a partir de la información obtenida en la estructura de costos y en la proyección de ventas. La metodología a implementar para su cálculo consiste en traer la información del precio y del volumen obtenida en la proyección de ventas, el costo obtenido de la metodología de cálculo del costo variable por tonelada y la inversión correspondiente a cada año. Posteriormente, se hallan los ingresos a partir de la relación entre las variables de precio y cantidad. Finalmente, los egresos son determinados teniendo en cuenta la sumatoria de los costos de venta, costos del proceso y los gastos generales.

Una vez obtenida la inversión, los ingresos y los egresos de cada periodo es posible determinar el flujo de dinero anual para cada uno de los años desde el 0 hasta el 5; dicho flujo se obtiene sustrayendo de los ingresos, los costos de inversión y los egresos. En la *tabla 26* se presenta la información relacionada al flujo de caja para cada uno de los años analizados y la *figura 37* representa gráficamente el flujo.

Tabla 26.
Proyección del flujo de caja

Tasa de retorno =
C.O. 12%

	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (5)
Volumen	-	1.506	2.073	2.848	3.913	5.370
Precio (\$)	1.136.000	1.170.080	1.205.182	1.241.338	1.278.578	1.316.935
Costo (\$)	540.389	571.083	603.521	637.801	674.028	712.313
Inversión (\$)	-360.458.345	-98.775.287	-125.914.849	-155.650.456	-244.285.356	-242.331.456
Ingresos (\$)	-	1.762.523.987	2.498.387.716	3.535.905.747	5.003.334.547	7.072.042.675
Egresos (\$)	-	1.451.531.632	1.978.689.892	2.732.819.018	3.720.747.377	5.056.744.052
Costo de ventas (\$)	-	12.230.688	12.230.688	12.230.688	12.230.688	12.230.688
Costo de proceso (\$)	-	860.238.861	1.251.121.356	1.816.752.897	2.637.608.322	3.825.174.166
Gastos (\$)	-	579.062.083	715.337.848	903.835.433	1.070.908.368	1.219.339.199
	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (5)
Inversión (\$)	-360.458.345	-98.775.287	-125.914.849	-155.650.456	-244.285.356	-242.331.456
Ingresos (\$)	-	1.762.523.987	2.498.387.716	3.535.905.747	5.003.334.547	7.072.042.675
Egresos (\$)	-	-1.451.531.632	-1.978.689.892	-2.732.819.018	-3.720.747.377	-5.056.744.052
Flujo total (\$)	-360.458.345	212.217.067	393.782.974	647.436.273	1.038.301.814	1.772.967.167

VPN (\$)	2.269.663.664
IRR/TIR	109%
Payback	2,12
ROI (\$)	7

Fuente: Elaboración propia

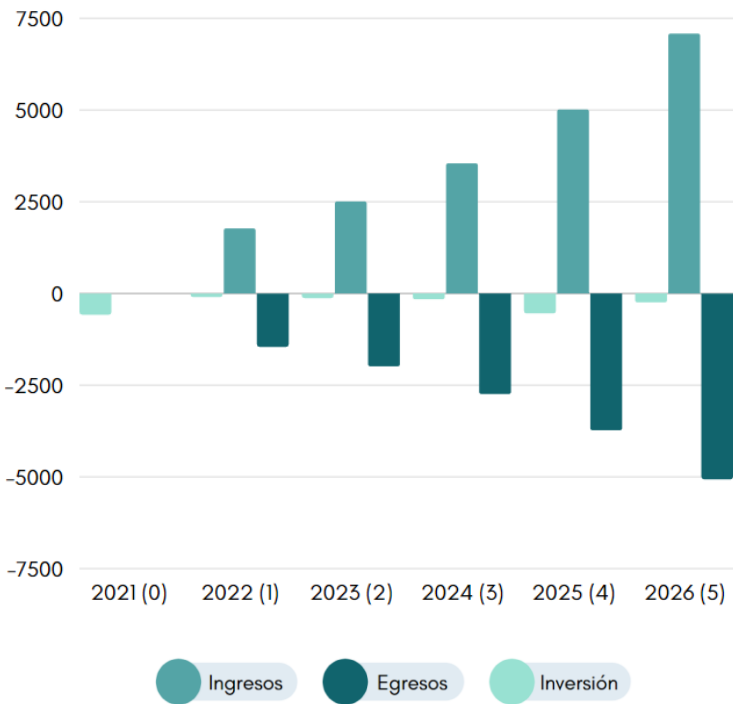


Figura 37. Representación de la proyección de flujo de caja.

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, considerando el flujo para cada uno de los años, es posible obtener los indicadores financieros más relevantes con el fin de evaluar la viabilidad de la propuesta de negocio a nivel financiero. Los indicadores que se tienen en cuenta para la evaluación de la viabilidad son: el VPN, la TIR, el Payback y el ROI. El valor presente neto (VPN) es una herramienta que permite traer a valor presente el flujo de dinero futuro, para este caso a 5 años. Dicho indicador permite visualizar en el presente a qué equivalen los flujos futuros teniendo en cuenta la tasa mínima de rentabilidad esperada para un proyecto de esta magnitud (Instituto Europeo de Posgrado, s. f.). Para este caso el VPN es de 1.881.057.932, este valor representa la sumatoria de los flujos futuros expresados en valor presente menos la inversión del año 0 para obtener así la utilidad acumulada de los 5 años futuros proyectados. La TIR es un indicador que expresa el rendimiento generado por la actividad en términos porcentuales bajo el supuesto de que las utilidades o beneficios netos generados por la actividad son reinvertidos en iguales condiciones que la inversión inicial para que siga generando el mismo rendimiento (Economipedia, 2014); en este caso la tasa interna de retorno es del 74,79%, que como es superior a la esperada por el inversionista, la actividad es conveniente. Esta rentabilidad se obtiene si y sólo si los beneficios generados por la actividad son reinvertidos de tal forma que sigan generando la misma rentabilidad de 74,79%.

El Payback se define como el periodo de recuperación de la inversión determinando el número de años, meses y días que deben transcurrir (Movistar, s. f.). Para efectos de este proyecto la metodología de cálculo del Payback consistió en realizar un ajuste de todos los flujos de caja anuales con el fin de llevarlos a valor presente como se puede evidenciar en la *tabla 27*.

Tabla 27.**Metodología para el cálculo del Payback**

Año	Actual	Ajustado	Acumulado
0	-\$ 360.458.345		-\$ 360.458.345
1	\$ 212.217.067	\$ 189.479.525	-\$ 170.978.821
2	\$ 393.782.974	\$ 313.921.376	\$ 142.942.555
3	\$ 647.436.273	\$ 460.832.351	\$ 603.774.906
4	\$ 1.038.301.814	\$ 659.859.574	\$ 1.263.634.480
5	\$ 1.772.967.167	\$ 1.006.029.185	\$ 2.269.663.664

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado este procedimiento, se calculó el flujo de caja acumulado para cada uno de los periodos y así determinar el número de años que deben transcurrir para obtener un flujo positivo. Finalmente se obtuvo que bajo este modelo de negocio se podrá recuperar la inversión inicial al cabo de 2 años, 1 mes y 13 días. El ROI es un indicador mediante el cual se busca identificar el rendimiento de cada peso invertido (RDStation, 2021); dentro del análisis de este proyecto se espera un ROI de 4 pesos con 36 centavos, lo que significa que el inversionista recupera cada peso que invierte, obtiene su rentabilidad esperada y obtiene un beneficio adicional equivalente en valor actual a 3 pesos con 36 centavos por cada peso que invierte.

18.2.10 Proyección del estado de resultados

En el estado de resultados presentado en la *tabla 28* se proyectan variables como lo son: Volumen, costo de ventas, costo de contribución, gastos administrativos y los costos de desarrollo; algunos de estos valores se obtienen de los resultados previamente analizados, permitiendo así integrar múltiples cifras y resultados relevantes para el análisis como lo son: las ventas totales, las ventas netas y la utilidad variable. Por otro lado, también se logra identificar el EBIT, indicador que representa los beneficios operativos de la compañía, es decir, mide su capacidad para ser rentable al no contemplar los egresos asociados a intereses e

impuestos (EduFInet, s. f.). En otras palabras, gracias a este indicador se puede observar el comportamiento operacional esperado de la compañía.

Tabla 28.

Proyección del estado de resultados

	2021 (0)	2022 (1)	2023 (2)	2024 (3)	2025 (4)	2026 (5)
Volumen	-	1.506	2.073	2.848	3.913	5.370
Ventas totales (\$)	-	1.762.523.987	2.498.387.716	3.535.905.747	5.003.334.547	7.072.042.675
Costo de ventas (\$)	-	12.230.688	12.230.688	12.230.688	12.230.688	12.230.688
Ventas netas (\$)	-	1.750.293.299	2.486.157.028	3.523.675.059	4.991.103.859	7.059.811.987
Costo de contribución (\$)	-	860.238.861	1.251.121.356	1.816.752.897	2.637.608.322	3.825.174.166
Utilidad variable (\$)	-	890.054.437	1.235.035.671	1.706.922.162	2.353.495.538	3.234.637.821
Utilidad variable (%)	-	50,50%	49,43%	48,27%	47,04%	45,74%
Administrativos (\$)	-	579.062.083	715.337.848	903.835.433	1.070.908.368	1.219.339.199
Costos de desarrollo (\$)	-360.458.345	-91.846.726	-123.325.439	-175.208.924	-297.351.602	-539.683.058
EBIT (\$)	-	219.145.628	396.372.385	627.877.805	985.235.568	1.475.615.565
EBIT (%)	-	12,43%	15,87%	17,76%	19,69%	20,87%

Fuente: Elaboración propia

19 Conclusiones

Con base en la investigación realizada es posible determinar que, en la actualidad, la gestión de los residuos resulta ser una problemática de alto impacto que requiere de acciones inmediatas por parte de la sociedad. A pesar de que a nivel mundial existen múltiples esfuerzos para realizar la debida gestión de los residuos, en países como Colombia no se han generado iniciativas lo suficientemente efectivas para su contexto. Es evidente que aún hay ausencia de elementos clave para la gestión como lo son el uso de tecnologías de aprovechamiento y de recolección, la cultura ciudadana del reciclaje e incluso la cooperación entre los actores de la cadena del reciclaje. Entre la totalidad de residuos sólidos que se generan, uno de los que posee mayor impacto medioambiental es el plástico, ya que es altamente producido y consumido a nivel mundial y su empleabilidad en gran número de industrias es esencial, esto ocasiona que el consumo de artículos plásticos se pueda considerar como un hábito de la gran mayoría de personas hoy en día. Este consumo excesivo sumado a la inadecuada disposición de estos

residuos provoca que un gran número de los mismos se extienda en ecosistemas naturales como lo son cuerpos de agua o de tierra firme. Dicha irrupción, genera múltiples efectos físicos, biológicos y químicos nocivos para el medio ambiente y para la cadena trófica de todos los seres vivos, incluyendo los seres humanos.

Una alternativa viable para la mitigación de los impactos medioambientales generados por la excesiva generación de residuos plásticos es la implementación de un modelo de economía circular fundamentado en el reciclaje y dirigido por las empresas que hacen parte de la cadena de suministro; los puntos claves para que este proceso tenga un fuerte impacto en la solución de la problemática son principalmente la cultura del reciclaje y la gestión costo eficiente de los procesos logísticos.

Actualmente en el país, las empresas han percibido una oportunidad en el uso de materiales reciclados para mejorar su imagen corporativa e incrementar los índices de rentabilidad, todo esto en vista de la creciente tendencia medioambiental por parte de los consumidores y el apoyo que brinda el gobierno en ámbito tributario y financiero a todas aquellas compañías que se vinculen en un proceso de gestión de cadena sostenible. Lo anterior, ha promovido la demanda de materiales reciclados o aprovechables para ser utilizados nuevamente en los procesos productivos, sin embargo, la carencia de modelos de recolección de residuos eficientes ha originado una escasez latente de este tipo de materiales.

Es por esto que a lo largo de esta investigación se validó el diseño de un modelo de recolección en la localidad de Suba (Bogotá D.C.) cuyo enfoque principal es el material PET aprovechable. La investigación realizada permitió corroborar la viabilidad del modelo en vista de que: (1) El material es altamente rentable, fácil de manipular y es de peso liviano, (2) el PET es uno de los materiales para los cuales se han desarrollado múltiples tecnologías de aprovechamiento y de recolección, (3) la producción y consumo de PET es bastante alto puesto

que múltiples industrias lo demandan, (4) existe una creciente tendencia de consumo responsable, (5) el potencial del modelo es lo suficientemente alto como para garantizar condiciones laborales adecuadas para los recicladores de oficio y la dignificación de su labor (garantizar el aporte correspondiente a las prestaciones sociales prioritarias), (6) el modelo al estar enfocado en los conjuntos residenciales, aprovechará la centralización de los residuos para garantizar mayor volumen de residuos, (7) y la oferta de residuos es lo suficientemente amplia como para que el reducido número de competidores no sea un barrera para entrar en la industria.

La estrategia de negocio que se desarrolló para este modelo contempla de manera pertinente el contexto colombiano y sus características, lo que garantiza el éxito de la operación y permite un crecimiento sostenido a largo plazo. Cabe destacar que, en Colombia, el reciclador es un actor fundamental para el desarrollo óptimo del negocio, ya que la integración de su labor y experiencia en este proyecto, además del hecho de que sean varios, permitirá tener mayores niveles de cobertura, reducir las limitaciones de un sistema de recolección centralizado e incrementar la eficiencia logística. A futuro se espera que la integración de un gran número de recicladores y la localización estratégica de centros de acopio permita que el crecimiento del modelo sea más progresivo y tenga un mayor alcance, especialmente en aquellas zonas de difícil acceso donde aún no se realizan procedimientos para la recolección de los residuos.

20 Bibliografía

- 50Minutos.es. (2016). *La cadena de valor de Michael Porter: Identifique y optimice su ventaja competitiva*. Primento Digital.
<https://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=5321665>
- Acoplásticos. (s. f.). *¿Qué es el PET?* Recuperado 21 de julio de 2021, de
<https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4>
- Acoplásticos. (2020). *Plásticos en Colombia* (pp. 25-213).
<https://acoplasticos.org/AFshjuraaF47lfjbOSTNKYs4831gepsfiq57DRCFws38164LXIEMF14hqnr/uWnfRy9q/pec21/>
- Acoplásticos. (2021). *Encuesta de precios del mercado de reciclaje en Colombia*.
- Alcaldía de Bogotá. (s. f.). *Documentos para CÓDIGOS :: Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente*. Recuperado 18 de julio de 2021, de
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=26934&cadena=c>
- Alcaldía de Bogotá. (2013). *Documentos para RECICLADORES :: Sustitución de Vehículos de Tracción Animal*.
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=19979>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2016). *A partir de hoy 403 vehículos de carga reemplazarán carretillas en Cali*.
http://www.cali.gov.co/publicaciones/119034/a_partir_de_hoy_vehiculos_de_carga_reemplazaran_carretillas_en_cali/
- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1997). *Decreto 357 de 1997 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.*

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1838>

Altwater, E. (2021). ¿A qué se llama y con qué fin se critica al capitalismo? *El Trimestre Económico*, 88(349), 323-341. <https://doi.org/10.20430/ete.v88i349.1207>

Alvarez, L. L. (2009). *ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA APLICADA OPCIÓN: PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE PLÁSTICOS*. 53.

Amaya Leal, J., & Vilorio Nuñez, C. (2014). *Diseño de cadena de suministros resilientes*. Universidad del Norte.

Amazon. (s. f.). *Compactador de basura para contenedor, reduce el tamaño de la basura en cuestión de segundos.* : *Amazon.es: Equipaje*. Recuperado 7 de noviembre de 2021, de <https://www.amazon.es/Compactador-de-basura-para-contenedor/dp/B01CCWW196>

Arapack. (2018). *¿Qué es el PET?* Arapack. <https://www.arapack.com/faq/que-es-el-pet/>

Ávila Córdoba, L. I., Martínez-Barrera, G., Barrera-Díaz, C. E., Ureña Núñez, F., & Loza Yáñez, A. (2015). PET de desecho y su uso en concreto. En G. Martínez Barrera, J. B. Hernández Zaragoza, T. López Lara, & C. Menchaca Campos (Eds.), *Materiales sustentables y reciclados en la construcción* (1.^a ed., pp. 95-122). OmniaScience. <https://doi.org/10.3926/oms.246>

Balli, B. (s. f.). *La Logística Reversa o Inversa Basilio Balli*. Recuperado 18 de julio de 2021, de <https://www.legiscomex.com/bancomedios/archivos/la%20logistica%20reversa%20o%20inversa%20basilio%20balli.pdf>

Banco de la República. (2021). *Meta de inflación*. Banco de la República (banco central de Colombia). <https://www.banrep.gov.co/es/glosario/meta-inflacion>

- BBC Mundo. (2017, diciembre 11). 5 gráficos para entender por qué el plástico es una amenaza para nuestro planeta. *BBC News Mundo*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>
- BBC News. (2020). *Qué es el «mottainai», el concepto de cero desperdicios que obsesiona a Japón*. BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-51378467>
- BBVA. (2015, junio 26). 25 entidades que te ayudarán en tu carrera de emprendedor en Colombia | BBVA. *BBVA NOTICIAS*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/25-entidades-te-ayudaran-carrera-emprendedor-colombia/>
- Becerra, L. L. (2020, junio 13). *Industria del reciclaje busca más apoyo de los consumidores en recolección en la fuente*. Diario La República. <https://www.larepublica.co/empresas/industria-del-reciclaje-busca-mas-apoyo-de-los-consumidores-en-recoleccion-en-la-fuente-3017948>
- Berenguer, D. (2008). *Craqueo Catalítico de Polímeros; Estudio de diferentes sistemas polímero / catalizador*. Universidad de Alicante.
- Bogotá Limpia. (s. f.). *Recolección Domiciliaria. Bogota Limpia*. Recuperado 8 de octubre de 2021, de <https://www.bogotalimpia.com/recoleccion-domiciliaria/>
- Bouchery, Y. (2016). *Sustainable supply chains*. Springer Science+Business Media.
- Bragg, S. M. (2010). *Cost reduction analysis: Tools and strategies*. John Wiley & Sons.
- Cámara Argentina de la Industria Plástica. (s. f.). *Tipos de plásticos – CAIP*. Recuperado 10 de octubre de 2021, de <https://www.caip.org.ar/tipos-de-plasticos/>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2019, julio). *Colombia entierra anualmente 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reciclar*. <http://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Comunicacion-Grafica/Noticias/2019/Julio-2019/Colombia-entierra-anualmente-2->

billones-de-pesos-en-plasticos-que-se-pueden-reciclar

Cámara de Comercio de Bogotá. (2020, noviembre). *Así cambiará el reciclaje en Colombia tras entrada en vigencia de una norma*. <http://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Comunicacion-Grafica/Noticias/2020/Noviembre-2020/Asi-cambiara-el-reciclaje-en-Colombia-tras-entrada-en-vigencia-de-una-norma>

Cambio16. (2019, noviembre 11). *Suiza, ¿un país sin basura? | Conoce el 'turismo de residuos'*. <https://www.youtube.com/watch?v=RDYpwHR4YbI>

Casa Editorial El Tiempo. (2018a, febrero 12). *Estas son las empresas encargadas de la recolección de basuras en Bogotá*. Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/estas-son-las-empresas-encargadas-de-la-recoleccion-de-basuras-en-bogota-514175>

Casa Editorial El Tiempo. (2018b, marzo 10). *La empresa que construye un 'mundo en plástico' a partir del reciclaje*. Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/negocios/emprendimiento/la-empresa-que-construye-un-mundo-en-plastico-a-partir-del-reciclaje-515110>

Casa Editorial El Tiempo. (2019a, marzo 14). *Emprendimientos verdes conquistan al mercado colombiano*. Portafolio.co. <https://www.portafolio.co/negocios/emprendimientos-verdes-conquistan-al-mercado-colombiano-527455>

Casa Editorial El Tiempo. (2019b, mayo 17). *Colombia viene creciendo en reciclaje*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/que-porcentaje-de-residuos-y-materiales-recicla-colombia-363052>

Ceballos, J. M. (2021, agosto 3). *Tecnologías para el reciclaje del plástico* [Comunicación personal].

CEMPRE. (s. f.). *Home—CEMPRE*. Recuperado 7 de octubre de 2021, de <https://cempre.org.co/#>

CEMPRE. (2021, septiembre 8). *Entrevista CEMPRE* [Zoom].

Chen, D., Ignatius, J., Sun, D., Zhan, S., Zhou, C., Marra, M., & Demirbag, M. (2019). Reverse logistics pricing strategy for a green supply chain: A view of customers' environmental awareness. *International Journal of Production Economics*, 217, 197-210. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.031>

Comisión Europea. (2003). *Política de Productos Integrada—Comisión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52003DC0302&from=NL>

Confederación Suiza. (2021a). *Recycling*. <https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/en/home/umwelt/natur/recycling.html>

Confederación Suiza. (2021b). *Ficha país Suiza*.

Congreso de Colombia. (1973). *Ley 23 de 1973: Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones*. https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/leyes/2a-ley_0023_1973.pdf

Congreso de Colombia. (1979). *Ley 9 de 1979*. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf

Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993: Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones*.

- https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/dacn_ley_99_de_1993_0.pdf
- Congreso de Colombia. (1996). *Ley 253 de 1996*.
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1996/ley_0253_1996.pdf
- Congreso de Colombia. (1998). *Ley 430 de 1998*.
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/1998/ley_0430_1998.pdf
- Congreso de Colombia. (2008). *Ley 1259 de 2008*.
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2008/ley_1259_2008.pdf
- Congreso de la República. (2009). *Ley 1333 del 2009*.
https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Regimen-Sancionatorio-Ambiental/ley_1333_210709.pdf
- Congreso de la República de Colombia. (2019). *Proyecto de Ley N° 298-2020 de 2019 Senado*.
- Crawford, C. B., & Quinn, B. (2017). *Microplastic pollutants*. Elsevier.
- Cruz, M. A. (2021). *Así se fabrica la madera plástica en Bogotá* | *Bogota.gov.co*.
<https://bogota.gov.co/mi-ciudad/habitat/asi-se-fabrica-la-madera-plastica-en-bogota>
- Cuevas, A. M. (2018, febrero 14). *Operadores de recolección de basura en Bogotá* | *Bogota.gov.co*. <https://bogota.gov.co/servicios/operadores-de-recoleccion-de-basura-en-bogota>
- Czischke, A. (2018, abril). *Revista Negocios Globales—GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTROS: Del 1PL al 5PL*.
<http://www.emb.cl/negociosglobales/articulo.mvc?xid=3011&edi=143&xit=gestion-de->
- DANE. (2019). *Encuesta Anual Manufacturera (EAM)*.
- DANE. (2020). *Boletín técnico Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales –*

residuos sólidos (2012-2018pr).

DANE. (2021). *Proyecciones y retroproyecciones desagregadas de población Bogotá para el periodo 2018-2035 por localidades*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion/proyecciones-de-poblacion-bogota>

De Brito, M. P., & Dekker, R. (2004). A Framework for Reverse Logistics. En R. Dekker, M. Fleischmann, K. Inderfurth, & L. N. Van Wassenhove (Eds.), *Reverse Logistics* (pp. 3-27). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-24803-3_1

Departamento Nacional de Planeación. (1994). *CONPES 2750 de 1994*. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/10/DOCUMENTO-CONPES-2750-DE-1994.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2016). *CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CONPES*. 73.

DFSK. (2021). *DFSK Van Cargo C35*. <https://dfsk.com.co>. <https://dfsk.com.co/c35>

Dodbiba, G., Haruki, N., Shibayama, A., Miyazaki, T., & Fujita, T. (2002). Combination of sink–float separation and flotation technique for purification of shredded PET-bottle from PE or PP flakes. *International Journal of Mineral Processing*, 65(1), 11-29. [https://doi.org/10.1016/S0301-7516\(01\)00056-4](https://doi.org/10.1016/S0301-7516(01)00056-4)

ECOALF. (s. f.). *Moda Sostenible—Ecofriendly*. Ecoalf. Recuperado 19 de septiembre de 2021, de <https://ecoalf.com/es/>

Economipedia. (2014). *Tasa interna de retorno (TIR)—Definición y ejemplos*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>

Economipedia. (2017). *Modelo Canvas*. Economipedia.
<https://economipedia.com/definiciones/modelo-canvas.html>

EcoPlas. (2013). *Boletín Técnico Informativo N° 42*. <http://www.ecoplas.org.ar/pdf/42.pdf>

Editorial La República S.A.S. (2016, mayo 25). *Las 10 compañías que le apuestan al reciclaje*.
 Diario La República. <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/las-10-companias-que-le-apuestan-al-reciclaje-2382771>

Editorial La República S.A.S. (2019, agosto 15). *Totto, Leonisa y Adidas, algunas de las empresas que reutilizan el plástico*. Diario La República.
<https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/totto-leonisa-y-adidas-algunas-de-las-empresas-que-reutilizan-el-plastico-2896624>

EduFInet. (s. f.). *¿Qué es el EBIT?* Edufinet. Recuperado 13 de noviembre de 2021, de
<https://www.edufinet.com/inicio/indicadores/financieros/que-es-el-ebit>

Ekomodo. (s. f.). *Sobre EKOMODO | Accesorios 100% reciclados por un mundo mejor*.
 Recuperado 6 de octubre de 2021, de <https://www.ekomodo.eus/sobre-ekomodo#asi-empezo>

Enka. (s. f.). *Productos verdes*. Enka. Recuperado 9 de octubre de 2021, de
<https://www.enka.com.co/sostenibilidad/productos-verdes/>

European Commission. (2014). *Training course on Auditing plastic recycling processes*.
<http://www.veterinariaalimentari.marche.it/Portals/0/OldFiles/Portal0/PET%20recycling%20technology%20material%20lifecycle%202.pdf>

Ferreira Pozo, B. (2009). *Aprovechamiento térmico de los residuos de envase plásticos*.

Foro Nacional Ambiental. (s. f.). *Política y legislación ambiental—Foro Nacional Ambiental*.
 Recuperado 5 de julio de 2021, de <https://foronacionalambiental.org.co/nuestros->

temas/politica-ambiental-nacional/

Forrest, M. (2016). *Recycling of polyethylene terephthalate*. Smithers Rapra.

FRANCE 24 Español. (2019, julio 13). *Japón y su reto para disminuir el uso del plástico*.

<https://www.youtube.com/watch?v=6ggPUtwKtS4>

Francisco, C. M. (2020, julio 13). *Costo social*. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/costo-social.html>

Gaviria, E. (s. f.). *HISTORIA DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL EN COLOMBIA*.

calameo.com. Recuperado 18 de julio de 2021, de

<https://www.calameo.com/read/0003665535fdcd838e765>

Gobierno de Bogotá. (s. f.). *Notificacion de Comparendos Ambientales*. Recuperado 18 de

septiembre de 2021, de <http://www.gobiernobogota.gov.co/content/notificacion-comparendos-ambientales>

Gobierno de Bogotá. (2020). *Qué es Reciclar es la Salida, campaña de la Alcaldía de Bogotá*

| *Bogota.gov.co*. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/que-es-reciclar-es-la-salida-campana-de-la-alcaldia-de-bogota>

GQSP Colombia. (2020). *Sector plástico, diagnóstico de requisitos y brechas de calidad y sostenibilidad* (p. 40). GQSP.

Greenpeace. (s. f.). *Datos sobre la producción de plásticos*. Greenpeace España. Recuperado

28 de agosto de 2021, de <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>

Greenpeace Colombia & Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP). (2019).

Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente (pp. 3-13).

Hawken, P. (2010). *The ecology of commerce: A declaration of sustainability* (Rev. ed). Harper Business.

Hispanoamericanos Unidos. (2018, enero 25). *Qué aprender de... SUIZA ¿Un país SIN BASURA?* <https://www.youtube.com/watch?v=Es1YCxdT34U>

Horne, R., Grant, T., & Vergheze, K. (2009). *Life cycle assessment: Principles, practice, and prospects*. CSIRO Pub.

IDEAM. (s. f.). *Que es RESPEL - IDEAM*. Recuperado 18 de julio de 2021, de <http://www.siac.gov.co/respel>

Industry Insights. (2021, marzo 24). *Definición: Segmento de química fina y especialidades químicas* – *Industryinsights.eu* [European Industry]. <https://www.industryinsights.eu/es/2021/03/24/definicion-segmento-de-quimica-fina-y-especialidades-quimicas/>

INNOVA. (2017, octubre 18). *La App del Reciclaje En Colombia*. *Innova*. <https://www.innovaambiental.com.co/la-app-del-reciclaje-en-colombia/>

INSA DES. (2018, octubre 10). *Transporte de residuos ¿por qué es tan importante?* - INSA.des. *INSA des, gestor de residuos*. <https://insades.com/importancia-transporte-residuos/>

Instituto Europeo de Posgrado. (s. f.). *Qué es VPN en finanzas | IEP*. Recuperado 13 de noviembre de 2021, de <https://www.iep-edu.com.co/que-es-vpn-en-finanzas/>

Interempresas. (2018). *Coca-Cola España avanza para que sus envases sean sostenibles*. Interempresas. <https://www.interempresas.net/Bebidas/Articulos/221031-Coca-Cola-Espana-para-que-sus-envases-sean-sostenibles.html>

Jackson, P. (s. f.). *De Estocolmo a Kyoto: Breve historia del cambio climático | Naciones Unidas*. United Nations; United Nations. Recuperado 18 de julio de 2021, de

<https://www.un.org/es/chronicle/article/de-estocolmo-kyotobreve-historia-del-cambio-climatico>

Juriscal. (1989). *Decreto 624 del 1989*. <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1132325>

Juriscal. (1991). *CONSTITUCION POLITICA 1991*. <http://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Constitucion/1687988>

Juriscal. (2010). *DECRETO 3678 DE 2010*. <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?id=1878340>

Leeson, C., Leipzig, A., Ruxton, J., Elliott, M., & Pitts, M. (2017). *A plastic ocean*. Passion River Films.

MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2, 23-44.

Mancheno, M., Astudillo, S., Arévalo, P., Malo, I., Naranjo, T., & Espinoza, J. (2016). Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos, por medio del proceso de pirólisis. *La Granja*, 23(1). <https://doi.org/10.17163/lgr.n23.2016.06>

Mariano. (2011a, marzo 15). EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS | Tecnología de los Plásticos. *EXTRUSIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS | Tecnología de los Plásticos*. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>

Mariano. (2011b, mayo 30). PROCESO DE RECICLAJE DEL PET | Tecnología de los Plásticos. *PROCESO DE RECICLAJE DEL PET | Tecnología de los Plásticos*. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/proceso-de-reciclaje-del-pet.html>

- Mariano. (2011c, junio 13). INYECCION DE MATERIALES PLASTICOS I | Tecnología de los Plásticos. *INYECCION DE MATERIALES PLASTICOS I | Tecnología de los Plásticos*. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/inyeccion-de-materiales-plasticos-i.html>
- Márquez, I. D., Correa, C. E., Prada, F. J. C., Sánchez, N. G., & Álvarez, A. C. (2021). *PLAN NACIONAL PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS PLÁSTICOS DE UN SOLO USO*. 17.
- McDonough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle remaking the way we make things*. North Point Press.
- McNeilus. (s. f.). *Camiones—Compactadoras de basura McNeilus | Casa Inglesa*. Recuperado 1 de septiembre de 2021, de <https://www.casainglesa.co/mcneilus-compactadoras/>
- Metro Cuadrado. (2019, noviembre 20). *Así viven los bogotanos*. Metrocuadrado. <https://www.metrocuadrado.com/noticias/actualidad/asi-viven-los-bogotanos-3774>
- Mexpolimeros. (s. f.-a). *Tereftalato de polietileno*. Polímeros termoplásticos, elastómeros y aditivos. Recuperado 1 de octubre de 2021, de <https://www.mexpolimeros.com/pet.html>
- Mexpolimeros. (s. f.-b). *Tereftalato de polietileno amorfo*. Polímeros termoplásticos, elastómeros y aditivos. Recuperado 19 de septiembre de 2021, de <https://www.mexpolimeros.com/apet.html>
- Ministerio de ambiente. (s. f.). *Plan Nacional de Negocios Verdes | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Recuperado 25 de septiembre de 2021, de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1385-plantilla-negocios-verdes-y-sostenibles-40>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2002). *Decreto 1713 del 2002*.
<https://corponarino.gov.co/expedientes/juridica/2002decreto1713.pdf>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003a). *Decreto 1140 de 2003*.
https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_1140_070503.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003b). *Decreto 1505 del 2003*.
https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Decretos/dec_1505_060603.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003c). *Resolucion 1045 de 2003*.
https://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion1045_20030926.htm

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Resolución 1390 de 2005*.
https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_1390_270905.pdf

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Resolución 2086 del 2010*.
https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Regimen-Sancionatorio-Ambiental/res_2086_251010.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1994). *Resolucion 189 de 1994*.
https://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion189_19940715.htm

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014a). *Programa Nacional de Biocomercio Sostenible*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014b). *Programa Regional de Negocios Verdes*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Resolución 1407 de 2018*.

<http://www.andi.com.co/Uploads/RES%201407%20DE%202018.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible & Secretaría General del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2019). *Resolución 2184 del 2019*. <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/res%202184%202019%20colores%20bolsas-41.pdf>

Ministerio de Educación. (s. f.). *POBLACIÓN VULNERABLE: - ...:Ministerio de Educación Nacional de Colombia:...* Recuperado 21 de septiembre de 2021, de <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-82770.html>

Ministerio de Energía. (1994). *Ley 142 de 1994*.

Ministerio de Minas y Energía. (1989). *Decreto 2462 de 1989*. <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1453211>

Ministerio de Salud. (1986). *RESOLUCIÓN NÚMERO 2309 DE 1986. Ministerio de Salud—Macías Gómez & Asociados Abogados S.A.S.* <https://www.maciasabogados.com/es/docs/1276-resoluciOn-nUmero-2309-de-1986/#.YOOzdehKhE>

Ministerio de Trabajo. (s. f.). *Mi Calculadora—Ministerio del trabajo*. Recuperado 14 de noviembre de 2021, de <https://www.mintrabajo.gov.co/atencion-al-ciudadano/tramites-y-servicios/mi-calculadora>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (s. f.). *Alianza para el Reciclaje Inclusivo | Minvivienda*. Recuperado 18 de septiembre de 2021, de <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/gestion-institucional/gestion-de-residuos-solidos/alianza-para-el-reciclaje-inclusivo>

Ministerio del Medio Ambiente. (1994). *Resolución 541 de 1994*.
https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Normativa/Resoluciones/res_0541_141294.pdf

Ministro de Agricultura. (1983). *Decreto 2104 de 1983*.
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/1983/dec_2104_1983.pdf

Ministry of the Environment Government of Japan. (1997). *Law for the Promotion of Sorted Collection and Recycling of Containers and Packaging*.

Mleón. (2013, septiembre 3). *Basura Cero Responsabilidad de todos* | *Bogota.gov.co*.
<https://bogota.gov.co/mi-ciudad/habitat/basura-cero-responsabilidad-de-todos>

Movistar. (s. f.). *Qué es payback y cómo calcularlo*. Recuperado 13 de noviembre de 2021, de
<https://negociosdigitalesmovistar.com/economia/enterate-que-es-payback-y-como-calcularlo/>

Mundra, S., Rising, L., & Guo, X. (2018). *Enterprise agility: Being agile in a changing world*.
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/urv/detail.action?docID=5446053>

Naciones Unidas. (1992). *División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas*.
<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

Nation. (2017, diciembre 14). *Suiza disminuyó sus desechos de una forma sencilla: Reciclando*.
 Nation. <https://nation.com.mx/ecologia/suiza-disminuyo-desechos-reciclando/>

nippon.com. (2018, diciembre 26). *Cómo separar y sacar correctamente la basura en Japón*.
 nippon.com. <https://www.nippon.com/es/features/h10031/>

nippon.com. (2019, marzo 6). *En Japón se recicla el 84,4 % de las botellas de plástico*.
 nippon.com. <https://www.nippon.com/es/features/h00401/>

- NPD. (s. f.). *Big Bags (Sacos de Embalaje)*. NPDGS- Packaging & Export Solutions. Recuperado 7 de noviembre de 2021, de <https://www.npdgs.com/products/big-bags-sacos-de-embalaje-para-2-toneladas>
- OECD. (s. f.). *Improving Markets for Recycled Plastics: Trends, Prospects and Policy Responses* | READ online. oecd-ilibrary.org. Recuperado 18 de julio de 2021, de https://read.oecd-ilibrary.org/environment/improving-markets-for-recycled-plastics_9789264301016-en
- OECD. (2018). *Improving markets for recycled plastics: Trends, prospects and policy responses*. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD. <https://doi.org/10.1787/9789264301016-en>
- Oficina de Información Diplomática. (2021). *Ficha País Japón*. http://www.exteriores.gob.es/documents/fichaspais/japon_ficha%20pais.pdf
- Parker, L. (2017, noviembre 9). *El 91 por ciento del plástico que fabricamos no se recicla*. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2017/07/el-91-por-ciento-del-plastico-que-fabricamos-no-se-recicla>
- Parlamento Europeo. (2018, noviembre 22). *Microplásticos: Causas, efectos y soluciones* | Noticias | Parlamento Europeo. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20181116STO19217/micro-plasticos-causas-efectos-y-soluciones>
- Peiró, R. (2017, julio 5). *Cadena de valor—Definición, qué es y concepto* | Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/cadena-de-valor.html>
- PlasticsEurope. (2020). *Plastics—The Facts 2020* (pp. 3-61).
- Porter, M. E. (1996). What Is Strategy? *Harvard Business Review*, 62-78.

Presidente de la República de Colombia. (1996). *Decreto 605 de 1996*.
https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=1358

Ragaert, K., Delva, L., & Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*, 69, 24-58.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.044>

RDStation. (2021). *ROI: Qué es el Retorno sobre la Inversión y cuál es su fórmula*. Blog de Marketing Digital de Resultados. <https://www.rdstation.com/es/blog/roi/>

Real Academia Española. (s. f.-a). *Pella* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 5 de julio de 2021, de <https://dle.rae.es/pella>

Real Academia Española. (s. f.-b). *Resina* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 5 de julio de 2021, de <https://dle.rae.es/resina>

Recicladores de oficio. (2021, octubre 24). *Condiciones laborales de la actividad del reciclaje* [Comunicación personal].

Redoma Recycling. (2018). *Separación Electrostática—ESS* | *REDOMA Recycling*.
<https://redoma.com/es/m%C3%A1quinas-individuales/separaci%C3%B3n-electrost%C3%A1tica-ess>

Revista Turbo. (2019). *Estos son los camiones de recolección de basura lateral que estrenó Bogotá* | *Turbo*. <https://www.revistaturbo.com/lanzamientos/estos-son-los-camiones-de-recoleccion-de-basura-lateral-que-estreno-bogota-1705>

Rubiano, A. (2021, marzo 25). *Tipología de vehículos de carga terrestres* [Comunicación personal].

- Saling, P., Gyuzeleva, L., Wittstock, K., Wessolowski, V., & Griesshammer, R. (2020). Life cycle impact assessment of microplastics as one component of marine plastic debris. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(10), 2008-2026. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01802-z>
- SCM Definitions and Glossary of Terms. (s. f.). Recuperado 21 de agosto de 2021, de https://cscmp.org/CSCMP/Academia/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921
- Secretaría de Desarrollo Económico. (s. f.). *Programa de Negocios Verdes Innovadores*. Recuperado 25 de septiembre de 2021, de http://www.desarrolloeconomico.gov.co/sites/default/files/negocios-verdes/assets/docs/tr_programa_negocios_verdes_innovadores.pdf
- Semana. (2017, mayo 17). *La app que promete cambiar el posconsumo en Colombia*. Semana.com Últimas Noticias de Colombia y el Mundo. <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/redposconsumo-la-aplicacion-que-promete-cambiar-el-posconsumo-en-colombia/37828/>
- Semana. (2019, octubre 12). *El negocio del reciclaje del PET: la metamorfosis de las botellas*. <https://www.semana.com/empresas/articulo/por-que-se-fortalece-el-negocio-del-reciclaje-del-pet/277457/>
- Semana. (2020, septiembre 29). *Colombia solo recicla 17% de sus residuos y la meta es 40% a 2030*. Semana.com Últimas Noticias de Colombia y el Mundo. <https://www.semana.com/empresas/articulo/meta-de-reciclaje-de-colombia-a-2040-sera-del-40-del-total-de-desechos/301643/>
- SensAgent. (2016, mayo 25). *Destilación primaria: Definición de Destilación primaria y*

- sinónimos de Destilación primaria (español).*
<http://diccionario.sensagent.com/Destilaci%C3%B3n%20primaria/es-es/>
- Steeep. (2014). *Eficiencia energética.*
https://www.camara.es/sites/default/files/generico/steeep_training_material_for_smes_spanish_0.pdf
- Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). *Recursos naturales—Enciclopedia | Banrepcultural.* https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php/Recursos_naturales
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2016, junio). *Normograma de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios—Superservicios [CONCEPTO_SUPERSERVICIOS_0000410_2016].*
https://normograma.info/ssppdd/docs/concepto_superservicios_0000410_2016.htm
- Swissinfo.ch. (2020). *Japón decide que los consumidores paguen las bolsas de plástico.* SWI swissinfo.ch. <https://www.swissinfo.ch/spa/afp/jap%C3%B3n-decide-que-los-consumidores-paguen-las-bolsas-de-pl%C3%A1stico/45873494>
- Textos Científicos. (2005, septiembre 14). *Características de algunos Poliésteres* [Text].
<https://www.textoscientificos.com/polimeros/pet/poliester>
- TOMRA. (s. f.). *Máquina detector de rayos x en alimentos.* Tomra. Recuperado 8 de octubre de 2021, de <https://www.tomra.com/es-es/sorting/alimentacion/equipamiento-de-clasificacion/ixus-bulk>
- UAESP. (2018, septiembre). *Alcaldía de Bogotá le pone ritmo al reciclaje | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-.*
<https://www.uaesp.gov.co/noticias/alcaldia-bogota-le-pone-ritmo-al-reciclaje>
- UAESP. (2021a). *Generalidades del Registro Único Recicladores de Oficio -RURO- | Unidad*

Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-.
<https://www.uaesp.gov.co/content/generalidades-del-registro-unico-registradores-oficio-ruro>

UAESP. (2021b). *RUOR - Registro Único de Organizaciones de Recicladores | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-*.
<https://www.uaesp.gov.co/noticias/ruor-registro-unico-organizaciones-recicladores>

UAESP. (2021, septiembre 7). *Respuesta radicado UAESP No. 20217000424492 del 1 de septiembre de 2021* [Comunicación personal].

UAESP. (2021, septiembre 17). *Entrevista UAESP* [Zoom].

United Nations Environment Programme. (2018). *Single-use plastics, a roadmap for sustainability*.

Varadarajan, R., & Jayachandran, S. (Eds.). (2018). *Qualitative consumer research* (First edition). Emerald Publishing.

Veeduría Distrital. (2020). *Plan de Gestion de Residuos Solidos*.
<https://www.veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/files/Publicaciones%202020/Plan%20de%20Gestion%20de%20Residuos%20Solidos%20Recomendaciones%20para%20modificacion%20y%20adopcion.pdf>

Volca. (2019). *Transporte Terrestre | Volca Freight Forwarders*. Volca.
<https://volca.com/transporte-terrestre/>

Wang, C., Zhao, L., Lim, M. K., Chen, W.-Q., & Sutherland, J. W. (2020). Structure of the global plastic waste trade network and the impact of China's import Ban. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104591.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104591>