



**Estudio de viabilidad del proyecto para la elaboración de madera plástica a partir de
plásticos reciclados en el municipio de Jardín, Antioquia**

Yenny Alejandra Ríos Ramírez

Informe de práctica presentado para optar al título de Ingeniero Ambiental

Asesoras

Yamilet Arcos Arango.

Bacterióloga y Laboratorista clínico.

MSc en Biología.

Candidata a PhD en Sostenibilidad

Astrid Yohana Quintero Vargas

Subsecretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Rural

Alcaldía de Jardín, Antioquia

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Ambiental

Medellín, Antioquia, Colombia

2025

Cita	(Ríos Ramírez, 2025)
Referencia	Ríos Ramírez, Y.A., (2024). <i>Estudio de viabilidad del proyecto de elaboración de madera plástica a partir de plásticos reciclados en el municipio de Jardín, Antioquia</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Andes, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/director: Julio Cesar Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Yudy Andrea Londoño Cañas

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

Dedicatoria

Este trabajo de grado y el esfuerzo que ello implica, lo dedico a mi esposo, a mi hija, a toda mi familia por su apoyo amoroso, constante e incondicional; a mis compañeros y compañeras de estudio por sus valiosos aportes y por su lealtad en las horas de luz o de penumbras.

Agradecimientos

Agradezco al Dios del cielo, fuente de toda fortaleza, de toda sabiduría y conocimiento, sin el cual nada es ni puede ser posible. Agradezco de corazón a mi universidad de Antioquia, a mis profesores y asesores por su excelencia académica y calidades humanas, por haber sido luz y guía en el camino de mi formación profesional.

Tabla de contenido

Resumen	14
Abstract	15
Introducción	16
1. Generalidades	17
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Justificación.....	18
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	20
1.4 Marco teórico	20
1.4.1 Residuos sólidos.....	20
1.4.2 Residuos plásticos	21
1.4.3 Madera plástica	22
1.4.4 Madera fabricada con plásticos reciclados y fibras naturales	23
1.4.5 Madera fabricada únicamente con plásticos reciclados	23
1.4.6 Tipos de plásticos	23
1.4.7 Métodos de fabricación de madera plástica	24
1.4.8 Ventajas de la madera plástica	25
1.4.9 Aplicaciones de la madera plástica	26
1.4.10 Análisis de ciclo de vida (ACV) de la madera plástica.....	26
1.4.11 Casos de éxito.....	28
1.4.12 Economía circular en el consumo de plástico	28
1.5 Marco conceptual	29

1.6 Metodología	32
1.6.1 Diagnóstico de residuos plásticos generados en el municipio de Jardín.....	32
1.6.2 Investigación de tecnologías	33
1.6.3 Análisis costo-beneficio	33
1.6.4 Consulta de normatividad y regulaciones	34
1.6.5 Análisis de impactos.....	34
1.6.6 Elaboración del informe final.....	35
1.7 Ubicación del Proyecto	35
2. Estudio del Entorno y Sectorial.....	37
2.1 Análisis de las dimensiones del entorno relacionadas con el proyecto.....	37
2.1.1 Dimensión social	37
2.1.2 Dimensión legal.....	41
2.1.3 Dimensión económica	42
2.1.4 Dimensión ambiental.....	48
2.2 Estudio del sector	49
2.2.1 Clasificación CIU.....	49
2.2.2 Análisis del sector	49
3. Estudio de los mercados	50
3.1 El producto	50
3.1.1 Identificación del producto principal y subproductos	50
3.1.2 Subproductos de la producción de madera plástica	51
3.1.3 Análisis de productos sustitutos y complementarios.....	52
3.1.4 Portafolio de productos o servicios	52

3.2 Análisis de la demanda.....	53
3.2.1 Área geográfica del mercado.....	53
3.2.2 Estudio del consumidor y segmentación del mercado	53
3.2.3 Investigación de mercados	56
3.2.4. Resultados de la investigación de mercados	60
3.2.5 Proyección del mercado	71
3.3 Análisis de la oferta.....	71
3.3.1 Identificación y localización de empresas productoras de madera plástica ..	71
3.3.2 Sistemas de comercialización empleados por empresas productoras de madera plástica.....	72
3.4 Precio de la madera plástica	72
3.4.1 Análisis de precios de madera plástica según empresas comercializadoras .	72
3.4.2 Determinación de las principales variables para la definición del precio	73
3.5 Comercialización.....	74
3.5.1 Requerimientos en la forma de presentación del producto	74
3.5.2 Selección de canales de comercialización a emplear en el proyecto	74
3.5.3 Marca del producto o servicio y publicidad inicial	74
3.5.4 Políticas de promoción	75
3.6 Estudio de las materias primas	75
3.6.1 Determinación de las materias primas básicas e insumos principales	75
3.6.2 Política gubernamental que afecte el uso de la materia prima	80
3.6.3 Períodos de la materia prima.....	81
3.6.4 Canales de comercialización de las materias primas e insumos	81
3.6.5 Transporte, conservación y almacenamiento de la materia prima	81

3.6.6 Diagnóstico de residuos plásticos disponibles en Jardín, Antioquia.....	81
3.7 Análisis DOFA	88
3.7.1 Matriz DOFA	88
4.Estudio técnico	89
4.1. Tamaño del proyecto	89
4.1.1. Tamaño de producción de madera plástica	89
5.Localización	94
5.1 Macro y microlocalización	94
5.1.1 Macrolocalización	94
5.1.2 Microlocalización.....	94
6. Método para definir la localización del proyecto	96
6.1. Ingeniería del proyecto.....	96
6.1.1. Ficha técnica de la madera plástica	96
6.2. Descripción del proceso	97
6.3 Descripción de la maquinaria	98
6.3.1 Aglutinador ag-120	98
6.3.2 Extrusora ECO-100	99
6.3.3 Molino m-120 (trituradora)	100
6.3.4 Tanque de refrigeración	102
7.Determinación de la mano de obra directa y mano de obra indirecta	103
7.1. Determinación de los costos directos de producción	104
7.1.1. Esquema general de la distribución física de las oficinas del proyecto	104

8. El estudio del impacto ambiental	105
8.1. Análisis cualitativo de impactos ambientales.....	105
9. Estudio organizacional	107
9.1. Organización	107
9.1.1. Tipo de organización para el proyecto	107
9.2. Aspectos legales	111
9.2.1 Normativa.....	111
9.3 Evaluación económica.....	116
9.3.1 Evaluación financiera.....	121
10 Resultados	124
10.1 Viabilidad social.....	124
10.2 Viabilidad legal	124
10.3 Viabilidad ambiental	124
10.4 Viabilidad financiera.....	124
11 Discusión.....	126
Conclusiones	127
Recomendaciones.....	128
Referencias	130
Anexos.....	138

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Como se fabrican las maderas plásticas	25
Ilustración 2. Análisis del ciclo de vida (ACV) de la madera plástica	27
Ilustración 3. Ubicación del municipio de Jardín, Antioquia.	36
Ilustración 4. Mapa de Jardín Antioquia, división política.....	38
Ilustración 5. Comparación poblacional 2005 vs 2018, Jardín, Antioquia.....	39
Ilustración 6. PIB Sectorial -municipio de Jardín.....	43
Ilustración 7. Prototipo Madera plástica.....	51
Ilustración 8. Edad de los encuestados en Jardín, Antioquia.....	60
Ilustración 9. Ocupaciones principales de los encuestados en Jardín, Antioquia.....	61
Ilustración 10. Percepción de los encuestados sobre el impacto de los residuos plásticos en el municipio.....	61
Ilustración 11. Percepción sobre la acumulación de residuos plásticos en calles, ríos y espacios públicos de Jardín, Antioquia.....	62
Ilustración 12. Percepción sobre la necesidad de un proyecto de aprovechamiento de residuos plásticos.....	62
Ilustración 13. Percepción sobre el impacto del proyecto de reciclaje de plásticos en la calidad de vida en Jardín, Antioquia.	63
Ilustración 14. Percepción de los encuestados sobre los principales beneficios del proyecto.	64
Ilustración 15. Preocupaciones de los encuestados sobre la implementación del proyecto.	65
Ilustración 16. Disposición para participar en actividades relacionadas con el proyecto.	66
Ilustración 17. Disposición para adquirir productos de madera plástica.	66
Ilustración 18. Sugerencias de los encuestados	70
Ilustración 19. Pesaje, separación, alistamiento y compactación del reciclaje.....	86
Ilustración 20. Generación de residuos Jardín, Antioquia.....	87
Ilustración 21. Matriz DOFA.....	88
Ilustración 22. Producción de madera plástica	97
Ilustración 23. Aglutinador AG-120.....	98
Ilustración 24. Extrusora ECO-100	100

Ilustración 25. Molino M-120.....	101
Ilustración 26. Tanque de refrigeración.....	102
Ilustración 27. Distribución de la planta de producción.....	105
Ilustración 28. Distribución de la planta de producción.....	105
Ilustración 29. Organigrama del proyecto	108

Lista de Tablas

Tabla 1. Descripción del municipio de Jardín, Antioquia.....	36
Tabla 2. Distribución por veredas de JAC	40
Tabla 3. Cultivos permanentes y empleos generados.....	43
Tabla 4. Cultivos transitorios municipio de Jardín.....	46
Tabla 5. Medidas de los productos a vender	50
Tabla 6. Sugerencias.....	67
Tabla 7. Precios de la madera plástica plana y cilíndrica.....	72
Tabla 8. Tipos de plásticos	76
Tabla 9. Generación de residuos sólidos Jardín, Antioquia	82
Tabla 10. Clasificación de residuos sólidos Jardín, Antioquia.....	83
Tabla 11. Tipo de material reciclable	84
Tabla 12. Cifras de la planta de aprovechamiento Jardín, Antioquia.....	85
Tabla 13. Menor a la demanda y menor producción.....	91
Tabla 14. En el margen de la demanda mundial (9%)	92
Tabla 15. Crecimiento mayor a la demanda.....	93
Tabla 16. Año-demanda	94
Tabla 17. Evaluación del método cualitativo por puntos	95
Tabla 18. Ficha Técnica	96
Tabla 19. Ficha técnica del Aglutinador AG-120	99
Tabla 20. Ficha técnica de la Extrusora ECO-100	100
Tabla 21. Ficha técnica del Molino M-120	101
Tabla 22. Ficha técnica del tanque de refrigeración.....	102
Tabla 23. Capacidad de procesamiento de maquinaria	103

Tabla 24. Kg mensuales procesados en determinadas horas durante 5 años	103
Tabla 25. Costos de producción directo por producto.....	104
Tabla 26. Descripción impacto ambiental	106
Tabla 27. Presupuesto de gastos por concepto de sueldos	108
Tabla 28. Inversiones totales	117
Tabla 29. Precio de venta de producto final	119
Tabla 30. Proyecciones de ventas ajustadas a la demanda.....	120
Tabla 31. Proyecciones de Ingresos	120
Tabla 32. Flujo neto de dinero del proyecto.....	122

Siglas, Acrónimos y Abreviaturas

PGIRS	Plan de Gestión Integral de Residuos Solidos
PP	Polipropileno
HDPE	Polietileno de Alta Densidad
ACV	Análisis del Ciclo de Vida
VPN	Valor Presente Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
TMRR	Tasa de Retorno Requerida
RIC	Código de Identificación de Resina

Resumen

Para reducir los impactos negativos de los residuos plásticos sobre el medio ambiente en el municipio de Jardín, se hace este estudio de viabilidad de la implementación de un proyecto que busca transformar los plásticos reciclados en un producto de valor como lo es la madera plástica; es un proyecto que de implementarse reduciría de manera significativa la presión de los desechos plásticos sobre el entorno urbano y rural de este municipio, fomentaría la economía circular y el consumo responsable. Así pues, este estudio de viabilidad abarca los aspectos técnicos, económicos, sociales, legales y ambientales del proyecto, su sostenibilidad, la infraestructura necesaria, los costos de inversión, de funcionamiento y sus beneficios.

Palabras clave: Residuos plásticos, economía circular, madera plástica, sostenibilidad.

Abstract

In order to reduce the negative impacts of plastic waste on the environment in the municipality of Jardín, this feasibility study is being carried out for the implementation of a project that seeks to transform recycled plastics into a valuable product such as plastic wood; it is a project that, if implemented, would significantly reduce the pressure of plastic waste on the urban and rural environment of this municipality, and would promote the circular economy and responsible consumption. Thus, this feasibility study covers the technical, economic, social, legal and environmental aspects of the project, its sustainability, the necessary infrastructure, investment and operating costs and its benefits.

Keywords: Plastic waste, circular economy, plastic wood, sustainability.

Introducción

Uno de los principales desafíos ambientales a nivel global es la gestión de los residuos sólidos, especialmente aquellos derivados del plástico, cuyo impacto negativo es cada vez más evidente (Ferronato et al., 2024). Este material se ha convertido en uno de los principales contaminantes y se acumula de manera alarmante debido al aumento del consumismo y a la falta de una gestión adecuada de los desechos (ONU, 2023). Colombia no escapa a esta problemática, presentando tasas de reciclaje muy bajas (WWF, 2024), lo que agrava la acumulación de residuos plásticos y sus efectos adversos en los ecosistemas y la salud humana (Qiang et al., 2019). Ante esta situación, es crucial encontrar soluciones efectivas para reducir la generación de residuos plásticos y evitar que terminen contaminando entornos urbanos, rurales, riberas y cuerpos de agua.

El objetivo de este estudio de viabilidad es evaluar la posibilidad de implementar un proyecto sostenible en el municipio de Jardín, Antioquia, para el aprovechamiento de residuos plásticos reciclables, mediante su recuperación y transformación en madera plástica. Este proyecto busca contribuir a la protección de los ecosistemas, promover la economía circular y fomentar el consumo responsable. La propuesta es transformar los residuos plásticos reciclables en madera plástica, un material versátil que ofrece numerosas ventajas en comparación con la madera natural, como mayor resistencia y sostenibilidad (Rodríguez Salas, 2016). Además, representa una alternativa ecológica, ya que contribuye al cuidado del medio ambiente a través de la reutilización de plásticos, evitando el uso de materiales vírgenes (Ramli, 2024). Este proyecto tiene como objetivo convertir materiales considerados desechos en productos de valor.

El presente estudio está enfocado en analizar la viabilidad de la elaboración de madera plástica, en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales. Aquí se consideran factores como la disponibilidad de materia prima, (en este caso, plásticos reciclables); tecnologías y maquinarias requeridas para la producción, infraestructura, instalaciones y espacios necesarios para adelantar el proyecto, costos de producción, demanda potencial en el mercado local y el impacto que este proyecto puede tener en la comunidad jardineña. También se estudia si este proyecto es viable en términos del desarrollo sostenible.

Este documento presenta los resultados del diagnóstico de residuos plásticos, el volumen generado en Jardín, el volumen con posibilidades de reutilización para la finalidad a la que van a ser destinados. Adicionalmente, se hace el análisis de los aspectos técnicos, financieros y de mercado.

1. Generalidades

1.1 Planteamiento del problema

El municipio de Jardín ubicado en el suroeste antioqueño es un lugar estratégico por los atributos ambientales que posee, su abundancia hídrica y la riqueza ecosistémica y paisajística; sin embargo, no es ajeno a la problemática ambiental que se viene dando a nivel global en relación con los residuos sólidos y su poca o nula gestión; residuos que al no ser tratados adecuadamente no solo perjudican a las comunidades locales sino a todos los ecosistemas del planeta en general. Según el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de Jardín 2021-2032, el municipio no cuenta con un relleno sanitario y por este motivo los residuos son transportados al relleno sanitario Los Eucaliptos, ubicado en el municipio de Aguadas, Caldas, a 143 km de distancia.

En la actualidad, según el PGIRS del municipio, Jardín genera mensualmente 201.6 toneladas de residuos, resultantes de actividades de recolección, transporte, barrido y limpieza, de estos residuos el 9.46% es plástico, por tanto, en Jardín se estarían generando alrededor de 19.1 toneladas al mes, de este volumen de plástico se está aprovechando el 3.98% que equivale aproximadamente a 0.55 toneladas, es decir, 550 kg. El plástico es uno de los materiales que más agudiza los problemas ambientales, toda vez que contamina los suelos y las fuentes hídricas.

Las actividades comerciales y agrícolas generan grandes cantidades de desechos plásticos; los cultivos de café y de plátano, que son tradicionales en el municipio, producen gran cantidad de este tipo de desechos; el plástico es utilizado para embolsar los racimos con el fin de proteger el fruto de las plagas y de las condiciones climáticas, también se usan cintas plásticas para amarrar y sostener las plantas (Promusa, 2016); según el PGIRS de Jardín otras fuentes de desechos plásticos son los envases de los productos agroquímicos. Adicionalmente, en el municipio de Jardín se tiene una planta de exportación de aguacate y gulupa, lo cual incentiva la producción

agrícola de estos cultivos en las zonas rurales, conllevando al uso de plásticos de invernadero y mangueras de riego, generando así más residuos plásticos en el municipio.

Los desechos plásticos no solo cambian el paisaje, sino que además favorecen la proliferación de roedores y zancudos (Arosemena et al., 2024). Con el paso del tiempo y por efectos fisicoquímicos, los plásticos se van desintegrando y liberan micropartículas que se incorporan luego a la cadena alimentaria, afectando así la salud humana y la biodiversidad (National Geographic, 2019). La disposición inadecuada de los residuos plásticos o su incineración no solo deteriora la calidad del aire, sino que también contribuye al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero y, por tanto, a la exacerbación del cambio climático (Heinrich-Böll-Stiftung, 2021).

Frente a esta problemática resulta adecuado utilizar los principios de la economía circular implementando estrategias de aprovechamiento de los residuos plásticos, fomentando el consumo responsable, con el fin de mitigar los efectos negativos de estos residuos sobre el medio ambiente.

Una posible solución para el problema de los residuos plásticos podría ser la recuperación y transformación de estos materiales, aprovechándolos en la elaboración de madera plástica. En el contexto anterior resulta oportuno preguntarse: ¿Es posible desarrollar una estrategia sostenible en el municipio de Jardín para aprovechar los residuos plásticos mediante su transformación en madera plástica, considerando los aspectos sociales, económicos y ambientales?

1.2 Justificación

Teniendo en cuenta las dificultades que enfrenta el municipio de Jardín con la gestión de residuos sólidos, generando aproximadamente 202 toneladas mensuales en la zona urbana (Según PGIRS 2021 – 2032), sin contar con un relleno sanitario propio para su disposición final, y considerando el auge turístico en el municipio después de la pandemia del 2020, en el cual durante las temporadas altas, puentes festivos, fiestas del municipio, festival de cine, semana santa, etc., se incrementa significativamente el número de visitantes y con ello la cantidad de residuos generados, es pertinente explorar la implementación de un proyecto de reutilización de desechos plásticos.

Este proyecto no solo contribuiría a reducir el volumen total de residuos sólidos que deben ser transportados a Aguadas, Caldas, sino que también permitiría la fabricación de madera plástica

a partir de estos desechos. Desarrollar una estrategia de reutilización de residuos plásticos transformándolos en productos útiles alinearía a Jardín con los principios de sostenibilidad esenciales para enfrentar los desafíos ambientales globales. Además, esta estrategia de aprovechamiento de residuos respondería a la creciente necesidad de gestionar de manera responsable los desechos generados por una sociedad cada vez más consumista.

Este modelo de aprovechamiento de los residuos plásticos fomenta el consumo responsable, reduce la presión de los desechos plásticos sobre el entorno urbano y rural y permite que en las comunidades se vaya gestando una mayor sensibilidad y responsabilidad ambiental. La madera plástica, un producto cuya demanda va en aumento, permite transformar materiales desechados en productos de valor aplicando los principios de la economía circular, cuyo enfoque está en armonía con las metas globales de desarrollo sostenible (Ramli et al., 2024).

La importancia de este estudio de viabilidad radica en analizar los aspectos técnicos, económicos, sociales, legales y ambientales necesarios, para saber si esta estrategia de reciclaje y aprovechamiento de los desechos plásticos generados en el municipio de Jardín para convertirlos en un producto de valor, como es el caso específico de la madera plástica, tendrá carácter de sostenibilidad. Finalmente, este estudio busca una alternativa para que Jardín pueda gestionar sus residuos de una manera más eficiente y sostenible, apoyado en los principios de la economía circular que contribuirá principalmente a la conservación y protección del medio ambiente (Ferronato et al., 2024).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar la viabilidad para la producción de madera plástica a partir de plásticos reciclados en el municipio de Jardín, Antioquia, con el fin de determinar su factibilidad como una alternativa sostenible para la gestión ambiental, la reducción de residuos plásticos y el fomento de la economía circular.

1.3.2 Objetivos específicos

- Elaborar un diagnóstico inicial que permita identificar y cuantificar los residuos plásticos generados en el municipio de Jardín.
- Investigar las tecnologías disponibles para el procesamiento de residuos plásticos en la fabricación de madera plástica y evaluar su aplicabilidad en Jardín.
- Determinar la viabilidad económica mediante un análisis costo-beneficio del proyecto, incluyendo estimaciones detalladas de los costos de implementación, operación e ingresos potenciales.
- Analizar la normatividad y las regulaciones ambientales vigentes relacionadas con el manejo de residuos en el municipio, con el fin de garantizar que el proyecto se ajuste a los requisitos legales y promueva el cumplimiento de las disposiciones ambientales establecidas.
- Integrar en un informe final de viabilidad los análisis técnico, económico, legal, social y ambiental, con el fin de proporcionar recomendaciones y conclusiones fundamentadas que apoyen la toma de decisiones para la implementación del proyecto.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Residuos sólidos

Los residuos sólidos son todos aquellos materiales generados por las actividades industriales, comerciales, agrícolas y domésticas que al finalizar su vida útil son desechados, convirtiéndose en fuentes de contaminación de los suelos, del aire, del agua, del entorno y de los ecosistemas en general. Uno de los desafíos ambientales más preocupantes es la acumulación y la mala gestión de estos residuos y es muy probable que su eliminación sin control continúe en aumento hasta 2028; anualmente se produce alrededor de 730 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos; en un escenario optimista, las infraestructuras para tratamiento de los residuos sólidos como, plantas de tratamiento biológico, plantas de incineración, instalaciones de reciclaje

aumentarán solo a un ritmo de 2% anual, lo cual no es suficiente para una óptima gestión de dichos residuos (Maalouf et al., 2020).

En el año 2014 a nivel mundial se produjeron 2 mil millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, a este ritmo para el año 2100 se generarán diariamente 12 millones de toneladas de estos residuos (Hernández Flechas & Corredor González, 2017). En Colombia se genera anualmente alrededor de 12 millones de toneladas de basura, de las cuales se recicla un 17% y el resto es depositado en rellenos sanitarios (Semana, 2024); estas cifras ponen de relieve la problemática ambiental que tiene el país con los residuos sólidos, problemática que también se presenta en el municipio de Jardín.

1.4.2 Residuos plásticos

Uno de los residuos sólidos más abundantes y que degrada los ecosistemas es el plástico, sus propiedades físicas y químicas únicas han generado que se dé un aumento drástico de su uso y consumo, dando como resultado que se haya cuadruplicado en los últimos 30 años (Loy et al., 2023). El plástico es un material inventado en el siglo XX y por su versatilidad ha revolucionado múltiples industrias; sin embargo, el consumismo desmedido y el uso indiscriminado del plástico ha producido graves problemas ambientales; la generación de desechos industriales plásticos son fuente de emisiones de gases de efecto invernadero que intensifican los efectos del cambio climático y los problemas de salud de las comunidades (Qiang et al., 2019). Entre los años 2000 y 2019, a nivel mundial se produjeron 353 millones de toneladas de plástico, de las cuales solo se recicla un 9%, un 44% del plástico que se desecha se deposita en vertederos y un 22% se vierte o se quema al aire libre (Ferronato et al., 2024).

A nivel mundial cerca de 31,9 millones de toneladas de plásticos son arrojados en el medio ambiente (Bucci et al., 2020). Se estima que en el 2015 se habían generado cerca de 6300 millones de toneladas de plásticos, de las cuales el 79% se desechó en vertederos o en los ecosistemas, el 12% se incineró y solo el 9% fue reciclado. Se menciona también que, de continuar con esta falta de métodos significativos de reciclaje, para 2050 se estaría acumulando 12.000 millones de estos residuos plásticos en el medio ambiente (Geyer et al., 2017).

El “85 % de todo el plástico producido a nivel mundial está compuesto por polímeros plásticos, que se componen principalmente de polipropileno (PP), polietileno (PE), cloruro de polivinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET), poliestireno (PS), poliuretano (PUR), poliamida” (Ramli et al., 2024).

Estas grandes cantidades de plástico que se van acumulando en los ecosistemas pueden persistir durante siglos en la vida terrestre y acuática causando problemas ambientales tanto a las personas como a la flora y fauna (Zhou et al., 2022), esto se evidencia al analizar como los productos, pre productos y fragmentos de plástico que se pierden durante la producción, el uso y el final de su vida útil, contribuyen a la creciente acumulación de plásticos en los diversos tipos de ecosistemas dando lugar como se venía mencionando a serios problemas de contaminación (Ramli et al., 2024).

1.4.3 Madera plástica

Una estrategia que viene arrojando resultados positivos para afrontar el problema de los residuos plásticos y su presión sobre los ecosistemas y la salud humana, es la reutilización de estos desechos en la fabricación de madera plástica. La madera plástica nace como una alternativa revolucionaria en la búsqueda de materiales útiles, sostenibles y amigables con el medio ambiente, es así como la transición del plástico virgen al plástico reciclado esta ganado popularidad (Ramli, 2024).

Según la empresa colombiana Maderplast la madera plástica es un producto que está hecho de plástico reciclado que sirve para reemplazar a la madera natural contribuyendo así a la reducción de los residuos plásticos y a la conservación de los recursos naturales, con esta estrategia de reciclaje se evita la tala de bosques y se fomenta la economía circular.

Existen diferentes tipos de madera plástica según sus componentes y el uso que se le vaya a dar: madera 100% de plástico reciclado y madera plástica con relleno de madera o fibras, esta última no tiene la misma vida útil que la madera hecha únicamente con plástico reciclado (Rodríguez Salas, 2016).

1.4.4 Madera fabricada con plásticos reciclados y fibras naturales

Para fabricar este tipo de madera se utilizan diferentes tipos de plásticos reciclados y fibras naturales; esta madera es un compuesto de polímeros sintéticos (plásticos reciclados) y fibras naturales como aserrín de madera, cáscaras de arroz, que le dan la apariencia estética de la madera natural (Youssef et al., 2021).

“Para la producción de madera plástica, los materiales de desecho y los subproductos de la industria maderera y agrícola, por ejemplo, recortes, aserrín, residuos de la fabricación de tableros, lodos de pulpa, pueden servir como materia prima” (Teuber et al., 2016) estas fibras aportan rigidez y mejoran la interacción entre la matriz plástica y las fibras.

Las fibras naturales se utilizan en este proceso porque son renovables, abundantes, biodegradables y económicas. Además, tienen baja densidad, alta resistencia y no son abrasivas durante el procesamiento, lo que las califica para ser utilizadas como refuerzo para polímeros sintéticos. Los subproductos agrícolas son buenos materiales de desecho alternativos que reemplazan la madera y además de ser abundantes, están ampliamente distribuidos y son fáciles de conseguir; asimismo por su abundancia y renovabilidad, el uso de desechos agrícolas puede ser ventajoso para la economía, el medio ambiente y la tecnología (Youssef et al., 2021).

1.4.5 Madera fabricada únicamente con plásticos reciclados

En la fabricación de este tipo de madera no se incorporan fibras naturales, únicamente se utiliza el plástico reciclado, que después de su limpieza y triturado se somete al proceso de fundido para crear un material homogéneo y moldeable según las formas requeridas. El plástico reciclado se obtiene del polietileno de alta densidad (HDPE), además de otros materiales termoplásticos. Este tipo de madera plástica se utiliza cuando las condiciones de humedad exigen resistencia y durabilidad como es el caso de muebles exteriores, estructuras para parques, jardines o cercas ya que no se pudre, enmohece y no es atacado por insectos (Rodríguez Salas, 2016).

1.4.6 Tipos de plásticos

Los polímeros más comunes son el polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LDPE), entre estos se encuentran los envases rígidos, bolsas de plástico y botellas, estos plásticos destacan por ofrecer una combinación de resistencia, durabilidad y la facilidad de procesamiento haciéndolos adecuados para una alta variedad de aplicaciones.

El polipropileno (PP) es comúnmente utilizado en tapas de botellas, envases de alimentos y otros productos de consumo masivo. El cloruro de polivinilo (PVC) es muy utilizado en materiales para construcción como tuberías, marcos de ventanas (Gómez Manco & Mosquera, 2017).

1.4.7 Métodos de fabricación de madera plástica

Existen diferentes métodos para producir madera plástica, cada uno de estos depende de las características que tendrá el producto final. Pannu, Singh y Dhawan (2019) analizaron las diferentes técnicas que se utilizan incluyendo los métodos de inyección, compresión, pultrusión y extrusión, a continuación, se menciona cada uno de ellos según los autores mencionados anteriormente:

- **El Método por inyección.** Es una de las técnicas que más se utilizan en la fabricación de polímeros termoplásticos, más del 30% de los plásticos se fabrican o se procesan con esta técnica, consiste en que la mezcla fundida de plástico y fibra natural es inyectada en un molde a alta presión. Es un método utilizado en la producción de piezas finas y complejas.
- **Proceso de moldeo por compresión.** Este proceso es utilizado a menudo en la fabricación de compuestos de matriz polimérica donde se ha realizado un refuerzo para aumentar su resistencia, este método prensa la mezcla a alta presión y temperatura en un molde específico.
- **Proceso de pultrusión.** Es un proceso continuo de fabricación donde se pasa la mezcla de plástico a través de una matriz para producir piezas largas con refuerzos internos.
- **Proceso de extrusión.** En este proceso se empuja la mezcla fundida a través de una matriz para lograr piezas largas y uniformes.

Según Maderplast el proceso de producción de la madera plástica tiene su inicio al recolectar el plástico en centros de acopio y basureros legales, seguidamente como se puede observar en la **Ilustración 1** se realiza la separación de los termoplásticos los cuales se someten a procesos de temperatura y moldeo, con esta transformación se obtiene un material que se asemeja a la madera natural y que puede usarse como reemplazo de esta.

Ilustración 1. Como se fabrican las maderas plásticas



Nota: Fuente: Elaboración propia

1.4.8 Ventajas de la madera plástica

La madera plástica se caracteriza por ser un material resistente a condiciones que para otros materiales resultarían adversos, como pueden ser la humedad, la salinidad, los cambios de temperatura, entre otros. A diferencia de la madera natural, es decir de árboles, la madera plástica no se pudre, no se deforma y no es vulnerable y susceptible a plagas, convirtiéndose en una buena alternativa para zonas húmedas y exteriores (Rodríguez Salas, 2016).

Otra de las bondades de la madera plástica es que el mantenimiento requerido es mínimo en comparación con la madera natural, pues no necesita ser barnizada o tratada con productos químicos; no requerir de esos tratamientos ahorra tiempo y dinero a largo plazo. Al estar compuesta de materiales como plástico reciclado se reduce la contaminación del entorno por estos residuos, contribuyendo así en la conservación de los recursos naturales como la madera y en la salud de los ecosistemas.

Otras ventajas de la madera plástica son su alta durabilidad gracias a los materiales de los que está hecha, resistencia a los golpes, no se deforma y tiene resistencia a los hongos debido a que este material no retiene la humedad; además, al final de su vida útil este material es nuevamente reciclable, con el cual se da inicio a un nuevo proceso de economía circular (Rodríguez Salas, 2016).

1.4.9 Aplicaciones de la madera plástica

La madera plástica tiene un amplio abanico de aplicaciones como en la construcción, el mobiliario urbano y productos para el hogar, esto le da oportunidades comerciales en sectores públicos y privados, gracias a sus características de resistencia, durabilidad y bajo mantenimiento, la madera plástica es ideal para construir terrazas, muebles de jardín y postes para cercas (Rodríguez Salas, 2016).

Además, en los espacios públicos la madera plástica se utiliza para la construcción de bancos en parques, juegos infantiles y señalizaciones, ofreciendo una alternativa duradera y segura para las comunidades (Guio Rentería, 2022). Dada su resistencia al agua salada y a la humedad, también se le da uso en el sector náutico (Sierra Franco, 2024).

1.4.10 Análisis de ciclo de vida (ACV) de la madera plástica

El análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de gran importancia para evaluar los impactos ambientales asociados con la producción de madera plástica, y va desde la extracción de materias primas hasta la disposición final del producto, considerando todas las etapas como producción, uso y reciclaje. Los estudios realizados sobre la madera plástica han proporcionado información relevante sobre el ACV de la madera plástica (Qiang et al., 2019).

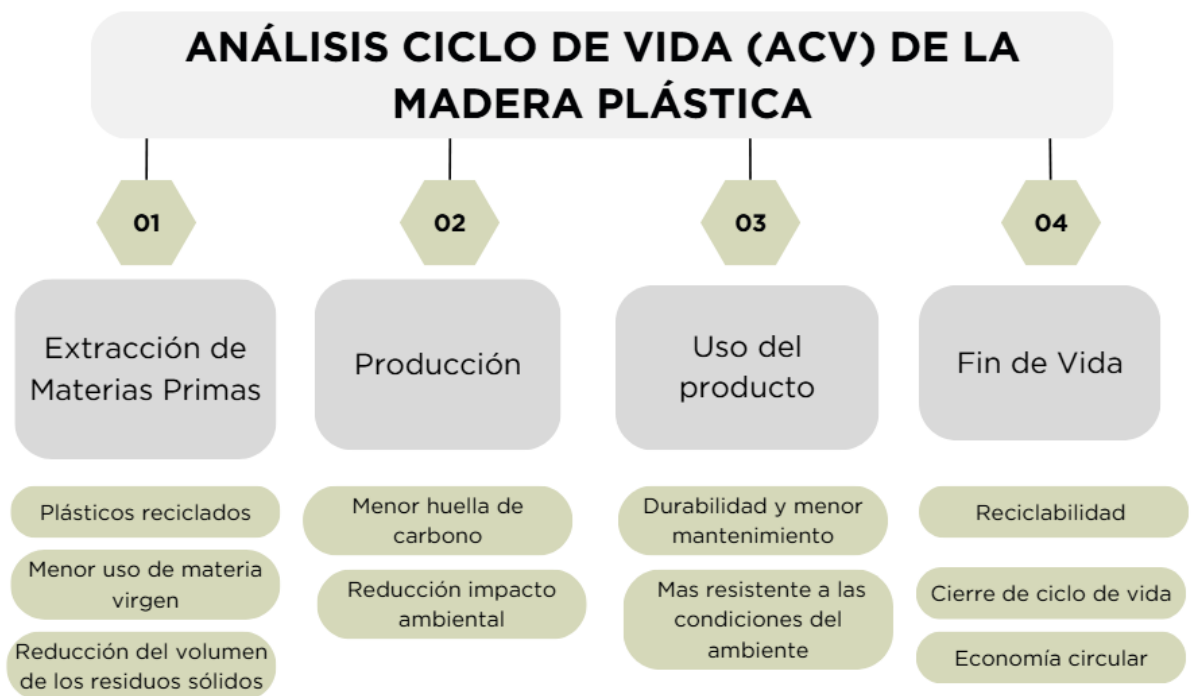
Gracias a que la madera plástica es fabricada con plásticos reciclados como polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno (PP), y en casos combinados con fibras naturales como aserrín de madera y cáscaras de arroz (Gómez Manco & Mosquera, 2017) se está reduciendo la demanda y utilización de materiales vírgenes y se está transformando en un producto de valor lo que ha

sido considerado como un desecho; este reciclaje de los residuos plásticos disminuye el volumen de los residuos destinados a vertederos (Qiang et al., 2019).

La durabilidad y el mantenimiento de la madera plástica son factores claves en su ciclo de vida; comparada con la madera tradicional, la madera plástica es más resistente a las condiciones del ambiente y no necesita tratamientos extras para su durabilidad ni para mantenerse en óptimas condiciones, esto reduce los impactos en el medio ambiente (Rodríguez Salas, 2016).

Al final de su vida útil, la madera plástica puede ser reciclada nuevamente, cerrando el ciclo de vida y promoviendo un modelo de economía circular. Este reciclaje adicional reduce aún más la necesidad de materia prima nueva y la contaminación por residuos en vertederos (Isaza et al., 2022). En la **Ilustración 2** se muestra el ACV de la madera plástica.

Ilustración 2. Análisis del ciclo de vida (ACV) de la madera plástica



Nota: Fuente: Elaboración propia

1.4.11 Casos de éxito

Varias empresas a nivel mundial han tenido éxito en la implementación de modelos de aprovechamiento de desechos plásticos utilizándolos en la fabricación de madera plástica, entre ellas se encuentran Plaswood, en Reino Unido, Green Plastic Wood, en Sudáfrica y GoodWood en Chile. Estas empresas elaboran productos de gran utilidad como muebles urbanos, estructuras para la construcción, cercos, mesas de picnic, entre otros. Estos casos de éxito demuestran que la reutilización de plásticos puede dar origen a productos de gran utilidad, innovadores y sostenibles.

A nivel nacional también se le apuesta a la transformación de residuos plásticos en madera plástica, como sucede en Bogotá, donde la Asociación Cooperativa de Recicladores de Bogotá (ARB) fabrica mesas, sillas, portavasos, muebles, entre otros (Latitud R., 2023), a partir de dichos residuos, un emprendimiento que tiene un impacto positivo a nivel social, económico y ambiental, lo cual está en sintonía con la economía circular y es fuente de ingreso para sus asociados.

Otros casos de éxito en Colombia que destacan por su enfoque en la economía circular al aprovechar plásticos reciclados son Construplast Colombia, donde hacen productos como decks, estibas y paneles (Construplast, 2024).

Maderpol es otra empresa que se destaca por elaborar madera plástica, creando productos para usos industriales y residenciales (Maderpol, 2013). Ecoplast también se destaca elaborando materiales resistentes y duraderos de madera plástica en entornos comerciales y residenciales (Ecoplast, 2023).

1.4.12 Economía circular en el consumo de plástico

El modelo de economía circular se centra en el desarrollo constante y la ampliación del rendimiento de los recursos; es un modelo que también se utiliza para replantear y superar el modelo actual del consumo del plástico de tomar, usar y desechar (Ghisellini et al., 2016). La economía circular aplicada en el sistema industrial pretende ser restaurativa o regenerativa donde no se piensa en el “fin de vida útil”, sino que busca la restauración y se esfuerza por eliminar los residuos generados a través de la creación de nuevos materiales, productos, sistemas y modelos de negocio (Kumar et al., 2024).

La economía circular busca reducir la necesidad de materias primas transformando los residuos generados después de los procesos o usos en recursos aprovechables, integrándolos de nuevo en los ciclos productivos. Este modelo de economía promueve un ciclo cerrado para los productos. El objetivo de este cambio de paradigma es promover la prevención, la reutilización, el reciclaje y la recuperación como estrategias importantes para mitigar el impacto ambiental que generan los residuos sólidos (Velenturf & Purnell, 2017).

La economía circular y el desarrollo sostenible van en la misma línea. El desarrollo sostenible es un nuevo modelo económico que establece unos parámetros generales para que las organizaciones e instituciones desarrollen sus estrategias y procesos (Velenturf & Purnell, 2017).

Esto se está observando en la administración pública, donde se está produciendo un proceso de cambio hacia el desarrollo de ciudades que sean sostenibles e inteligentes. El enfoque de desarrollo sostenible busca equilibrar las esferas ambiental, social y económica, garantizando que las generaciones futuras también puedan satisfacer sus necesidades (Kumar et al., 2024). Se reconoce que el ser humano, por la necesidad de hacer uso de los recursos de la naturaleza debe hacer que este uso sea de la manera más equilibrada y responsable posible.

1.5 Marco conceptual

- **Desarrollo sostenible.** Es un término que se refiere a la búsqueda y enfoque de poder satisfacer las necesidades del presente sin menoscabar la posibilidad de que las generaciones futuras puedan también satisfacer las propias. La sostenibilidad procura que en las actividades humanas exista siempre un equilibrio entre las esferas económicas, sociales y ambientales (Ley 99, 1993).
- **Economía circular.** Es un modelo de producción y consumo que busca reducir la huella ecológica aprovechando al máximo los recursos, reutilizando aquellos residuos que se consideran desechos, evitando así, en lo posible, la toma y utilización de materiales vírgenes. El modelo de economía circular procura que los productos, materiales y recursos se mantengan dentro de la dinámica económica el mayor tiempo posible, fomentando así el desarrollo sostenible (Ley 2232, 2022).

-
- **Consumo responsable.** Procura la toma de conciencia por parte de los consumidores a la hora de comprar y utilizar un bien o servicio, donde se tenga en cuenta no solo el precio y la calidad, sino también el impacto social y ambiental de aquellos bienes o servicios adquiridos; el consumo responsable fomenta el compromiso ético de los consumidores (Junta de Andalucía, 2012).
 - **Impacto ambiental.** Se refiere a las consecuencias positivas o negativas que la actividad antrópica trae sobre los ecosistemas o sobre los fenómenos naturales (Decreto 1076, 2015).
 - **Gestión integral de residuos.** Es el manejo de los residuos generados por las actividades humanas, desde su origen hasta su disposición final. Esta gestión procura la valoración y reutilización de los residuos para reducir la presión de estos sobre los ecosistemas y las poblaciones humanas (Decreto 2981, 2013).
 - **Separación en la fuente.** Es una práctica que hace parte de la correcta gestión de los residuos y consiste en clasificar los residuos en el mismo lugar donde estos se generan, con el fin de reducir su impacto sobre el medio ambiente y como un paso en la práctica de la economía circular (Ley 1259, 2008).
 - **Caracterización de residuos.** Consiste en la identificación y valoración de las propiedades o características físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos generados para poder determinar su composición, su peligrosidad y las posibilidades de reutilización (Decreto 1784, 2017).
 - **Residuos sólidos.** Es el conjunto de todos aquellos materiales sólidos, orgánicos o inorgánicos generados por las actividades humanas y que luego de su uso son desechados como algo inútil, sin valor (Ley 1259, 2008).
 - **Residuo sólido recuperable.** Todo tipo de residuo sólido al que, mediante un debido tratamiento, se le puede devolver su utilidad original u otras utilidades (Ley 1259, 2008).
 - **Plástico.** Es un material sintético que, por su multiplicidad de usos y por su durabilidad, es ampliamente utilizado en casi todos los campos de la actividad humana. Por su producción a gran escala y por la disposición final de sus desechos, el plástico ha generado gran preocupación por sus impactos en el medio ambiente, por este motivo se ha buscado una correcta gestión de los residuos plásticos, incluido el reciclaje.

-
- **Reciclaje.** Consta de una o varias actividades como son: tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, acopio, reutilización, transformación y comercialización, estos procesos mediante los cuales se aprovechan y transforman los residuos recuperados tienen la finalidad de devolver a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos (Decreto 2695, 2000).
 - **Aprovechamiento de residuos plásticos.** Son los procesos a través de los cuales los residuos plásticos se recuperan por medio de la reutilización, reciclaje, la valorización energética o mediante cualquier tecnología que permita que estos residuos sean reincorporados al ciclo productivo, lo que genera beneficios ambientales, económicos, sociales y sanitarios (Ley 2232, 2022).
 - **Madera plástica.** Es un producto de valor elaborado a partir de plásticos reciclados, goza de una apariencia similar a la de la madera natural y además reúne ventajas adicionales como son resistencia, durabilidad y versatilidad.
 - **Viabilidad.** Es la evaluación de un proyecto en términos de si se puede ejecutar o no; un estudio de viabilidad abarca los aspectos técnicos, financieros, sociales, ambientales y legales.
 - **Costo-beneficio.** Es un análisis comparativo entre los costos de inversión de un proyecto y los beneficios que se esperan de este. Este análisis permite la toma de decisiones sobre ejecutar un proyecto, aplazarlo o archivarlo.
 - **Valor Presente Neto (VPN).** Es una herramienta de cálculo financiero que se utiliza para evaluar si una inversión o proyecto es económicamente rentable; en esta evaluación se calcula el valor presente de todos los ingresos y egresos futuros relacionados con la inversión y descontados a una tasa de interés específico. El resultado de este cálculo es una cifra monetaria que indica cuánto se espera ganar o perder con una inversión. Si el VPN arroja resultados positivos, el proyecto o inversión es rentable; si, por el contrario, resulta negativo, será inviable. Si el cálculo es igual a cero, será un resultado de equilibrio donde con el proyecto o inversión no habrá ganancia ni pérdida.
 - **Tasa Interna de Retorno (TIR).** Es un indicador que da cuenta de la rentabilidad de un proyecto o inversión y se obtiene calculando la diferencia entre los gastos actuales y los ingresos proyectados a futuro; este cálculo permite estimar las ganancias que se esperan

con una inversión, así como la detección de riesgos, las ganancias o pérdidas que la inversión pueda generar.

- **Tasa de Retorno Requerida (TMRR).** Es un cálculo del porcentaje mínimo de ganancia o compensación que un inversor espera con su inversión; la TMRR es un concepto esencial en la evaluación de una inversión, pues determina si esta es rentable o no: los riesgos en un proyecto o inversión se proyectan a través de este cálculo; cuanto mayor sea la Tasa Mínima de Retorno Requerida, mayor será el riesgo que se corre con la inversión.

1.6 Metodología

El estudio de viabilidad de este proyecto para el aprovechamiento de los residuos plásticos en el municipio de Jardín está basado en los métodos cualitativos y cuantitativos con el propósito de obtener una visión integral de los aspectos técnicos, económicos, sociales y ambientales involucrados en el mismo. El estudio se adelantará de la siguiente manera:

1.6.1 Diagnóstico de residuos plásticos generados en el municipio de Jardín.

La primera etapa de la metodología consiste en determinar la cantidad de residuos plásticos que se generan en el municipio de Jardín e identificar y clasificar el tipo de estos desechos (botellas, bolsas, envases, etc.), así como las prácticas de manejo actual que se le están dando, es decir, cómo se recolectan, transportan y disponen, igualmente identificar la fuente de estos residuos, su disposición final y su impacto en el medio ambiente del municipio.

1.6.1.1 Técnicas aplicadas

- **Recolección de datos.** A través de salidas de campo, observación directa, consultas y entrevistas, se investigará qué cantidad y qué tipo de residuos plásticos se generan en el municipio.
- **Análisis de datos.** Cuantificación y clasificación de los residuos plásticos.

1.6.2 Investigación de tecnologías

En esta etapa de la metodología se investiga cuáles son las maquinarias y la infraestructura que se requiere para transformar y aprovechar los residuos plásticos en la fabricación de madera plástica, por lo cual se recurre a revisión de literatura, consulta con expertos y visitas a plantas de reciclaje que se dediquen a este tipo de aprovechamiento.

1.6.2.1 Técnicas aplicadas

- **Revisión bibliográfica:** se compilará información sobre las tecnologías aplicadas actualmente en el procesamiento de madera plástica.
- **Visitas técnicas:** se planearán visitas a plantas o instalaciones donde se haga uso de estas tecnologías con el fin de obtener información de primera mano sobre su funcionamiento.
- **Evaluación técnica:** se analizará la posibilidad de adaptar estas tecnologías y maquinaria a las condiciones de Jardín.

1.6.3 Análisis costo-beneficio

En esta etapa de la metodología es necesario estimar la viabilidad económica del proyecto en el municipio de Jardín, para ello se recurre a un análisis de costo-beneficio donde se incluyen las estimaciones de los costos por maquinaria e infraestructura, así como los costos por mantenimiento y mano de obra, además de esto, se tienen en cuenta los ingresos potenciales, lo anterior tiene por finalidad analizar si los beneficios económicos justifican la inversión requerida.

1.6.3.1 Técnicas aplicadas

- **Análisis de costos de implementación:** calcular los costos iniciales de instalación de la planta, adquisición de maquinaria y capacitación del personal.
- **Análisis de costos de operación:** estimar los costos operativos, de mantenimiento y de mano de obra.

- **Análisis ingresos potenciales:** proyectar los ingresos generados a partir de la venta de madera plástica o de incentivos y subsidios.
- **Análisis financiero global:** utilizar herramientas como el flujo de caja descontado, el valor presente neto (VPN) y la tasa de retorno (TIR) para poder evaluar la rentabilidad del proyecto.

1.6.4 Consulta de normatividad y regulaciones

En esta etapa se consulta la normatividad y regulaciones ambientales que están relacionadas con el manejo y aprovechamiento de residuos plásticos para que el proyecto cumpla con el marco normativo correspondiente.

1.6.4.1 Técnicas aplicadas

- **Análisis legal:** Investigar las leyes y las regulaciones ambientales nacionales y locales relacionadas con el manejo de residuos plásticos.
- **Análisis del cumplimiento normativo:** Asegurarse de que todas las etapas del proyecto cumplan con la legislación vigente para evitar sanciones y asegurar la sostenibilidad del proyecto.

1.6.5 Análisis de impactos

En esta etapa se analizan los impactos sociales, económicos y ambientales en el municipio de Jardín; además se incluye la percepción de la comunidad sobre la implementación del proyecto de aprovechamiento y transformación de residuos plásticos para la elaboración de madera plástica con enfoque en la economía circular.

1.6.5.1 Técnicas aplicadas

- **Estudio del impacto social:** evaluar cómo el proyecto afectará a la comunidad local en términos de empleo, educación ambiental y calidad de vida.
- **Estudio del impacto económico:** analizar los efectos económicos, como la creación de empleo y el desarrollo económico local.
- **Estudio del impacto ambiental:** evaluar los beneficios ambientales, como reducción de residuos plásticos y la conservación de recursos naturales.

1.6.6 Elaboración del informe final

En esta etapa se elabora el informe final de viabilidad donde se encuentran registrados los hallazgos de este estudio, este informe incluye además las conclusiones sobre la viabilidad económica, técnica, social y ambiental, así como las recomendaciones para su implementación.

1.6.6.1 Técnicas aplicadas

- **Compilación de datos:** reunir toda la información y los análisis realizados en las etapas anteriores.
- **Redacción de informe:** redacción del informe detallado del análisis técnico, económico, legal, social y ambiental.
- **Propuesta de recomendaciones:** dar las recomendaciones basadas en los hallazgos para apoyar la toma de decisiones sobre la implementación del proyecto.

1.7 Ubicación del Proyecto

Jardín es un municipio que pertenece al suroeste antioqueño, entre un ramal de la Cordillera Occidental y el río San Juan, se encuentra a 134 km de Medellín, su cabecera municipal está a una altura de 1.750 msnm. El municipio posee una extensión de 224 km² y se caracteriza por tener un relieve montañoso con altitudes que van desde 140 hasta 3.300 msnm en el Páramo San Rafael;

también presenta colinas, vertientes empinadas y un valle donde se asienta el casco urbano. Por su topografía presenta tres pisos térmicos distribuidos en: clima templado, frío y páramo; Jardín tiene una temperatura promedio de 19 grados centígrados como se muestra en la **Tabla 1**. Una de las características principales de esta región es su belleza paisajística y su riqueza hídrica, debido en gran manera al microclima que presenta, influenciado por las corrientes de aire frío de los Farallones del Citará y de las montañas de la cuchilla Jardín-Támesis, también influyen las corrientes cálidas que provienen del curso bajo y medio del río San Juan, (Municipio de Jardín, 2017). En la **Ilustración 3** se presenta la ubicación del municipio.

Tabla 1. Descripción del municipio de Jardín, Antioquia

Límites del municipio de Jardín	Al norte con el Municipio de Jericó, al sur con el departamento de Caldas, al este con el municipio de Támesis y por el Oeste con el municipio de Andes.
Extensión total	224 Km ²
Altitud de la cabecera municipal	1750 m.s.n.m.
Temperatura media	19° C
Distancia de referencia	134 km de Medellín

Nota: Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3. Ubicación del municipio de Jardín, Antioquia



Nota: Fuente: PGIRS de Jardín 2021 – 2032

En el área urbana del municipio se encuentra la zona residencial con viviendas de uno o dos pisos; cuenta en la parte central con la zona comercial conformada por supermercados, almacenes, carnicerías, ferreterías, droguerías, restaurantes, cafés y hoteles. Jardín se caracteriza por su arquitectura colonial donde las casas conservan sus puertas, ventanas y balcones hechos de madera, esto hace del municipio un lugar muy atractivo por conservar sus características de pueblo antioqueño; además, sus edificaciones están bien conservadas (Municipio de Jardín, 2021).

Uno de los aspectos más importantes de esta región es que su economía se basa en la agricultura, donde el café es uno de los cultivos más tradicionales y representativos, además de cultivos como plátano, banano, caña panelera, aguacate, gulupa, tomate de árbol, tomate de aliño, lulo y reforestaciones; entre las actividades pecuarias se tiene la ganadería, actividades piscícolas y avícolas. Otra actividad que cada vez gana más importancia en el municipio es el turismo, que se ha convertido en el segundo renglón de su economía (Municipio de Jardín, 2021).

2. Estudio del Entorno y Sectorial

2.1 Análisis de las dimensiones del entorno relacionadas con el proyecto.

2.1.1 Dimensión social

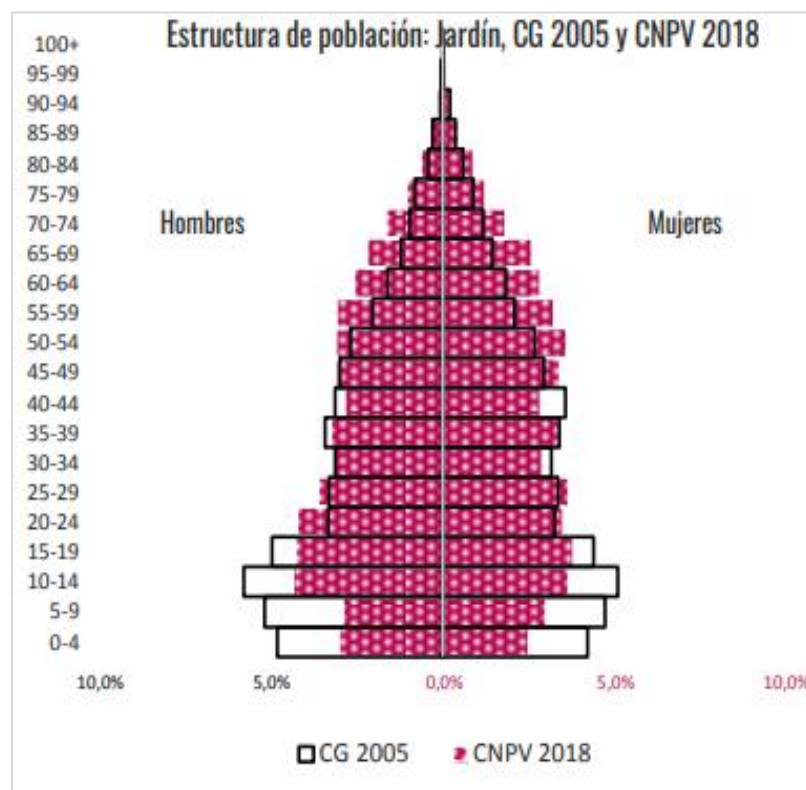
Para el año 2024 el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) estimó la población del municipio de Jardín en 15.513 personas de las cuales 7.692 son hombres y 7.821 mujeres, esta población está distribuida en 8.907 personas en el área urbana y 6.606 personas en los centros poblados y rurales dispersos (DANE, 2024).

El municipio tiene 20 veredas (Gobernación de Antioquia, 2024) y un resguardo indígena que tiene por nombre Karmata Rúa, de la comunidad indígena Emberá-chami en la vereda Cristianía, donde se encuentra el 11% de la población de Jardín y un 0.5% de la población es afrocolombiana (DANE, 2018). En la **Ilustración 4** se observa el mapa de división política del municipio.

puede incidir en que la población joven actual se encuentre más abierta a nuevas propuestas para la resolución de problemáticas de su interés, donde los temas ambientales no son ajenos a esta nueva generación que tienen entre 20 y 30 años.

Es posible que la población joven por estar más inmersa en la era de la información y la innovación este más interesada en ser parte activa del proyecto de madera plástica del municipio de Jardín, como forma de contribuir, en parte, a la solución de las problemáticas ambientales generadas por los desechos plásticos.

Ilustración 5. Comparación poblacional 2005 vs 2018, Jardín, Antioquia



Nota: Fuente: DANE 2018

Según el DANE (2018) un aspecto fundamental en este territorio es que solo el 59,2% de las viviendas cuenta con acceso a recolección de basura, esto implica una problemática ya que al menos 6.329 personas disponen inadecuadamente sus residuos, generando problemas ambientales

como contaminación del suelo, fuentes hídricas y presencia de plagas, principalmente roedores y zancudos.

Otro factor importante es que solo el 18.1% de las viviendas de la población jardineña tiene acceso a internet (DANE, 2018), lo cual implica que para tener una efectiva socialización del proyecto de reciclaje y reincorporación de plástico se necesita más que campañas digitales, el acompañamiento social con campañas de reciclaje casa a casa, no solo en el área urbana sino también en todas las veredas del municipio.

Una buena opción, dadas las particularidades sociales del municipio, puede ser apoyarse en los líderes de las Juntas de Acción Comunal (JAC) para lograr una mayor socialización del proyecto. Según el Proyecto de Revisión y Ajuste del Esquema de Ordenamiento Territorial de Jardín del 2018, la distribución por veredas de las JAC es como se muestra en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Distribución por veredas de JAC

Vereda	Numero de JAC
Alto del Indio	1
Caramanta	0
Cristianía (Resguardo indígena)	0
El Tapado	1
El Tormento	0
Gibraltar	3
La Arboleda	1
La Casiana	1
La Herrera	2
La Linda	2
La Mesenia	0
La Salada	1
La Selva	1
Macanas	2
Morro Amarillo	3

Quebrada Bonita	0
Río Claro	0
San Bartolo	1
Santa Gertrudis	1
Serranías	2
Verdún	2

Nota: Fuente: Revisión y Ajuste del Esquema de Ordenamiento Territorial de Jardín del 2018

Así pues, según esta tabla, existen 24 juntas de acción comunal que pueden influir positivamente en el proyecto, ya que son sectores de características agrícolas con tendencias a la asociatividad campesina, donde las exposiciones a la comunidad de medidas de protección ambiental, proyectos o ayudas estatales a campesinos se realizan mediante reuniones convocadas por líderes locales.

2.1.2 Dimensión legal

Este estudio de viabilidad del proyecto de aprovechamiento de residuos plásticos transformándolos en madera plástica como producto de valor, en el municipio de Jardín, considera los lineamientos normativos relacionados o aplicables a este tipo de proyectos, es decir, considera la viabilidad de este proyecto según la legislación vigente de Colombia. Dentro del sustento legal para esta iniciativa se tiene:

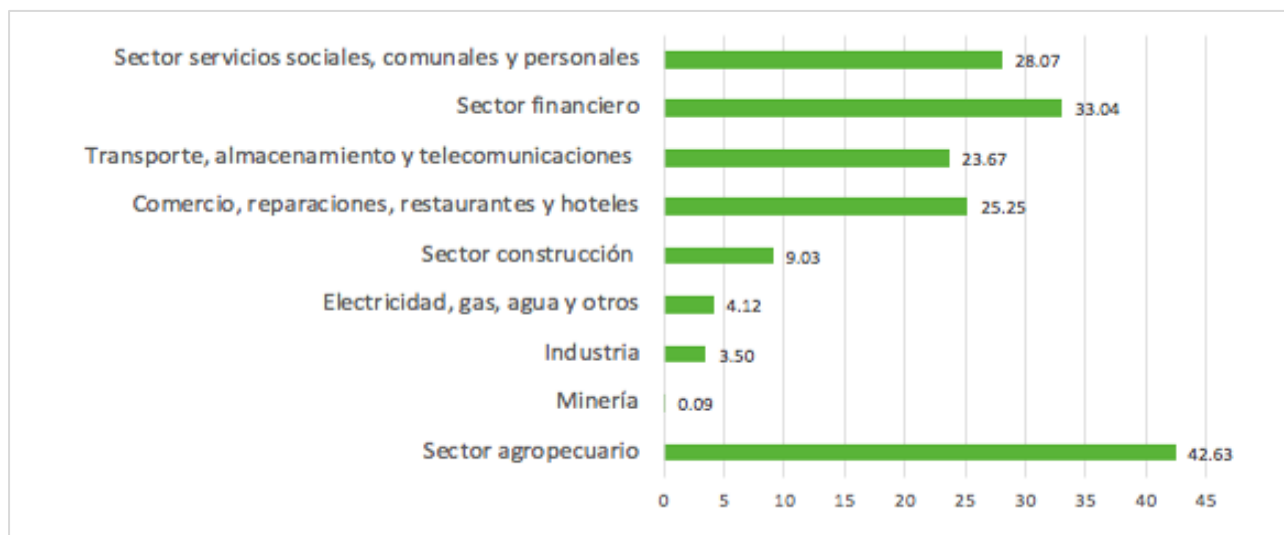
- **Constitución Política de Colombia (1991).** La Constitución Política, en los artículos 79 y 80, garantiza el derecho al goce de un ambiente sano y establece la obligatoriedad del Estado de proteger los recursos naturales y fomentar el desarrollo sostenible.
- **Ley 99 de 1993.** Con esta Ley se crea 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.
- **Ley 9 de 1979.** Esta Ley es el Código Nacional Sanitario, el cual regula los aspectos sanitarios y de salud pública en relación con la contaminación.

- **Decreto 1076 de 2015.** Es el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual reúne en un solo documento la normatividad relacionada con la gestión ambiental, el desarrollo sostenible y la conservación de los recursos naturales.
- **Política Nacional de Producción Más Limpia (1998).** Es una estrategia enfocada en la promoción del uso eficiente de los recursos naturales, las prácticas sostenibles y la reducción de residuos en los procesos de producción.
- **Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos y el COMPES 3917 de 2018.** Establecen las directrices y estrategias para la gestión de los residuos sólidos en Colombia.
- **Estrategia Nacional de Economía Circular (2019).** Es una política diseñada para cambiar o transformar el modelo de producción y consumo de carácter lineal, es decir, un sistema de compra, uso y desecho, en un modelo circular donde los materiales y productos considerados de desecho, sean reutilizados, reciclados y aprovechados con la finalidad de reducir los impactos ambientales y generar nuevas oportunidades económicas, transformando dichos desechos en productos de valor que, al cumplir su vida útil, pueden ser incorporados nuevamente a la economía.
- **Ley 2232 de 2022.** Establece las medidas tendientes a la reducción y prohibición gradual de la producción y consumo de los plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones.

2.1.3 Dimensión económica

Para el 2018, el PIB del municipio de Jardín fue cercano a los 185 mil millones de pesos. Esto quiere decir que el PIB per cápita es de 29.5 millones de pesos al año. La estructura productiva del municipio indica que el sector agropecuario, especialmente asociado al cultivo de café, aporta cerca del 23% del PIB. De otro lado, el sector financiero aporta el 18%, el comercio y el sector servicios aportan cada uno cerca del 15% (Universidad de Antioquia, 2020). En la **Ilustración 6** se presenta el PIB que se tiene por sectores en el municipio.

Ilustración 6. PIB Sectorial -municipio de Jardín



Nota: Fuente: Guía base para la reactivación económica, pág. 5.

El municipio de Jardín tiene como principal vocación la agricultura, a través de esta actividad genera aproximadamente 2.587 empleos directos (EOT, 2018), sumado a los jornales necesarios en épocas especialmente de cosecha, el cultivo más representativo del municipio es el café. Para el año 2017 se tenían las siguientes cifras correspondientes a la producción agrícola en este municipio, representadas en la **Tabla 3** para los cultivos permanentes y en la **Tabla 4** para los cultivos transitorios:

Tabla 3. Cultivos permanentes y empleos generados

Cultivo permanente	Principales Veredas productoras	Área (Ha)	Empleo/Ha	Empleo generado por cultivo
Aguacate	Gibraltar, Alto del Indio, Casiana, La Linda,	96	0,82	79

Cultivo permanente	Principales Veredas productoras	Área (Ha)	Empleo/Ha	Empleo generado por cultivo
	Quebrada Bonita, Serranías, Verdún.			
Banano	Gibraltar, La Linda, Serranías, Verdún	40	0,53	21
Plátano asocio	Karmata Rúa, Caramanta, Casiana,	67	1	67
Plátano Monocultivo	Rio Claro, Verdún, La Linda, Quebrada Bonita	869	1	869
Caña panelera	Morro Amarillo, Rio Claro, Karmata Rúa, Caramanta,	103	1	103

Cultivo permanente	Principales Veredas productoras	Área (Ha)	Empleo/Ha	Empleo generado por cultivo
	Gibraltar Serranías			
Granadilla	Macanas, Quebrada Bonita	15,82	0,71	11
Gulupa	Morro Amarillo, Arboleda, Alto del Indio, Macanas, Quebrada Bonita, Serranías	55,5	0,67	37
Lulo	Gibraltar, Verdún, La Linda	64	0,70	45
Tomate de árbol	Quebrada Bonita	3	0,59	2

Cultivo permanente	Principales Veredas productoras	Área (Ha)	Empleo/Ha	Empleo generado por cultivo
Café	Karmata Rúa, Verdún, Casiana, Caramanta, Alto del Indio, Rio Claro	24,15	0,56	1353

Nota: Fuente: EOT, 2018 pág. 384

Tabla 4. Cultivos transitorios municipio de Jardín

Cultivo	Veredas más productoras	Variedad	Ha
Frijol voluble	Arboleda, Gibraltar, Alto del Indio, Casiana	Cargamanto rojo	8
Pimentón	Arboleda Gibraltar, Alto del Indio	Dulce	5
Maíz tradicional	Karmata Rúa, Casiana, Morro Amarillo	305	7
Tomate invernadero	Arboleda, Gibraltar, Alto del Indio, Serranías, Karmata Rúa	Calima	5

Tomate	Arboleda, Gibraltar, Alto del Indio, Verdún	Calima	3
Frijol	Arboleda, Gibraltar, Alto del Indio, Karmata Rúa	Monte oscuro	7
Cilantro	Karmata Rúa, Alto del Indio, Gibraltar, Tapado, Serranías	Hercules	4
Cebolla de rama	Karmata Rúa, Alto del Indio, Gibraltar, Tapado, Serranías	Junca	3

Nota: Fuente: EOT, 2018 página 384

Según la Gobernación de Antioquia, en la encuesta de Calidad de Vida de Antioquia del 2019, la tasa de desempleo de variable final del municipio fue del 3,71%, por debajo del promedio de la subregión del suroeste equivalente al 6,9% y al de Antioquia de 10,45%. Para el caso de la informalidad en Antioquia se situó en un 50,59% y para la región del suroeste antioqueño 59,10%; en el municipio de Jardín la tasa de empleo informal fue del 66% (Gobernación de Antioquia, 2019), fue la tasa de empleo informal más alta que en la subregión y el departamento, en esto incide el predominio del sector agrícola donde se utiliza principalmente el “jornal” de trabajo, que consiste en el pago diario por la acción de una labor que generalmente no alcanza a completar una quincena, por ende no justifica la tenencia a tiempo completo de muchos trabajadores, algunas acciones que resultan ser más rentables para el productor agrícola mediante el jornal de trabajo serían: deshierba, recolección del café, el tutorado del tomate, deshoje del plátano, aporque y abonado de los cultivos, entre otras.

2.1.4 Dimensión ambiental

Sin duda, una de las características más llamativas del municipio de Jardín es su riqueza natural y su exuberante belleza paisajística, no obstante, el municipio no es ajeno a las problemáticas ambientales, entre ellas las relacionadas con el manejo de residuos sólidos; aunque el municipio ha incentivado la separación en la fuente y el servicio de recolección de basuras está separado por días para la recolección de inservibles, de residuos orgánicos y material reciclable (EOT, 2018), aún falta mucho en relación con la educación y sensibilización de las comunidades urbanas y rurales frente a los problemas ambientales generados por los desechos plásticos; se necesita desarrollar o implementar estrategias tendientes a que los habitantes hagan una efectiva separación en la fuente.

En la zona rural aún no existen programas o proyectos específicos tendientes a garantizar el adecuado manejo y disposición de los desechos sólidos; por tal motivo las basuras y desechos agrícolas son depositados a campo abierto, son incinerados, enterrados o arrojados sobre las corrientes de agua más cercanas. La eliminación de basuras en la zona rural tiene las siguientes proporciones: residuos que se tiran al lote (3,51%), quema (55.82%), entierra (25.77%), se tiran a ríos (0.08%), otras formas de disposición de residuos (12.87%) (EOT, 2018).

Una atención adecuada a los residuos generados en las zonas rurales podría dar lugar a un proceso de selección y reciclaje de estos, convirtiendo los materiales de desecho en productos de valor, es el caso de los desechos plásticos que, debidamente seleccionados, podrían ser utilizados como materia prima para la fabricación de madera plástica, pues en los campos se generan muchos desechos plásticos.

La eliminación de basuras en la zona urbana en el municipio presenta las siguientes proporciones: residuos que recoge la empresa de aseo (99.02%), tira al lote (0.04%), quema (0.35%), entierra (0.54%), otras formas de disposición de los residuos (0.04%) (EOT, 2018).

2.2 Estudio del sector

2.2.1 Clasificación CIIU

El proyecto está situado según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) en la sección de Industria manufacturera, específicamente en la división 22 que corresponde a la fabricación de productos de caucho y plástico, siendo el grupo 222 fabricación de productos de plásticos; así se tiene un CIIU de 2220 para la fabricación de plásticos (DANE, 2022).

2.2.2 Análisis del sector

Según la ONU “La humanidad para el año 2019 produjo más de 430 millones de toneladas de plástico al año, dos tercios de las cuales son productos de vida corta” (ONU, 2023), esto implica que más de 280 millones de toneladas de plásticos son producidas para ser desechadas principalmente al primer uso (empaques de alimentos, bebidas, medicinas y productos), se prevé que para 2060 la producción de plástico en todas sus denominaciones se multiplique hasta por tres (ONU, 2022), lo cual es un panorama desolador si se tiene en cuenta además que el 46% termina en vertederos, el 17% se incinera, un 22 % se dispone inadecuadamente y un 15% se recolecta para reciclaje del cual un 9% es oficialmente reciclado (ONU, 2022).

Los plásticos son un material que tiene grandes implicaciones a nivel ambiental, ya que estos se biodegradan con mucha dificultad y al hacerlo liberan microplásticos que se incorporan en la cadena alimenticia. Además, si son incinerados, contaminan la atmósfera y si se disponen inadecuadamente en el entorno producen propagación de plagas y contaminación, a esto se agrega que su producción tiene como materia prima el petróleo, por tal razón, los plásticos son un sector que merece prioridad ambiental (ONU, 2023).

Para la creación de madera plástica, los dos tipos de plásticos más utilizados son el polietileno de alta densidad (HDPE) y el Polipropileno (PP); de este tipo de plásticos se producen 56 millones de toneladas métricas y 73 millones de toneladas métricas respectivamente, siendo el Polipropileno el segundo tipo de plástico que más se fabrica y el polietileno de alta densidad el cuarto tipo de plástico más fabricado (ONU, 2022).

En el caso de Colombia, se producen cerca de 1.375 millones de toneladas de plásticos de las cuales 570 fueron de polipropileno, materia prima muy importante en la fabricación de madera plástica (Acoplasticos, 2023). Para el 2018, la industria plástica colombiana representaba el 15% del PIB manufacturero, empleaba cerca de 65.000 personas; contaba con cerca de 650 empresas y fabricantes, así como alrededor de 2.500 establecimientos dedicados a plástico y similares, incluidos comercios (Envapack, 2018).

3. Estudio de los mercados

3.1 El producto

3.1.1 Identificación del producto principal y subproductos

La madera plástica de este proyecto se pretende elaborar a partir del reciclaje de plásticos como el polipropileno y el polietileno. Una de las características más llamativas de esta madera plástica es que puede ser trabajada con las mismas herramientas y de la misma manera que la madera natural, con la diferencia que no se pudre, no se astilla y el mantenimiento requerido es mínimo, pues no necesita someterse a tratamientos especiales (impermeabilizantes, lacas, inmunizantes, etc.) ya que es resistente a hongos, termitas y bacterias (Everwood, 2022).

Además, un aspecto clave es que se está contribuyendo a la sostenibilidad ambiental, el cual es uno de los factores más atractivos de estos productos, como está elaborado con plástico 100% reciclado, al terminar su vida útil se puede volver a reutilizar, ingresando nuevamente como producto de valor en el mercado basado en los principios de la economía circular.

A continuación, en la **Tabla 5** se describen los productos que se pretenden desarrollar y ofrecer a través del proyecto, los cuales son madera plástica plana y madera plástica cilíndrica, como se observa en la **Ilustración 7**, ya que son las formas más demandadas en el mercado por los diferentes usos que se les puede dar.

Tabla 5. Medidas de los productos a vender

Forma	Medidas
Plana	100x12x3

	120x12x3
	200x12x3
	180x8x8
	210x8x8
	<hr/>
	100x10cm de diámetro
Cilíndrica	200x10cm de diámetro

Nota: Fuente: Elaboración propia (Dimensiones disponibles en el comercio)

Ilustración 7. Prototipo Madera plástica



Nota: Fuente: Homecenter. Tabla y poste en madera plástica

3.1.2 Subproductos de la producción de madera plástica

Es de resaltar que, durante el proceso de producción de madera plástica, pueden resultar fragmentos sobrantes; estos subproductos se reincorporan de nuevo en el ciclo de producción, siendo nuevamente reutilizados. Al incorporar estos residuos de nuevo en el proceso de producción, se implementa internamente la economía circular, maximizando así la eficiencia de producción.

3.1.3 Análisis de productos sustitutos y complementarios

En el mercado de la producción de madera plástica existen algunos productos que pueden considerarse sustitutos, como son:

- **Madera.** Es un producto natural que se obtiene de los árboles; cuando este no ha sido tratado, tiene una duración muy corta debido a que es atacado por animales como termitas, escarabajos, entre otros, así como bacterias y hongos; la humedad favorece su descomposición.
- **Concreto.** Es una combinación entre gravas, cemento y agua, que se combina con acero para darle más resistencia; si se realiza con las relaciones apropiadas, es muy duradero, pero es muy costoso y de consecuencias ambientales significativamente negativas.

En el mercado de la producción de madera plástica existen algunos productos que pueden considerarse productos complementarios como:

- **Formas de aluminio o metal reciclado.** Son complemento para formas como sillas o muebles, ya que integran su facilidad para ser recicladas, además de combinarse perfectamente.

3.1.4 Portafolio de productos o servicios

El producto principal es la madera plástica, pero será un producto ajustado a las necesidades de los clientes, ya que su aplicación puede variar desde la construcción de viviendas hasta sillas plásticas, cercas, parques, etc. El producto se clasifica en:

- **Madera plástica forma plana.** No tendrá forma cilíndrica y contará con medidas que oscilan entre 100x12x3 cm y 120x12x3 cm que se podrían utilizar como tablas para cama, hasta los 200x12x3 cm utilizados en parques para la creación de banquetas, también se

puede incluir aquí postes rectangulares de medidas 180x10x10 cm y 210x8x8 cm, generalmente utilizados en división de potreros.

- **Madera plástica cilíndrica.** No posee formas rectangulares, usualmente utilizadas en divisiones de finca o en parques infantiles, las medidas más comunes son 200x10 cm de diámetro y 100 x 10 cm de diámetro de circunferencia.

3.2 Análisis de la demanda

3.2.1 Área geográfica del mercado

El área geográfica del mercado de la demanda se encuentra en el departamento de Antioquia, región suroeste, una región de naturaleza agrícola donde se tienen cultivos como la gulupa, tomate y frijol (EOT, 2018), los cuales requieren tutorados (soporte a las plantas como estacas, postes) una buena opción para esto es la madera plástica, con la cual se evita la deforestación (Aluna News, 2024), además de aprovechar un material de desecho que de otro modo iría a parar a los entornos urbanos o rurales o a rellenos sanitarios ubicados lejos de la subregión.

3.2.2 Estudio del consumidor y segmentación del mercado

3.2.2.1 Mercado objetivo

El mercado objetivo de este proyecto está referido principalmente a las personas que se dedican a la agricultura ya que cultivos como frijol, gulupa, lulo, tomate, mora, entre otros, requieren utilizar materiales como soporte o tutorado, así como para delimitar sus espacios de producción a través de cercas; la madera plástica podría ser de gran utilidad por ser un producto liviano, de larga vida útil, inmune a la humedad y las plagas (Rodríguez Salas, 2016); este producto también puede ser demandado por el sector ganadero que, aunque no es muy fuerte en el municipio, siempre tendrá la necesidad de instalar cercas para delimitar sus potreros; los empresarios que poseen infraestructuras hoteleras, restaurantes o espacios ecoturísticos podrían dar un toque ecológico a sus instalaciones con maderas plásticas. La madera plástica también suele ser utilizada

en la construcción de parques infantiles (Rodríguez Salas, 2016), por lo cual entidades públicas y privadas, constructoras, cadenas inmobiliarias, etc., que requieran dichas instalaciones también serían parte del mercado objetivo.

3.2.2.2 Demanda y uso de madera natural en Colombia

La demanda y el uso de la madera natural en el territorio nacional es bastante crítico; Colombia tiene alrededor de 24 millones de hectáreas aptas para plantaciones forestales, sin embargo, este tipo de plantaciones sólo ocupan unas 644.000 hectáreas, por esta razón, el país enfrenta un déficit en la oferta de madera para poder satisfacer su demanda; anualmente, el país consume alrededor de 5,3 millones de metros cúbicos de madera, por tanto, Colombia depende en gran medida de la importación de madera, principalmente de Brasil y de Chile. Las importaciones de madera cubren alrededor del 35% de la demanda local (Fedemaderas, 2022).

A esto se suma que 2,5 millones de metros cúbicos de la madera comercializada en Colombia son ilegales, toda vez que son maderas extraídas de ecosistemas protegidos ubicados principalmente en la Amazonía, en la selva del Darién o el Chocó. Para eludir los controles ambientales, la madera comercializada ilegalmente es transportada por vías terrestres o fluviales; la tala ilegal equivale al 10% de la deforestación del país, todo esto pone en riesgo la salud de los ecosistemas (WWF, 2023). En las actuales condiciones, la industria maderera en Colombia no es sostenible ni rentable, pues no hay los suficientes incentivos fiscales, ni mayor acceso a la financiación, ni tampoco existen políticas estables en relación con la problemática.

Dentro de todo este panorama, una solución viable para el déficit de madera y para su creciente demanda es el uso de madera plástica, la cual puede resultar competitiva frente a la madera natural; en términos ambientales y de aprovechamiento de desechos plásticos, la madera plástica contribuye con mucho en salvaguardar los bosques y en la reducción de los desechos plásticos en el país, así como en la reducción del comercio ilegal de madera y en el fortalecimiento de la economía circular.

3.2.2.3 Posibilidades de crecimiento

Desde la perspectiva que tiene este proyecto, que es fundamentalmente ambiental, las posibilidades de sostenibilidad y crecimiento son favorables, toda vez que, desde el punto de vista legal, este emprendimiento, si se mantiene fiel a su filosofía y a su misión, siempre gozará del respaldo legal, además dentro de la población, la concientización ambiental va ganando terreno, al igual que la demanda de productos ecológicos (PwC, 2024).

3.2.2.4 Perfil del consumidor

Los productores agrícolas y pecuarios, los empresarios de hotelería y restaurantes, así como los sectores turísticos de pequeña y mediana escala, entidades públicas y privadas, constructoras y cadenas inmobiliarias, constituyen el perfil principal del consumidor objetivo de este producto; son sectores que buscan potenciar su productividad y rentabilidad de una manera sostenible y amigable con el medio ambiente, además la implementación de alternativas prácticas y económicas que faciliten procesos de construcción, sostenimiento y vida útil mediante el uso de maderas plásticas en diferentes infraestructuras. Estos consumidores estarían dispuestos a alcanzar estos objetivos implementando en sus servicios prácticas y tecnologías innovadoras (PwC, 2024).

3.2.2.5 Localización del mercado

El mercado objetivo para la madera plástica se localiza principalmente en el municipio de Jardín y sus alrededores, tanto en el área urbana como rural. Según los volúmenes de producción puede extenderse a un mercado más amplio a nivel regional, departamental o nacional.

3.2.2.6 Elementos que pueden incidir en la compra

Los principales factores que pueden incidir en la compra de la madera plástica serán: el desarrollo de campañas educativas de sensibilización y concientización ambiental en todos los

estamentos de la sociedad, campañas de publicidad sobre la calidad y las bondades ambientales y económicas de los productos ofrecidos, la innovación y la adaptación a las condiciones locales, la practicidad en los procesos de construcción, sostenimiento y vida útil del producto.

3.2.2.7 Tendencias del mercado

El interés por la sostenibilidad ambiental y la protección del entorno natural va ganando terreno a nivel global; cada vez se abre paso la tendencia a demandar productos o servicios cuyas características estén en sintonía con la protección de los ecosistemas y que propicien el goce de un ambiente saludable para vivir (PwC, 2024), en este contexto, las nuevas tecnologías y las ofertas de bienes y/o servicios tienden a la adopción e incorporación en sus procesos de prácticas amigables con el medio ambiente y el desarrollo sostenible.

La madera plástica representa una alternativa económica, práctica, sostenible, de poco mantenimiento y con una mayor vida útil, para procesos de construcción de viviendas, terrazas, pisos, postes, muebles exteriores o interiores, estructuras para parques, jardines, cercas, diseños y decoraciones, etc., (Rodríguez Salas, 2016) por lo cual es una opción muy llamativa para empresarios, comerciantes, constructores y productores agropecuarios.

3.2.3 Investigación de mercados

Este estudio tiene en cuenta la percepción que pueda tener la comunidad de Jardín frente a las estrategias enfocadas en aprovechar los residuos plásticos transformándolos en un producto de valor, como es el caso de la madera plástica; esto permite analizar el impacto social que puede tener el proyecto y las posibilidades de compra del producto.

En el desarrollo de la investigación de mercados se llevó a cabo una encuesta con el fin de conocer la percepción de habitantes del municipio de Jardín sobre la implementación del proyecto de producción de madera plástica. La información obtenida a través de la encuesta permitió analizar la importancia ambiental que la comunidad da a este tipo de proyectos, la disponibilidad que tienen para participar en actividades relacionadas con este, así como las expectativas o preocupaciones

que tienen las personas frente a este tipo de innovaciones, por tal motivo, se ha diseñado y aplicó una encuesta estructurada de la siguiente manera:

Título de la encuesta: *Proyecto de aprovechamiento de residuos plásticos para la fabricación de madera plástica en Jardín, Antioquia.*

La apariencia de la madera plástica es muy parecida a la de la madera natural; es un material innovador elaborado a partir de plásticos reciclados y se caracteriza por su versatilidad, puesto que puede ser utilizada para diversos usos en el campo de la construcción, el diseño y la decoración, es utilizada en mueblería, pisos, cercas y estructuras para parques y jardines, entre otros; es duradera, liviana, inmune a las humedades y a las plagas; es una alternativa ecológica, pues está alineada con los principios del desarrollo sostenible y de la economía circular; este material innovador contribuye a reducir la presión de los desechos plásticos sobre el medio ambiente. Su opinión sobre este proyecto, en etapa de estudio, es muy importante, pues contribuirá a su implementación en el municipio de Jardín.

Sección 1: Datos generales

¿Cuál es su edad?

1. Menos de 18 años
2. 18 a 30 años
3. 31 a 59 años
4. Mayor de 60 años

¿A qué se dedica principalmente?

1. Estudiante
2. Empleado
3. Comerciante
4. Desempleado

5. Otro

Sección 2: Conocimiento del problema ambiental

¿Cree que los residuos plásticos son un problema en el municipio?

1. Sí
2. No
3. No estoy seguro

¿Ha notado acumulación de residuos plásticos en calles, ríos o espacios públicos de Jardín?

1. Sí, frecuentemente
2. Ocasionalmente
3. No

Sección 3: Opinión sobre el proyecto

¿Qué tan importante considera un proyecto que transforme residuos plásticos en madera plástica?

1. Muy importante
2. Importante
3. Poco importante
4. Nada importante

¿Cree que el proyecto ayudará a mejorar la calidad de vida en el municipio?

1. Sí, mucho
2. Sí, un poco
3. No estoy seguro

4. No

¿Cuáles cree que serían los principales beneficios del proyecto? (Puede marcar varias opciones):

1. Generación de empleo local
2. Reducción de contaminación y residuos plásticos
3. Educación ambiental para la comunidad
4. Mejora de la economía local

¿Qué preocupaciones tiene sobre la implementación del proyecto?

1. Costo de implementación
2. Impacto ambiental negativo (si lo hay)
3. Falta de información sobre el proyecto
4. No tengo preocupaciones

Sección 4: Participación comunitaria

¿Le gustaría participar en actividades relacionadas con el proyecto (por ejemplo, recolección de plásticos, talleres ambientales)?

1. Sí
2. No
3. No estoy seguro

¿Estaría dispuesto a utilizar productos hechos de madera plástica, como muebles, cercas, pisos, en su hogar, negocio, lote o finca?

1. Sí
2. No

3. No estoy seguro

¿Qué sugerencias tiene para que el proyecto sea exitoso y beneficie a la comunidad?

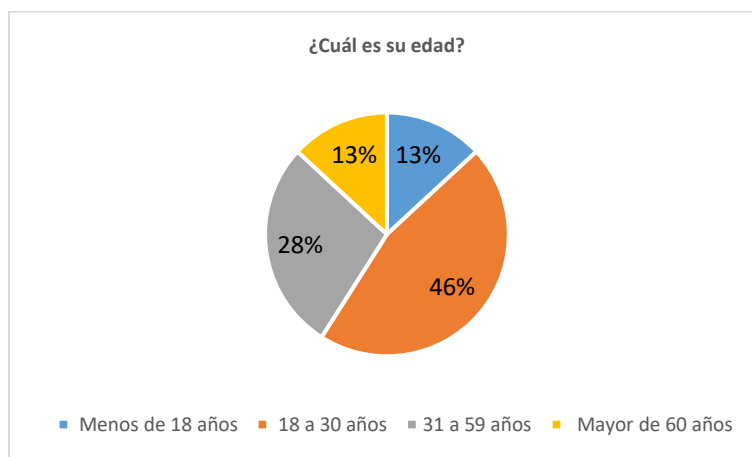
Respuesta abierta

3.2.4. Resultados de la investigación de mercados

A continuación, se hace un análisis de los resultados de la encuesta realizada a 61 personas de diferentes edades y ocupaciones residentes en el municipio de Jardín, tanto del área urbana como rural.

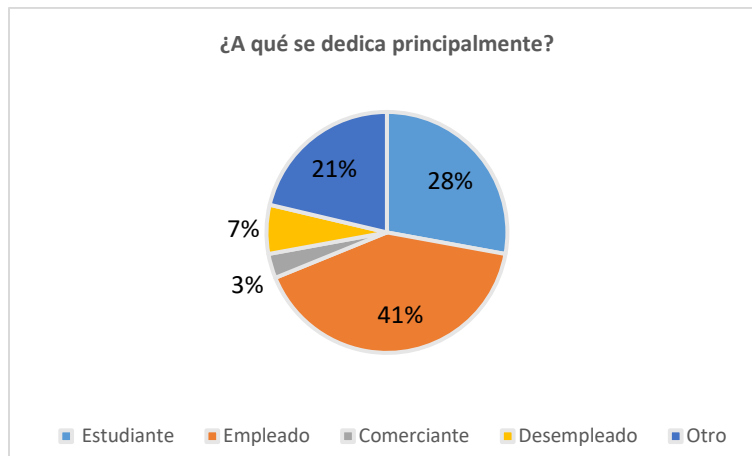
La **Ilustración 8** evidencia que en la encuesta participaron diferentes grupos etarios; la mayor participación se tuvo en el rango de edad correspondiente entre 18 y 30 años, seguido del grupo ubicado entre 31 a 59 años. Conocer la edad de los participantes en la encuesta es muy importante para no tener un sesgo a la hora de analizar los resultados; además, nos permite tener un acercamiento general a cuál sea la percepción que tiene la comunidad sobre este tipo de proyectos.

Ilustración 8. Edad de los encuestados en Jardín, Antioquia



Nota: Fuente: Elaboración propia

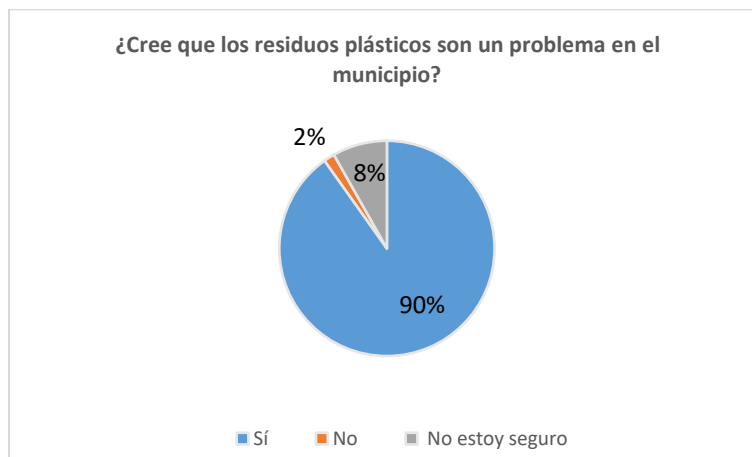
Ilustración 9. Ocupaciones principales de los encuestados en Jardín, Antioquia



Nota: Fuente: Elaboración propia

La **Ilustración 9** muestra que el 41% y el 28% de los encuestados son empleados y estudiantes, respectivamente, mientras que los otros participantes se ubican en otros oficios o situaciones en relación con su ocupación, esto permite conocer cuáles son los sectores estratégicos que pueden estar más interesados en la implementación del proyecto.

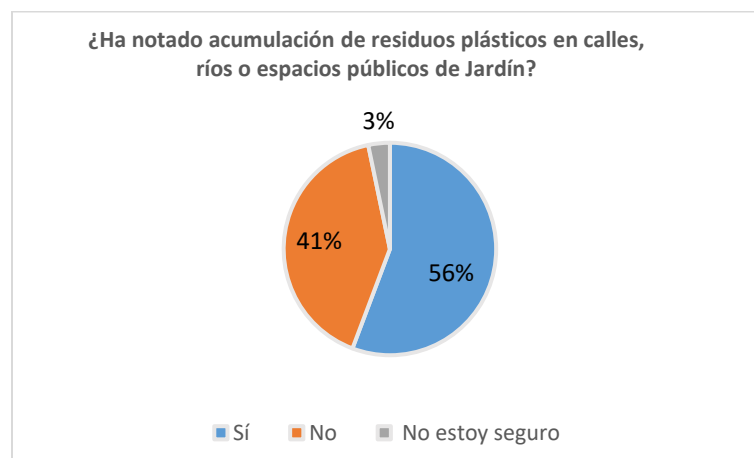
Ilustración 10. Percepción de los encuestados sobre el impacto de los residuos plásticos en el municipio



Nota: Fuente: Elaboración propia

La **Ilustración 10** muestra que la gran mayoría (90%) de los encuestados si percibe los desechos plásticos como un problema para el municipio, lo cual es una fortaleza a la hora de legitimar o lograr que este proyecto pueda tener apoyo o acogida; por su parte, el hecho de que para un 2% de los encuestados los residuos plásticos no representen un problema y que un 8% manifieste no estar seguro de si son un problema o no, es un indicio de la necesidad de que el proyecto debe incluir como parte fundamental en su implementación, campañas de educación ambiental, de sensibilización y socialización sobre la importancia de este tipo de iniciativas tendientes a lograr una adecuada gestión de los residuos plásticos.

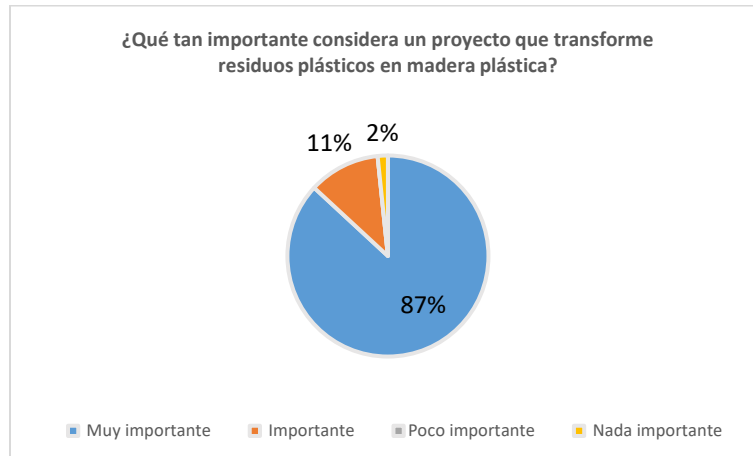
Ilustración 11. Percepción sobre la acumulación de residuos plásticos en calles, ríos y espacios públicos de Jardín, Antioquia



Nota: Fuente: Elaboración propia

Frente a esta pregunta, la **Ilustración 11** muestra que un 56% de los encuestados manifiesta que ha visto acumulación de residuos plásticos en el entorno, un 41% manifiesta no haberlo notado y un 3% responde no estar seguro, es un resultado que nuevamente pone de manifiesto la necesidad de adelantar campañas de sensibilización ambiental dentro de las estrategias para implementar el proyecto.

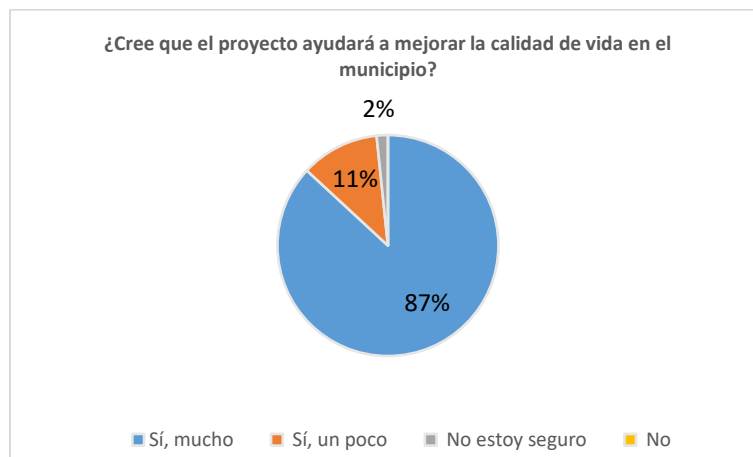
Ilustración 12. Percepción sobre la necesidad de un proyecto de aprovechamiento de residuos plásticos



Nota: Fuente: Elaboración propia

Esta **Ilustración 12** muestra que este proyecto es muy importante e importante para el 87% y el 11% de los encuestados, respectivamente, es decir, un 98 % de favorabilidad frente a su implementación.

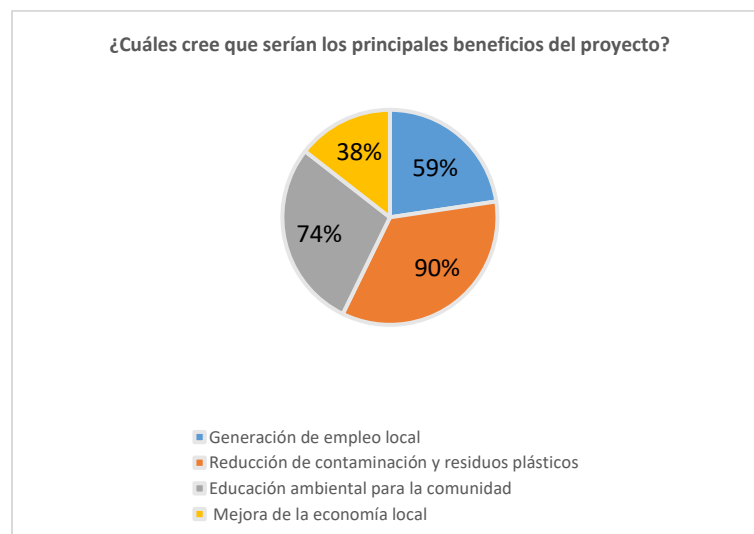
Ilustración 13. Percepción sobre el impacto del proyecto de reciclaje de plásticos en la calidad de vida en Jardín, Antioquia



Nota: Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes aquí representados en la **Ilustración 13** muestran que la percepción de los encuestados sobre el impacto del proyecto en la mejora de la calidad de vida en el municipio es bastante positiva, toda vez que un 87% responde que mejora mucho y un 11% responde que un poco. Se puede concluir que, en términos generales, para los encuestados este proyecto sí mejorará la calidad de vida.

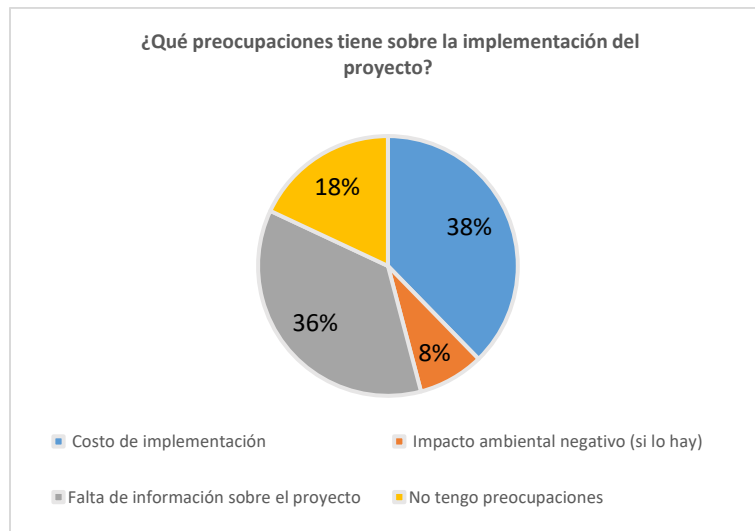
Ilustración 14. Percepción de los encuestados sobre los principales beneficios del proyecto



Nota: Fuente: Elaboración propia

Frente a esta pregunta de selección múltiple, donde los participantes podían elegir más de una opción de respuesta sobre cuáles serían los principales beneficios del proyecto, la **Ilustración 14** muestra que para un 90% el principal beneficio es la reducción de la contaminación por residuos, para un 74% el beneficio tiene que ver con la educación ambiental; a su vez, un 59% enfoca la importancia en la generación de empleo local y un 38% en la mejora de la economía local.

Ilustración 15. Preocupaciones de los encuestados sobre la implementación del proyecto

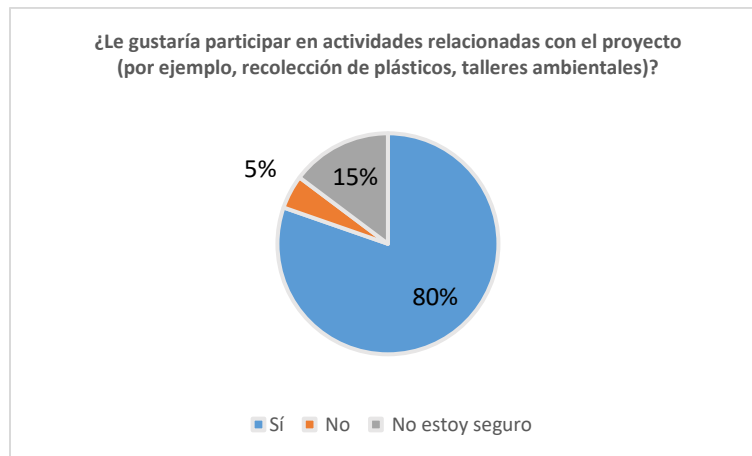


Nota: Fuente: Elaboración propia

Esta pregunta sobre las preocupaciones de los encuestados de cara a la implementación del proyecto, según los resultados de la **Ilustración 15**, puede concluirse que las mayores preocupaciones giran en torno a los costos de implementación (38%) y a la falta de información sobre el proyecto (36%); esto pone de manifiesto la importancia de estudiar muy seriamente la viabilidad del proyecto en términos financieros y la importancia de la socialización entre las comunidades de lo que se pretende con el proyecto.

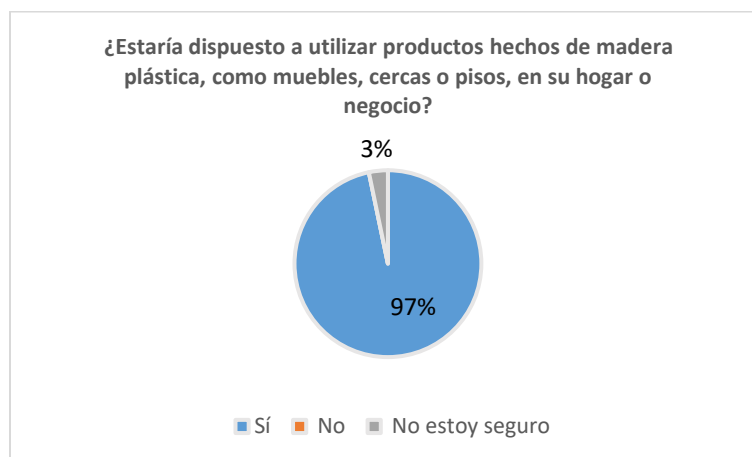
Esta **Ilustración 16** sobre las respuestas de los encuestados acerca de su interés en participar en actividades relacionadas con el proyecto muestra que para un 80% sí es de importancia la participación, lo cual es una fortaleza.

Ilustración 16. Disposición para participar en actividades relacionadas con el proyecto



Nota: Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17. Disposición para adquirir productos de madera plástica



Nota: Fuente: Elaboración propia

La respuesta a esta pregunta, según la **Ilustración 17**, es altamente positiva, puesto que un 97%, manifiesta interés y aceptación por este tipo de producto innovador y ecológico.

Dentro de la encuesta se da un espacio para que los encuestados pudieran formular sugerencias; esto es de gran importancia para tener en cuenta en el estudio y la retroalimentación del proyecto. Las sugerencias se muestran a continuación en la **Tabla 6**:

Tabla 6. Sugerencias

¿Qué sugerencias tiene para que el proyecto sea exitoso y beneficie a la comunidad?
Revisar la cantidad de residuos se requiere para que este proyecto sea viable y sostenible con la inversión que se haga
Buena concientización
Concientizar a la comunidad a través de capacitaciones
Que el estudio financiero de este proyecto sea lo suficientemente sólido. Otra sugerencia es que se haga un estudio amplio sobre los residuos generados en el campo ya que actualmente el municipio no cuenta con esta información.
Estudio consciente de la comunidad y el contexto
Elaborar presupuesto, contar con los insumos plásticos necesarios dado que en los pueblos el reciclaje no es tan frecuente.
Que la gente ayude
Ampliar socializando, que involucren habitantes del municipio tanto del área rural como urbana en el proyecto
Dar a conocer a la comunidad más información de cómo sería el Proyecto y sus principales beneficios.
Incluir población vulnerable, personas mayores autónomas y con diferentes capacidades

¿Qué sugerencias tiene para que el proyecto sea exitoso y beneficie a la comunidad?
Que agrupe la separación de residuos en la fuente
Que los plásticos no sean desechados como normalmente se hace para una mayor facilidad de llevar a cabo el proyecto, para reducir la tala de árboles con los que se hacen diferentes objetos de uso diario en el hogar y establecimientos. sería mucho lo que ayuda al medio ambiente.
Que el proyecto se realice de la mano de los líderes comunales para que toda la comunidad lo conozca y lo aproveche
Una voz a voz. Ampliar la información y también dar a conocer sus puntos negativos y positivos
Hacer reuniones donde se explique la logística del proyecto y responder las dudas de la sociedad interesada a mejorar
Se debe educar a la población en la separación en la fuente y la forma de preparar el producto para la separación
Orientar siempre, mantener al tanto a las comunidades de este tipo de iniciativa para que participen
Acciones practicas demostrativas
Mucha publicidad

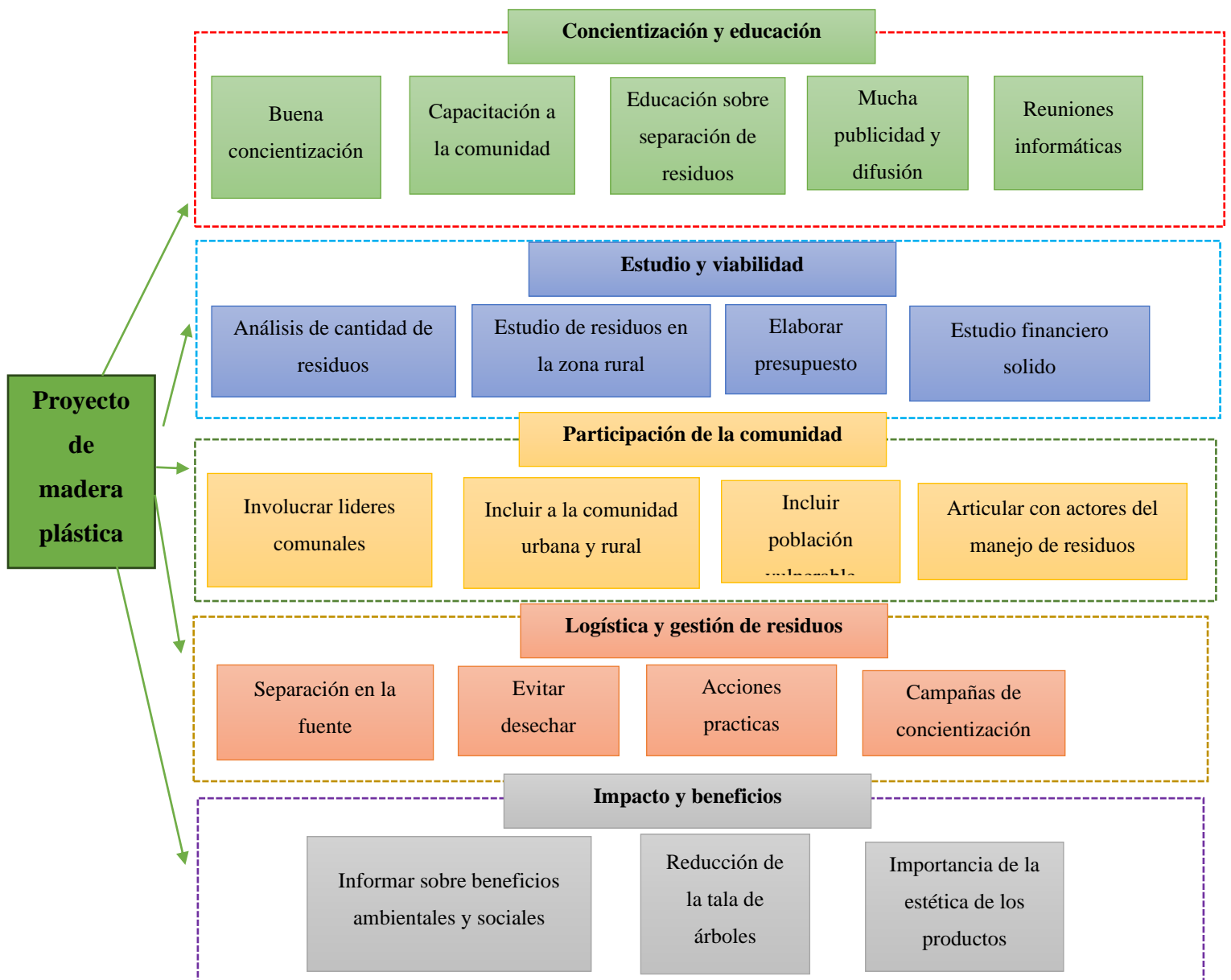
¿Qué sugerencias tiene para que el proyecto sea exitoso y beneficie a la comunidad?
Una buena orientación para q la comunidad considere que el proyecto es muy importante para toda la población.
Asegurarse de que la comunidad esté informada y participativa en todas las etapas del proyecto
Articulación con todos los actores que hacen parte del manejo de los residuos sólidos en el municipio y la región
Creo que es fundamental la socialización previa del proyecto en las comunidades; que la gente entienda de que se trata cuáles son los beneficios para la población y el entorno urbano y rural
Dar buena y oportuna información en todos los medios que sea posible sobre todos los temas relacionados con dicho proyecto
Hacer campañas de importancia y concientización de separar bien los residuos
Para que sea exitoso creo que lo importante es la estética de los productos

Nota: Fuente: Elaboración propia

Uno de los propósitos fundamentales de esta encuesta es conocer cuál es la percepción de la comunidad sobre este tipo de problemáticas ambientales y proyectos innovadores, así como saber cuáles son sus propuestas y consideraciones al respecto. Este acercamiento a través de una encuesta permite implementar el proyecto teniendo en cuenta las recomendaciones y necesidades que la comunidad manifiesta, toda vez que la participación de la comunidad es fundamental para llevar a cabo cualquier iniciativa que busque la resolución de problemas, en este caso, los problemas

ambientales generados por los desechos plásticos. A continuación, en la **Ilustración 18** se organiza y esquematiza el resultado de las sugerencias dadas por los encuestados.

Ilustración 18. Sugerencias de los encuestados



Nota: Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Proyección del mercado

Actualmente es complejo hacer una proyección exacta de la demanda del mercado de la madera plástica en Colombia y más aún si se habla específicamente del municipio de Jardín, Antioquia, considerando que dicha proyección de consumo implica analizar cada uno de los usos que se le podrían dar a la madera plástica, por ejemplo: construcción de viviendas, terrazas, pisos, parques recreativos, entre otros, postes, cercas, muebles, etc. No obstante, debido al consumismo creciente, se puede inferir que a medida que crezca la población la producción de desechos plásticos también crecerá y, por tanto, la necesidad de dar una solución adecuada a los problemas generados por dichos desechos siempre estará presente, al igual de las necesidades de la implementación de materiales alternativos prácticos, económicos, sostenibles y con mayor vida útil, para las construcciones y demás usos que pueden requerir la madera plástica.

Hay que destacar también que a nivel global y local se ha ido gestando una tendencia a la preocupación e interés por las problemáticas ambientales, a la búsqueda de alternativas para el desarrollo sostenible y al establecimiento de políticas, leyes y normativas que propenden por la protección de los ecosistemas y el goce de un entorno sano; en este panorama la producción y mercado de madera plástica encuentra un ambiente favorable.

3.3 Análisis de la oferta

3.3.1 Identificación y localización de empresas productoras de madera plástica

En Antioquia y algunas zonas del eje cafetero, se localizan algunas de las empresas que hacen parte de la competencia para este proyecto, ya que producen y comercializan productos elaborados con madera plástica. Entre ellas se encuentran: Proyectplas, ubicada en Guarne; Maderpol, ubicada en Medellín; Construplast, en Itagüí; Ecoplast, en Rionegro; Moduplast, en Dosquebradas, Risaralda. Puede observarse que estas empresas, por estar ubicadas en zonas alejadas del suroeste antioqueño y, por tanto, del municipio de Jardín, no representan una competencia latente y presente para este proyecto.

3.3.2 Sistemas de comercialización empleados por empresas productoras de madera plástica

- **Venta directa.** Con frecuencia utilizan el internet como herramienta para vender directamente al consumidor sus productos de madera plástica.
- **Distribuidores y mayoristas.** Con este sistema, para vender sus productos, la competencia recurre a acuerdos económicos con distribuidores, mayoristas y almacenes de cadena de mayor relevancia para, a través de ellos, vender sus productos al mayor número de personas.
- **Contratos con empresas.** A través de contratos con otras empresas que demandan productos o servicios específicos, los competidores establecen acuerdos o relaciones para vender sus productos de madera plástica.

3.4 Precio de la madera plástica

3.4.1 Análisis de precios de madera plástica según empresas comercializadoras

En una comercializadora mayorista en Colombia que vende diversos productos, en especial los relacionados con la construcción, el cm^3 de madera plástica se vende en promedio a 5,20 pesos, esto puede dar una idea de los precios a los que se podría comercializar la madera plástica producida, sin embargo, los precios pueden variar según la forma que tenga la madera plástica; en el caso de los postes para cercado que están fabricados de cemento, con medidas de 250x10x10 cm, tienen un precio aproximado de \$43.000 COP. En la **Tabla 7** se presentan los precios de la madera plástica plana y de la madera plástica cilíndrica:

Tabla 7. Precios de la madera plástica plana y cilíndrica

Forma	Medidas	Volumen (cm^3)	Precio aproximado (COP)
	100x12x3	3600	14400
	120x12x3	4320	17280

Plana	200x12x3	7200	28800
	180x8x8	11520	46080
	210x8x8	13440	53760
Cilíndrica	100x10cm de diámetro	7853.981634	31415.92654
	200x10cm de diámetro	15707.96327	62831.85307

Nota: Fuente: Elaboración propia (Dimensiones y precios tomados de almacén mayorista)

Como se ha mencionado, los precios mostrados en la **Tabla 7** fueron promediados con base en un estudio de los precios disponibles en el mercado según varias comercializadoras, y serán la referencia para precios más reales una vez se haya realizado el inventario de costes y de balance financiero.

3.4.2 Determinación de las principales variables para la definición del precio

- **Relación de la forma y mercado.** La forma que tenga la madera plástica incide en su demanda y en su precio; por ejemplo, los postes de madera plástica de forma rectangular son apetecidos en las actividades ganaderas, seguido por las tablas, las cuales tienen acogida en el sector turístico, hotelero y restaurantes; por el contrario, los postes redondos casi no son apetecidos y usualmente se observan en parques infantiles.
- **Materia prima.** Si el volumen de materia prima disponible es mayor, en este caso plástico tipo PP y HDPE, resultará más económico producir, no obstante, se debe tener en cuenta la cercanía a la materia prima, la calidad de esta. Así como la facilidad con que pueda ser transportada hacia la planta de transformación.
- **Costes de la energía.** Entre más cueste la energía invertida en la producción de madera plástica, más cara resultará su producción, ya que es un trabajo donde se necesita maquinaria que trabaja con energía eléctrica.

3.5 Comercialización

3.5.1 Requerimientos en la forma de presentación del producto

Las dimensiones de la madera plástica y sus formas serán de acuerdo a la necesidad de los clientes, sin embargo, en términos generales, las formas serán rectangulares o cilíndricas con las siguientes medidas: 100x12x3 cm, 120x12x3 cm, 200x12x3 cm, 180x8x8 cm, 210x8x8 cm, 100x10 cm de diámetro y 200x10 cm de diámetro; para su venta, este producto no debe ser empacado en bolsas plásticas o en cajas de cartón, debido a que la filosofía del proyecto está enfocada precisamente en la reducción de residuos y no en la generación de otros.

3.5.2 Selección de canales de comercialización a emplear en el proyecto

Para la comercialización de la madera plástica no se hará uso de intermediarios, sino que se utilizarán canales de comercialización directa, como puede ser el comercio electrónico utilizando las redes sociales, además se puede crear una página web con toda la información de la madera plástica en la cual las personas interesadas en adquirir productos de madera plástica puedan realizar sus pedidos, otra estrategia puede ser la creación de un blog interactivo donde se presente material educativo sobre la economía circular, la madera plástica y su impacto positivo en el medio ambiente.

3.5.3 Publicidad inicial de la madera plástica

La publicidad inicial implicará la promoción a través de cuñas radiales; debido a que el proyecto es regional, asimismo en programas de televisión donde se exalten iniciativas que buscan la sostenibilidad, la educación ambiental y la protección del medio ambiente, de igual manera participar en foros y eventos relacionados con la implementación de proyectos socio ambientales. Es así como se utilizarían las plataformas digitales como medio de promoción y publicidad para la madera plástica.

3.5.4 Políticas de promoción de la madera plástica

La principal política de promoción será involucrar a las comunidades a través de talleres, capacitaciones y charlas informativas para sensibilizar a la población sobre la madera plástica, como un material al que se le puede dar los mismos usos de la madera natural pero con mayores ventajas, como resistencia a la intemperie, plagas y durabilidad, así como la ventaja de ser nuevamente reciclada y aprovechada (Rodríguez Salas, 2016).

Las demostraciones prácticas sobre los usos de la madera plástica a la comunidad y las instituciones educativas, por ejemplo, senderos ecológicos delimitados con cercas de madera plástica, serán de gran relevancia para la promoción de este producto permitiendo que las comunidades tengan un acercamiento directo con este material.

Asimismo, se trabajará de la mano de asociaciones campesinas, juntas de acción comunal y autoridades ambientales para dar a conocer esta alternativa ecológica que busca la sostenibilidad ambiental en esta región.

Otra estrategia de promoción será la participación en programas de radio y televisión que exalten la protección de la naturaleza y que permitan dar a conocer las bondades de la madera plástica en relación con la protección de los ecosistemas y su aporte para gozar de un entorno saludable, libre de desechos.





3.6 Estudio de las materias primas de la madera plástica

3.6.1 Determinación de las materias primas básicas e insumos principales

Para la planta de fabricación de madera plástica, los recicladores serán sus principales aliados, ellos facilitarán la obtención de la materia prima apta para el proyecto, es decir, plásticos HDPE y PP; los primeros se encuentran en productos de consumo cuyos contenidos principales son, por ejemplo, jugos, detergentes, cloro, químicos, agroquímicos y los segundos los encontramos en ganchos de ropa, envases de yogurt, recipientes de aceite, envases portacomida, productos de aseo y en la industria automotriz, entre otros, como se observa en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Tipos de plásticos

TIPO DE PLÁSTICOS	USOS MAS COMUNES
<p>Reciclabilidad: Alta</p> <div data-bbox="219 598 771 808"><p>PET O PETE Polietileno Tereftalato</p></div> <div data-bbox="219 861 609 1165"></div>	<p>Botellas de agua Jugos Gaseosas Envases de alimentos Envases de cosméticos Aceites de cocina Cintas de audio y video Salsas Cremas Condimentos</p>
<p>Reciclabilidad: Alta</p> <div data-bbox="219 1312 820 1533"><p>HDPE Polietileno de Alta Densidad</p></div> <div data-bbox="219 1585 795 1816"></div>	<p>Bolsas de supermercado Botellas de detergente, champú y leche. Implementos de aseo Envases de productos cosméticos</p>

TIPO DE PLÁSTICOS	USOS MAS COMUNES
<p data-bbox="198 485 461 520">Reciclabilidad: Baja</p> <div data-bbox="224 560 781 737"><p data-bbox="443 625 673 699">PVC Policloruro de Vinilo</p></div> <div data-bbox="224 800 834 1087"></div>	<p data-bbox="1128 674 1372 978">Tuberías de agua y desagüe. Recubrimientos de cables eléctricos. Persianas. Botellas de aceite.</p>
<p data-bbox="198 1136 483 1171">Reciclabilidad: Media</p> <div data-bbox="224 1209 834 1398"><p data-bbox="451 1266 781 1339">LDPE Polietileno de Baja Densidad</p></div> <div data-bbox="224 1457 930 1667"></div>	<p data-bbox="1128 1262 1360 1619">Bolsas plásticas para basura Film transparente para alimentos. Envases de crema y shampoo Manteles</p>
<p data-bbox="198 1793 483 1829">Reciclabilidad: Media</p>	<p data-bbox="1128 1772 1365 1856">Envases de yogurt y margarina.</p>

TIPO DE PLÁSTICOS	USOS MAS COMUNES
 <p data-bbox="475 495 630 569">PP Polipropileno</p> 	<p data-bbox="1128 430 1369 850">Pajillas y utensilios desechables. Tapas de botellas Contenedores de alimentos Ganchos de ropa Envases de yogurt</p>
<p data-bbox="199 1123 462 1155">Reciclabilidad: Baja</p>  <p data-bbox="430 1266 568 1339">PS Poliestireno</p> 	<p data-bbox="1128 1245 1369 1606">Vasos desechables. Bandejas de carne. Platos de espuma de poliestireno (Styrofoam). Cajas de embalaje.</p>
<p data-bbox="199 1801 938 1833">Reciclabilidad: variable (difícil reciclaje o biodegradable)</p>	<p data-bbox="1128 1749 1369 1892">Telefonos Artículos médicos Juguetes</p>

TIPO DE PLÁSTICOS	USOS MAS COMUNES
 <p data-bbox="456 554 683 653">- Otros Plásticos (policarbonato, estireno, nylon, etc)</p>	

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos de El Blog Verde 2025

3.6.1.1 Polietileno de alta densidad (HDPE)

La materia prima apta para la fabricación de madera plástica es el HDPE; es un polietileno de alta densidad que tiene entre sus características principales su gran resistencia física, su larga vida útil, su versatilidad y flexibilidad; al final de su vida útil, este material puede ser incorporado de nuevo a la cadena productiva, cumpliendo con los objetivos de la economía circular; el polietileno de alta densidad es fácil de procesar con casi todos los métodos (Rojas, 2023).

3.6.1.2 Características del HDPE

- Reciclable.
- Alta resistencia a los impactos, lo cual le permite resistir golpes y caídas.

- Es un material con gran disponibilidad para diversas texturas o tamaños.
- Es químicamente resistente a procesos corrosivos o de desgaste.
- Frente a las condiciones climáticas y ambientales, presenta durabilidad y resistencia.
- Inmune al moho, la humedad, la descomposición y las plagas, lo cual facilita y economiza su mantenimiento.

3.6.1.3 Polipropileno (PP)

Este material plástico es utilizado en una amplitud de productos gracias a su bajo costo, su resistencia y su aplicabilidad. Se usa como material para envases y botellas, piezas de automóviles y dispositivos médicos; esta clase de plásticos tiene alta resistencia frente a las condiciones ambientales y sustancias químicas; también es un material que, al igual que el polietileno, se puede reciclar (Muñoz, 2023).

3.6.1.4 Características del PP

- Alta densidad.
- Resistencia química, física y a las condiciones ambientales.
- Es ciento por ciento reciclable.
- Fácil de moldear.

Por las características que tienen estos dos tipos de plásticos (PP y HDPE), son ideales como materia prima para hacer madera plástica, pues, como se ha mencionado, su resistencia a la intemperie y su durabilidad los hacen idóneos para ser utilizados en ambientes exteriores, como en cercos de potreros o como soporte para cultivos.

3.6.2 Política gubernamental que afecte el uso de la materia prima

No existe una política gubernamental que afecte la disponibilidad de materia prima; por el contrario, a nivel mundial los gobiernos se esfuerzan para que la huella ambiental producto de los

residuos plásticos disminuya (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2023); a nivel regional, existe una lucha incesante para optimizar la reducción y reutilización de plásticos, Jardín no posee un relleno sanitario para depositar sus residuos y las opciones más cercanas como destino final para estos desechos se encuentran en Aguadas, departamento de caldas (PGIRS, 2021), y en el relleno sanitario del área metropolitana de Medellín.

3.6.3 Períodos de la materia prima

El primer período es la recepción de la materia prima para su almacenamiento; el segundo será el procesamiento; el tercero y último será la comercialización.

3.6.4 Canales de comercialización de las materias primas e insumos

- Participar en eventos y programas relacionados con la protección ambiental, esto con la finalidad de encontrar aliados que permitan llevar a buen puerto el proyecto.
- Acuerdos directos entre los gestores del proyecto de madera plástica y los recicladores.
- Promover los beneficios ambientales y sociales del proyecto, lo que podría atraer consumidores que buscan productos cuyas características y procesos de producción sean amigables con el medio ambiente.

3.6.5 Transporte, conservación y almacenamiento de la materia prima

La materia prima, en este caso el plástico principalmente HDPE y PP, no se degrada con facilidad, ni pierden propiedades fácilmente al ser transportadas, así que no existe un protocolo estricto para la conservación de la materia prima.

3.6.6 Diagnóstico de residuos plásticos disponibles en Jardín, Antioquia

3.6.6.1 Generación de Residuos Sólidos

Según la actualización del PGIRS, 2021 – 2032, el municipio de Jardín no cuenta con una estación de transferencia. Los residuos sólidos son recolectados de las aceras de cada vivienda y transferidos directamente al sitio de disposición final, al sitio de tratamiento y al sitio de aprovechamiento. En cuanto a la disposición final de los residuos, se hace en el relleno sanitario Los Eucaliptos, que se encuentra a una distancia de 143 km de la cabecera municipal, un relleno ubicado en el municipio de Aguadas, departamento de Caldas. Para el aprovechamiento de los residuos sólidos, Jardín cuenta con una planta de aprovechamiento de residuos reciclables que está localizada en la vereda Serranía.

En el área urbana del municipio de Jardín se generan mensualmente alrededor de 201.6 toneladas de residuos. La **Tabla 9** contiene los datos de la cantidad de residuos generados mensualmente por las diferentes actividades relacionadas con el servicio público de aseo.

Tabla 9. Generación de residuos sólidos Jardín, Antioquia

RESIDUOS MENSUALES SEGÚN ACTIVIDAD	TONELADAS
Recolección y transporte	201.6
Barrido, limpieza de vías y áreas públicas	6.85
Limpieza de áreas ribereñas	0.21
Corte césped, poda de árboles en vías y áreas públicas	5.60
Lavado de áreas públicas	0.00
Transferencia	0.00
Tratamiento	79.93
Aprovechamiento	13.83
Disposición final	107.84

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos municipio de Jardín 2021 – 2032

3.6.5.2 Observaciones

Las 201,6 toneladas de recolección y transporte corresponden a la producción del área urbana. Las 6.85 ton de barrido hacen parte del total de la disposición final; las 0.21 de limpieza de playas y las 5.6 de corte de césped y poda de árboles son manejadas directamente por el Municipio (PGIRS, 2021).

Como se puede observar en **Tabla 10**, de las 201.6 toneladas de residuos que se generan en Jardín, los residuos orgánicos corresponden al 47.67% y los residuos inservibles al 25.50%; en cuanto a reciclaje, se alcanza el 28.83% y está distribuido de la siguiente manera: papel 1.09%, cartón 9.92%, plástico 9.46%, residuos metálicos 0.76%, vidrio 5.60%. También se reporta que la producción de residuos per cápita es de 0.85 kg al día (PGIRS, 2021).

Tabla 10. Clasificación de residuos sólidos Jardín, Antioquia

CATEGORÍA	PORCENTAJE (%)	TONELADAS MENSUALES (ton/mes)
Residuos orgánicos	47.67	96.01
Residuos inservibles	25.50	51.41
Reciclables (total)	28.83	58.18
- Papel	1.09	2.20
- Cartón	9.92	19.99
- Plástico	9.46	19.08
- Productos metálicos	0.76	1.53
- Vidrio	5.60	11.29
Residuos aprovechables	-	13.83
Producción per cápita	-	0.85 kg/día por habitante

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos municipio de Jardín 2021 – 2032

3.6.5.3 Residuos Plásticos en Jardín

En cuanto a los residuos plásticos, se tiene que, de las 201,6 toneladas de residuos generados mensualmente, el 9,46% corresponde a plástico (PGIRS, 2021), es decir, en el municipio se estarían generando mensualmente alrededor de 19,1 toneladas de plástico. A continuación, se muestran el tipo de material y las cantidades de residuos reciclables aprovechados en Jardín en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Tipo de material reciclable

TIPO DE MATERIAL	PORCENTAJE (%)	CANTIDAD ton/mes
Archivo	2.58	0.36
Revista	4.69	0.65
Cartón	34.21	4.73
Plegadiza	5.68	0.79
PET	7.46	1.03
Tetra pack	0.31	0.04
Pasta	5.95	0.82
Plástico	3.98	0.55
Caucho	0.25	0.03
Chatarra	4.22	0.58
Aluminio	0.06	0.01
Carta	0.39	0.05
Vidrio	30.20	4.18
Orgánico		79.93
Total		93.76

Nota: Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos municipio de Jardín 2021 – 2032

Como se puede observar en la tabla anterior, de los residuos plásticos que se generan en el municipio se está aprovechando un 3.98 %, que corresponde a 0.55 toneladas mensuales.

3.6.5.4 Infraestructura y procesos actuales en Jardín en relación con los residuos

3.6.5.5 Planta de aprovechamiento

Las Empresas Públicas del municipio tienen una planta de aprovechamiento ubicada en la vereda Serranía; allí se recibe material orgánico y reciclaje, como lo muestra la **Tabla 12**.

Tabla 12. Cifras de la planta de aprovechamiento Jardín, Antioquia

PLANTA DE APROVECHAMIENTO	
Dirección	Serranía
Tipo de material que recibe	Orgánico y reciclaje
Cantidad orgánico (ton/mes)	79.93
Cantidad reciclaje (ton/mes)	13.83
Condiciones para recibir el material	Separado en la fuente
Actividades desarrolladas	Pesaje, separación, alistamiento y compactación

Nota: Fuente: Elaboración propia con datos del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos municipio de Jardín 2021 – 2032

Para conocer las instalaciones de la planta de aprovechamiento y su funcionamiento, el 21 de noviembre de 2024 se realizó una visita a dicha planta, allí, una trabajadora de la planta hizo un recorrido mostrando los procesos que se llevan a cabo en este lugar; la planta recibe el reciclaje los martes y jueves. En promedio llegan a la planta de 4 a 5 viajes de material en los carros de basura del municipio, ya que esta planta de aprovechamiento es manejada por Empresas Públicas de Jardín. Este material es recogido directamente de los andenes y aceras de la zona urbana. Uno de los requisitos para recoger el reciclaje es que esté separado en la fuente, es decir, que el material de reciclaje no esté contaminado con otro tipo de desechos o sustancias.

En la planta de aprovechamiento, los trabajadores hacen la separación del material reciclable según sus características, es decir, en vidrio, metales, papel, cartón, plásticos y descartan lo que no sirve, vale mencionar que el plástico es separado, pero no clasificado según el Código de Identificación del Plástico (RIC), por lo que se desconoce qué cantidad del PP y HDPE llega a la planta. Después de la separación del material, se lleva a la máquina compactadora que hace pacas

de entre 48 a 60 kg, finalmente, el reciclaje separado y compactado queda listo para ser vendido. En la **Ilustración 19** se observa el proceso que realiza la planta de aprovechamiento.

Ilustración 19. Pesaje, separación, alistamiento y compactación del reciclaje



Nota: Fuente: Elaboración propia

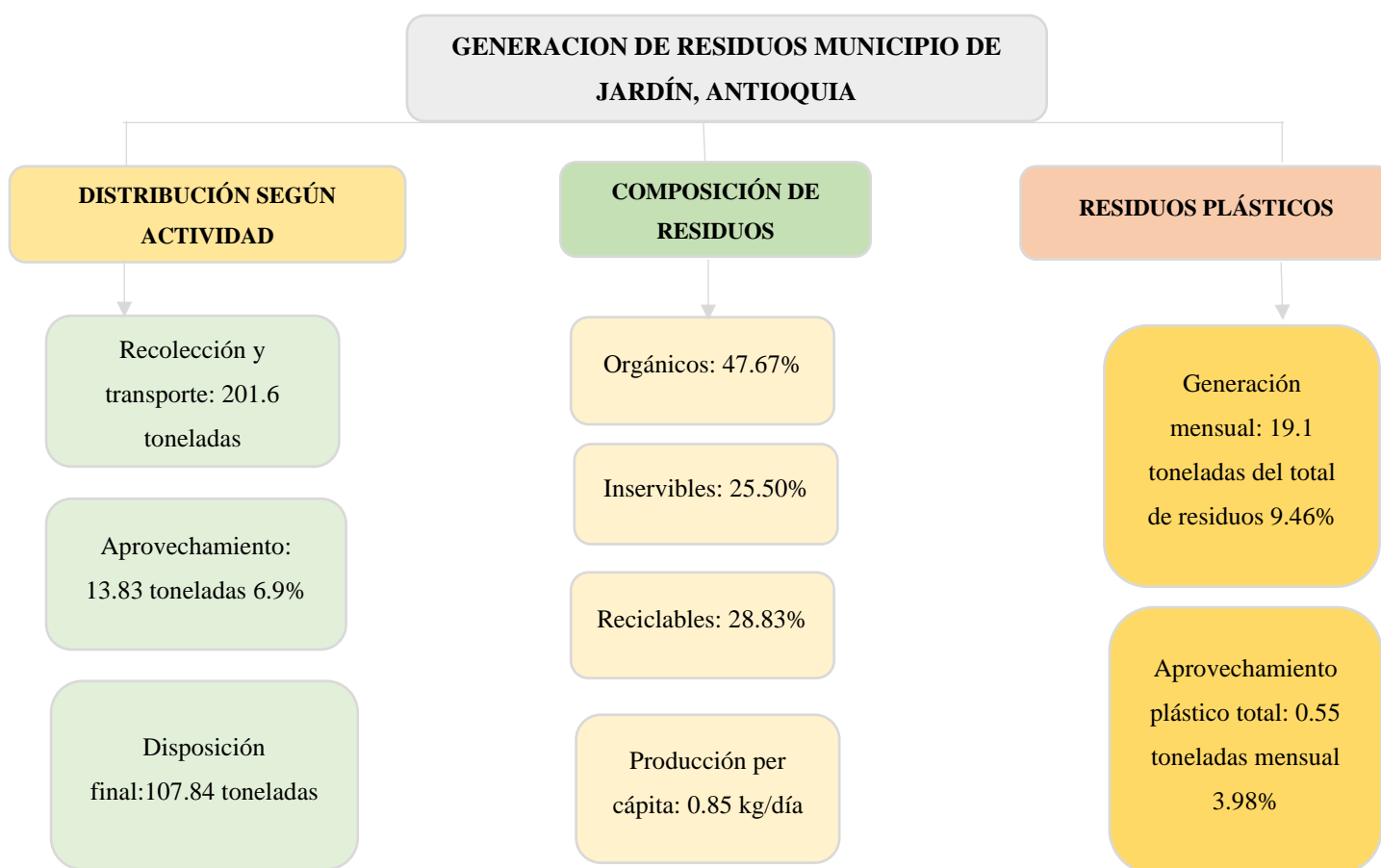
3.6.5.6 Análisis de la generación, composición y aprovechamiento de los residuos sólidos en Jardín, Antioquia.

Como se ha venido mencionando, la producción total de residuos sólidos en Jardín es de 201.6 toneladas mensuales y son generados en la zona urbana, se evidencia que el sistema actual de manejo de residuos presenta limitaciones en el aprovechamiento de materiales reciclables, especialmente de plásticos. Según la actualización del PGIRS 2021-2032 de Jardín, del 28.83% de

los residuos reciclables solo se está aprovechando el 6.9%, como se puede constatar en las tablas anteriores.

En relación con los residuos plásticos, alrededor de 19.1 toneladas generadas mensualmente, es un volumen que equivale al 9.46% del volumen total de residuos generados en el municipio; de este volumen, tan solo se está aprovechando mensualmente el 3.98%, es decir, 0.55 toneladas (PGIRS, 2021). Este bajo porcentaje, como se observa en la **Ilustración 20**, pone en evidencia los desafíos que se tienen en cuanto a la mejora en la separación de residuos en la fuente, en las estrategias de aprovechamiento, en educación y sensibilización en temas ambientales como los problemas derivados por la inadecuada gestión de los residuos plásticos.

Ilustración 20. Generación de residuos Jardín, Antioquia



Nota: Fuente: Elaboración propia con datos del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos municipio de Jardín 2021 – 2032

3.7 Análisis DOFA

3.7.1 Matriz DOFA

Ilustración 21. Matriz DOFA



Nota: Fuente: Elaboración propia

La matriz DOFA de la **Ilustración 21** proporciona una visión general del entorno relacionado con el proyecto, lo cual facilita la toma de las decisiones pertinentes; la madera plástica es una alternativa que busca aportar de manera positiva a solucionar los problemas de contaminación ambiental generados por los desechos plásticos. Debido al consumismo creciente, la producción de desechos plásticos va en aumento, pero con buenas estrategias de aprovechamiento, gran parte de estos desechos puede ser utilizada como materia prima para

producir madera plástica. El marco legal vigente es una gran oportunidad para este proyecto, toda vez que la normatividad para los temas ambientales respalda de manera clara este tipo de iniciativas. Este proyecto tiene por amenaza la tradición cultural de utilizar maderas naturales, metales o concretos para las construcciones y diseños.

4. Estudio técnico

4.1. Tamaño del proyecto

4.1.1. Tamaño de producción de madera plástica

En lo expuesto en la página Business Research Insights (2023), se menciona que el tamaño del mercado mundial de madera plástica reciclada fue de USD 840 millones de dólares en 2023 y se proyecta que el mercado alcance los USD 1.79 mil millones para 2032 a una Tasa de Crecimiento Anual Compuesto del 8.78%.

Sin embargo, en la página Verified Market Research (2023) se menciona que el tamaño del mercado de madera plástica reciclada se valoró en 1,4 mil millones de dólares en 2023 y se espera que alcance 4 mil millones de dólares para fines de 2030 con una Tasa de Crecimiento Anual Compuesta del 9% durante el período de pronóstico 2024-203, siendo así se toma como demanda de mercado el 9%.

Para poder determinar el tamaño se evaluaron tres diferentes configuraciones basadas en la demanda mundial de madera plástica; dichas configuraciones son:

- Producción con crecimiento anual por debajo de la demanda mundial (-9%)
- Producción acorde con la demanda (9%)
- Producción con crecimiento anual por encima de la demanda mundial (mayor al 9%).

4.1.1.1 Tamaño óptimo

Con el fin de escoger el tamaño óptimo de producción para este proyecto, se cotejan 3 alternativas de la siguiente manera: alternativa A, contempla una producción ubicada por debajo de la demanda; alternativa B, considera una producción acorde con la demanda y la alternativa C, una producción superior a la demanda; así mismo, se tiene en cuenta el Valor Neto Actual (VNA), el cual permite determinar la rentabilidad del tamaño de producción elegido.

Como muestra la **Tabla 13** la alternativa A es inviable puesto que el VNA arroja un valor negativo. Lo cual significa que elegir este tamaño de producción generaría pérdidas para el proyecto.

Tabla 13. Menor a la demanda y menor producción

Alternativa A

TMRR	15.5%						
Precio de venta	\$ 4,945,583.61						
Opción A							
Capacidad Promedio	133.49	Inversión	342,510,000.00				
Costo fijo Promedio	\$ 284,087,782.86	Anual					
Costo variable Promedio	\$ 2,393,662.47	Tonelada					
Año	Producción(m3)	Inversión	Ingresos	Costos fijos	Costos variables	Costo total	Flujo neto
0		\$ 342,510,000.00					-\$ 342,510,000.00
1	118.3991131		\$ 585,552,713.56	\$ 255,702,003.46	\$283,407,513.36	\$ 539,109,516.82	\$ 46,443,196.74
2	125.5030599		\$ 639,306,452.66	\$ 268,719,787.50	\$306,420,203.45	\$ 575,139,990.95	\$ 64,166,461.72
3	133.0332435		\$ 697,994,785.02	\$ 282,858,335.55	\$331,301,523.97	\$ 614,159,859.52	\$ 83,834,925.50
4	141.0152381		\$ 762,070,706.28	\$ 298,224,273.45	\$358,203,207.71	\$ 656,427,481.17	\$ 105,643,225.12
5	149.4761524		\$ 832,028,797.12	\$ 314,934,514.37	\$387,289,308.18	\$ 702,223,822.55	\$ 129,804,974.57
VNA						-\$77,275,626.07	

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. En el margen de la demanda mundial (9%)

Alternativa B							
TMRR	16%						
Precio de venta	\$	4,945,583.61					
Opción B							
Capacidad promedio	177		Inversión	\$343,210,000.00			
Costo fijo promedio	\$	334,671,763.14	Anual				
Costo variable	\$	2,393,662.47	Toneladas				
Año	Producción	Inversión	Ingresos	Costos fijos	Costos variables	Costo total	Flujo neto
0		-\$ 343,210,000.00					-\$ 343,210,000.00
1	147.9988914		\$ 731,940,891.95	\$ 289,636,072.71	\$354,259,391.70	\$ 643,895,464.42	\$ 88,045,427.53
2	161.3187916		\$ 821,750,039.39	\$ 309,637,471.46	\$393,865,591.70	\$ 703,503,063.15	\$ 118,246,976.24
3	175.8374828		\$ 922,578,769.23	\$ 332,000,535.99	\$437,899,764.85	\$ 769,900,300.84	\$ 152,678,468.39
4	191.6628563		\$ 1,035,779,184.21	\$ 357,027,063.34	\$486,856,958.56	\$ 843,884,021.90	\$ 191,895,162.31
5	208.9125134		\$ 1,162,869,290.11	\$ 385,057,672.22	\$541,287,566.52	\$ 926,345,238.74	\$ 236,524,051.37
VNA						\$136,976,798.11	

Nota: Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 14** muestra una cifra positiva para el VNA; es una alternativa económicamente rentable, ya que una producción acorde con la demanda favorece la rentabilidad del proyecto.

Tabla 15. Crecimiento mayor a la demanda

Alternativa C							
Tasa	23.02%		-				
Precio de venta	\$	4,945,583.61					
Opción C	Por encima de la demanda						
Capacidad Promedio	225.6514479		Inversión				-\$560,510,000.00
Costo fijo Promedio	\$	420,595,044.98	Anual				
Costo variable	\$	2,393,662.47	Toneladas				
Año	Producción	Inversión	Ingresos	Costos fijos	Costos variables	Costo total	Flujo neto
0		\$ 560,510,000.00					-\$ 560,510,000.00
1	177.5986697		\$ 878,329,070.34	\$ 353,053,100.78	\$425,111,270.04	\$ 778,164,370.82	\$ 100,164,699.52
2	198.91051		\$ 1,013,240,415.54	\$ 382,160,255.71	\$485,647,114.90	\$ 867,807,370.61	\$ 145,433,044.94
3	222.7797712		\$ 1,168,874,143.37	\$ 415,576,368.34	\$554,803,264.06	\$ 970,379,632.40	\$ 198,494,510.97
4	249.5133438		\$ 1,348,413,211.79	\$ 453,989,102.15	\$633,807,248.86	\$ 1,087,796,351.01	\$ 260,616,860.78
5	279.454945		\$ 1,555,529,481.13	\$ 498,196,397.93	\$724,061,401.10	\$ 1,222,257,799.03	\$ 333,271,682.09
VNA							-\$44,244,245.38

Nota: Fuente: Elaboración propia

La alternativa C no es viable, pues como se puede observar en la **Tabla 15**, el valor del VNA es negativo, lo que indica que el proyecto no sería rentable en términos económicos.

4.1.1.2 Tamaño del proyecto

Como se puede evidenciar en la evaluación de las tres alternativas anteriores, el tamaño óptimo está dado en la alternativa B (acorde a la demanda mundial del 9%). En la **Tabla 16** se presenta la proyección de la demanda en kg a 5 años conforme al tamaño seleccionado.

Tabla 16. Año-demanda

Año	1	2	3	4	5
Demanda	12333.24	13443.23	14653.12	15971.90	17409.38

Nota: Fuente: Elaboración propia

5. Localización

5.1 Macro y microlocalización

5.1.1 Macrolocalización

El lugar donde se quiere implementar este proyecto es el municipio de Jardín ubicado en el suroeste antioqueño. El municipio cuenta con buenas vías de acceso que lo conectan con Andes, Hispania, Ciudad Bolívar, Betania, Tarso, Jericó y Medellín. Esta interconexión es una ventaja para el turismo y la agricultura que se tiene en esta región (EOT, 2018).

5.1.2 Microlocalización

El municipio de Jardín cuenta con los servicios básicos de agua, alcantarillado, energía y recolección de basura. Aunque en el municipio aún falta mucho por implementar para lograr la optimización en el aprovechamiento de los residuos, Las Empresas Públicas de Jardín encargada de prestar el servicio domiciliario para la recolección de residuos sólidos y del aseo en general, realiza campañas para la separación de residuos en la fuente (EOT, 2018), estas prácticas son favorables para la implementación del proyecto de aprovechamiento de los residuos plásticos

reciclables que sirvan de materia prima para fabricar madera plástica. De la macro y micro localización tendremos en cuenta las siguientes variables:

- Cercanía al mercado
- Servicios básicos
- Acceso a vías
- Disponibilidad de mano de obra
- Acceso a materias primas

La localización óptima se determinará mediante el método cualitativo por puntos, en el cual se asignan valores a las variables escogidas y al sumar las calificaciones, la que se encuentre más cerca de 1 o tenga la mayor puntuación será la escogida. Como se puede observar en la **Tabla 17**.

Tabla 17. Evaluación del método cualitativo por puntos

Variable de localización	Peso(asignado)	Zona A (Jardín)		Zona B(Andes)	
		Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
1. Cercanía al mercado	0.2	9	1.8	9	1.8
2. servicios básicos	0.12	7	0.84	7	0.84
3. Transporte	0.12	7	0.84	6	0.72
4. Disponibilidad de mano de obra	0.2	9	1.8	9	1.8
5. Disponibilidad de materia prima	0.25	7	1.75	8	2
6 seguridad	0.11	10	1.1	7	0.77
Total	1		8.13		7.93

Nota: Fuente: Elaboración propia

6. Método para definir la localización del proyecto

6.1. Ingeniería del proyecto

6.1.1. Ficha técnica de la madera plástica

En la **Tabla 18** se presenta la ficha técnica correspondiente a la madera plástica (plana y cilíndrica), se hace una descripción del producto y se mencionan los procesos involucrados en la producción de este.

Tabla 18. Ficha Técnica

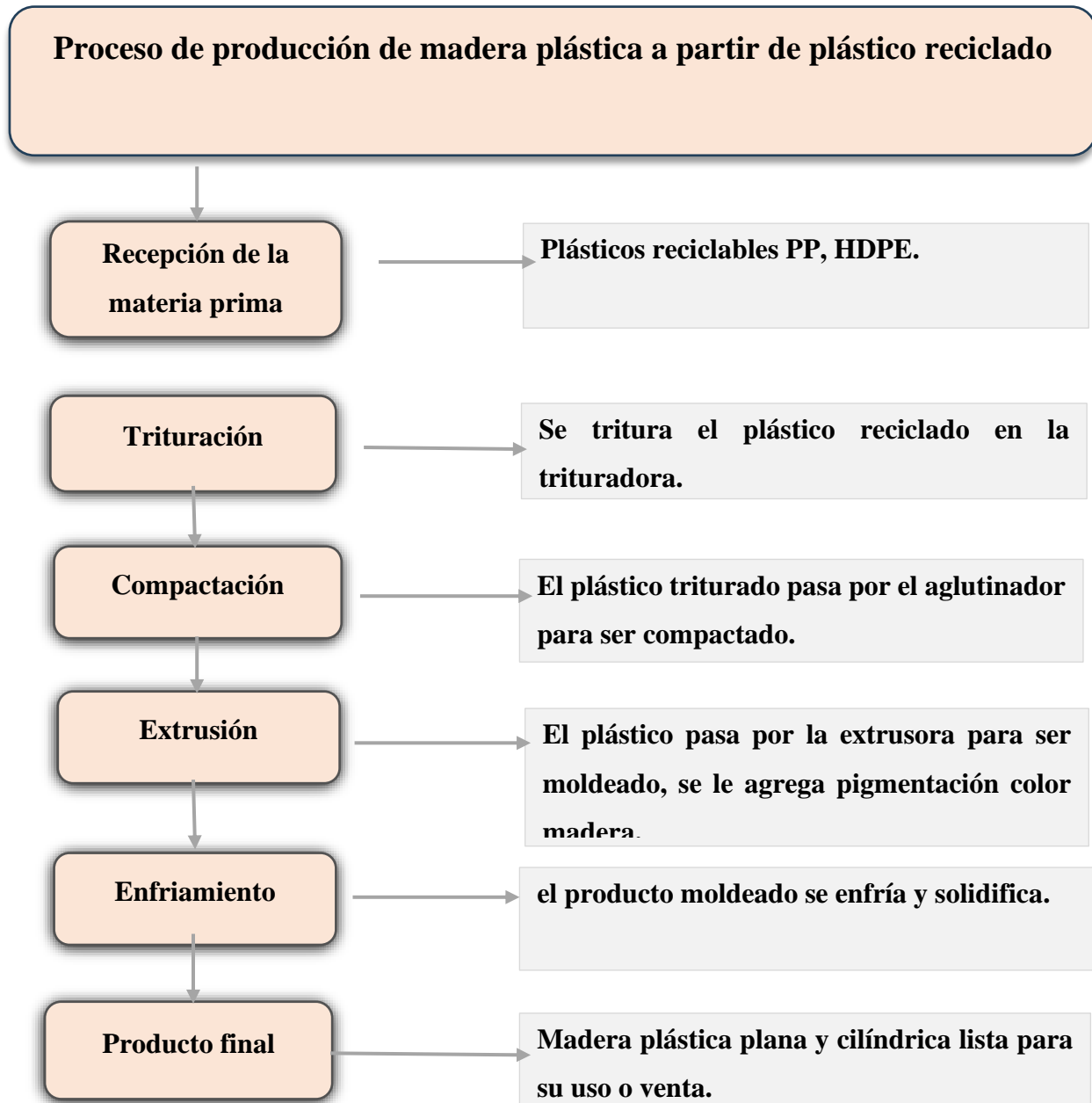
NOMBRE DEL PRODUCTO	TABLAS Y POSTES DE MADERA PLÁSTICA ELABORADOS CON PLÁSTICO PP y HDPE 100% RECICLADO
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	La madera plástica es un producto fabricado con plásticos reciclados, goza de una apariencia similar a la madera natural, es liviana, físicamente resistente, soporta condiciones ambientales como la humedad y el calor, inmune a las plagas, de mantenimiento fácil y económico, de larga vida útil y, después de esta, nuevamente reciclable.
LUGAR DE PRODUCCIÓN	Municipio de Jardín -Antioquia
COMPOSICIÓN DEL PRODUCTO	La composición del producto se basa en plástico reciclado como polipropileno (PP) y HDPE, además de pigmentación color madera para darle apariencia de madera natural.
DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	<ul style="list-style-type: none"> • Recepción de la materia prima • El plástico PP y HDPE es triturado. • El plástico triturado se funde, se le adiciona colorante y se moldea a través de la extrusión en madera plana y cilíndrica.

Nota: Fuente: Elaboración propia

6.2. Descripción del proceso

A continuación, en la **Ilustración 22** se representa el proceso que se lleva a cabo para fabricar la madera plástica de este proyecto.

Ilustración 22. Producción de madera plástica



Nota: Fuente: Elaboración propia

6.3 Descripción de la maquinaria

Se ha contactado a la Compañía Ecomaderas Plásticas, con asiento en Bogotá, con el fin de obtener la cotización de las maquinarias requeridas para la producción de madera plástica; esta Compañía se dedica a la manufactura de productos elaborados en polietileno y polipropileno postindustrial (madera plástica) y al desarrollo de la maquinaria necesaria para dicha industria; es una Compañía con 23 años de experiencia en el mercado y con más de un millón de piezas vendidas. Ecomaderas Plásticas incursionó en el desarrollo de maquinaria para el procesamiento de material reciclable, como son las máquinas extrusoras, aglutinadoras, mezcladoras, molinos, entre otras. Para el proyecto que se pretende implementar en Jardín, se han considerado necesarias las siguientes maquinarias que son producidas por la Compañía Ecomaderas Plásticas; seguidamente se hace una reseña de dichas maquinarias con sus características.

6.3.1 Aglutinador ag-120

El Aglutinador AG-120 (**Ilustración 23**) reúne y compacta las partículas plásticas para mejorar su consistencia y calidad, preparándolas para la extrusión o la inyección. Este aglutinador utilizado en el reciclaje del plástico es ideal para usarse en plásticos como PEHD, PELD y PP; el PP, por ejemplo, es usado en envases y productos de consumo (Ecomaderas plásticas, 2024).

Ilustración 23. Aglutinador AG-120



Nota: Fuente: Ecomaderas plásticas

La **Tabla 19** corresponde a la ficha técnica del Aglutinador AG-120 (Ecomaderas plásticas, 2024), como se puede observar a continuación:

Tabla 19. Ficha técnica del Aglutinador AG-120

AGLUTINADOR AG-120		DIMENSIONES	
Motor	50 hp	Largo	1.4 m
Consumo de energía	30 kw	Ancho	0.8 m
Variador de frecuencia	50 hp	Alto	1.2 m
Capacidad de procesamiento	150-180	Peso	750 kg
		Cuchillas fijas	3
Voltaje	220 - 380v - 440v - 480v	Cuchillas móviles	1

Nota: Fuente: Ecomaderas plásticas

6.3.2 Extrusora ECO-100

En el reciclaje del plástico, esta máquina es una herramienta esencial para la transformación de plásticos reciclados en productos finales; este equipo funde y moldea dichos plásticos en una masa homogénea adecuada para fabricar una gran variedad de productos. La Extrusora ECO -100 (**Ilustración 24**) es compatible con plásticos como PEHD (polietileno de alta densidad), PELD (polietileno de baja densidad) y PP (polipropileno). Sin embargo, esta máquina no puede procesar PVC (policloruro de vinilo), un material común en tuberías y revestimientos de cables. En la **Tabla 20** se muestra la ficha técnica de esta máquina (Ecomaderas plásticas, 2024)

Ilustración 24. Extrusora ECO-100



Nota: Fuente: Ecomaderas plásticas

Tabla 20. Ficha técnica de la Extrusora ECO-100

EXTRUSORA ECO-100	
Tornillo	100 mm
Camisa	3,5 m
Reductor	30:1
Motor trifásico	30 hp
Variador de frecuencia	60 HZ
Rendimiento	150-180 kg/hora
Consumo total de energía	22,5 Kw/hora
Peso total	1.500 kg
Voltaje	220v - 380v - 440v - 480v

Nota: Fuente: Ecomaderas plásticas

6.3.3 Molino m-120 (trituradora)

Este molino (**Ilustración 25**) para reciclaje de plástico es un equipo utilizado para triturar y reducir el tamaño de los residuos plásticos para facilitar su procesamiento en las etapas siguientes. Esta máquina sirve para triturar materiales plásticos como ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), PEHD, PELD Y PP. El PEHD Y PELD se encuentran en botellas y bolsas de plástico, y PP en tapas de envases y componentes automotrices. En la **Tabla 21** se presenta la ficha técnica de este molino (Ecomaderas plásticas, 2024).

Ilustración 25. Molino M-120



Nota: Fuente: Ecomaderas Plásticas

Tabla 21. Ficha técnica del Molino M-120

MOLINO M-120	DIMENSIONES
Motor	30 hp
Consumo de energía	23 kw
Capacidad de procesamiento	300- 350 gk/h
Tamaño particular promedio	9 mm
Cuchillas fijas	2
Cuchillas móviles	12 y 5
Revoluciones	600 rpm
Voltaje	220v – 380 v-440v – 480 v
Peso	1200 kg
Ancho	117 cm
Largo	152 cm
Alto	223 cm
Boca de entrada del material	

Largo	60 cm
Ancho	70 cm

Nota: Fuente: Ecomaderas Plásticas

6.3.4 Tanque de refrigeración

Para asegurar que el plástico ya solidificado mantenga su integridad y calidad, es introducido en este tanque de refrigeración **Ilustración 26** que permitirá su enfriamiento; este tanque es ideal para plásticos como PEHD, PELD y PP). La **Tabla 22** corresponde a la ficha técnica del tanque de refrigeración (Ecomaderas plásticas, 2024).

Ilustración 26. Tanque de refrigeración



Nota: Fuente: Ecomaderas Plásticas

Tabla 22. Ficha técnica del tanque de refrigeración

TANQUE DE REFRIGERACIÓN	DIMENSIONES
Largo	6 m
Ancho	1 m
Alto	0.66 m
Capacidad de enfriamiento	1.700tros

Nota: Fuente: Ecomaderas Plásticas

7.Determinación de la mano de obra directa y mano de obra indirecta

Para determinar la mano de obra que está directamente ligada a la producción, se necesita conocer el tiempo aproximado que la maquinaria requiere para procesar 12.333 kg de plástico en un mes; como se muestra en la **Tabla 23**, además en la **Tabla 24** se muestra los kg procesados mensualmente proyectados en 5 años, por tanto, se tiene:

Tabla 23. Capacidad de procesamiento de maquinaria

Maquinaria	Capacidad de procesamiento (kg/h)	Horas de producción(H)
Molino M-120	325	37.95
Aglutinador AG-120	165	74.75
Extrusora ECO - 100	225	54.81
Total, horas		167.5

Nota: Fuente: Ecomaderas Plásticas

Tabla 24. Kg mensuales procesados en determinadas horas durante 5 años

Año	Kg (mes)	Molino(h)	Aglutinadora(h)	Extrusora(h)	Total (h)
1	12333.24	37.95	74.75	54.81	167.51
2	13443.23	41.36	81.47	59.75	182.59
3	14653.12	45.09	88.81	65.12	199.02
4	15971.90	49.14	96.80	70.99	216.93
5	17409.38	53.57	105.51	77.38	236.45

Nota: Fuente: Elaboración propia. La tabla 24 muestra el crecimiento de las horas de producción a medida que aumenta la cantidad de plástico utilizado.

Tomando en cuenta que la Ley 2101 de 2021 de Colombia, “por medio de la cual se reduce la jornada laboral semanal de manera gradual, sin disminuir el salario de los trabajadores y se dictan otras disposiciones”, prevé que para el 16 de julio de 2026 se trabajarán 42 horas laborales semanales o al menos 168 horas mensuales, en estas condiciones se requiere al menos de dos operarios para que estén al frente de la maquinaria y la producción.

7.1. Determinación de los costos directos de producción

La **Tabla 25** presenta los costos de producción de manera directa:

Tabla 25. Costos de producción directo por producto

Producto	Costo de pigmentación	Electricidad usada por Ud	Mano de obra Ud	materia prima por Ud	Total coste
100x12x3	\$1,077.64	\$1,501.69	\$1,983.48	\$3,580.20	\$8,143.01
120x12x3	\$1,293.17	\$1,802.03	\$2,380.45	\$4,296.24	\$9,771.89
200x12x3	\$2,155.28	\$3,003.38	\$3,967.42	\$7,160.40	\$16,286.49
180x8x8	\$3,448.45	\$4,805.42	\$6,347.88	\$11,456.64	\$26,058.38
210x8x8	\$4,023.19	\$5,606.32	\$7,405.86	\$13,366.08	\$30,401.45
100x10cm de diámetro	\$2,351.05	\$3,276.18	\$4,327.79	\$7,810.78	\$17,765.80
200x10cm de diámetro	\$4,702.09	\$6,552.37	\$8,655.58	\$15,621.57	\$35,531.61

Nota: Fuente: Elaboración propia

7.1.1. Esquema general de la distribución física de las oficinas del proyecto

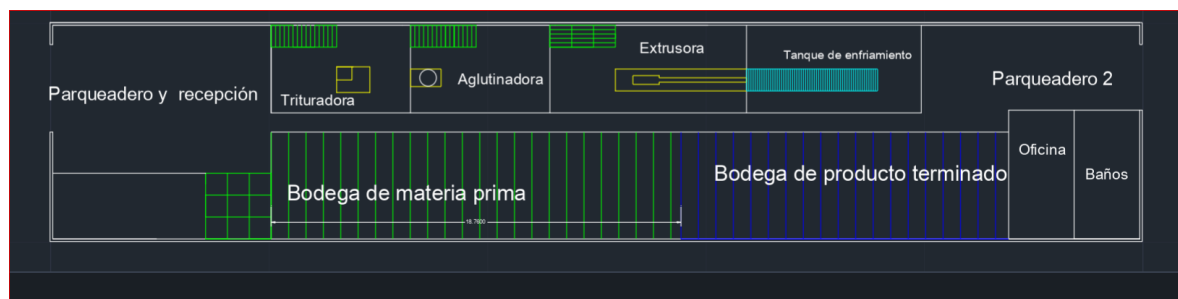
El proyecto se desarrollará en un terreno de 500 m² (50 metros de largo por 10 de ancho) y tendrá la siguiente distribución, como se observa en la **Ilustración 27** y en la **Ilustración 28**.

Ilustración 27. Distribución de la planta de producción



Nota: Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28. Distribución de la planta de producción



Nota: Fuente: Elaboración propia

8. El estudio del impacto ambiental

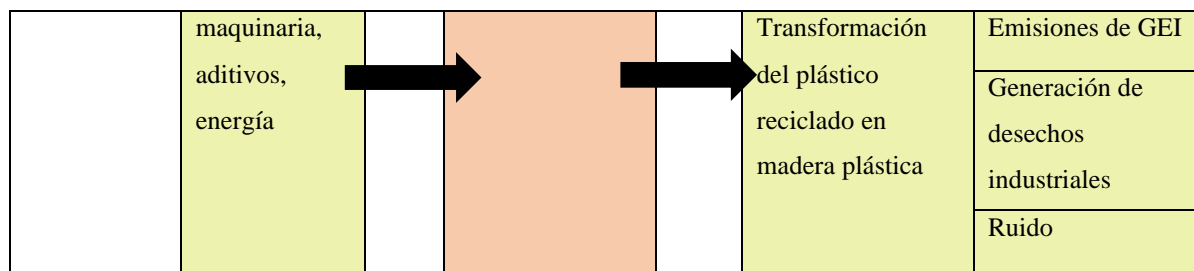
8.1. Análisis cualitativo de impactos ambientales

La **Tabla 26** muestra que el proyecto de aprovechamiento de plásticos reciclados para elaborar madera plástica, como todo proceso productivo, no está exento de generar algunos impactos ambientales negativos, en este caso los impactos están relacionados con consumo energético, emisiones generadas en los procesos de producción y ruido, no obstante, los impactos ambientales positivos de este proyecto son mayores puesto que su espíritu o propósito fundamental es netamente ambiental: reducir la cantidad de desechos plásticos y su presión sobre los ecosistemas, sobre el entorno urbano y rural, reducir el volumen de desechos plásticos que podría tener como destino final los vertederos, disminuir la demanda de madera natural contribuyendo

con esto a la salvaguarda de los bosques, fomento de la economía circular en línea con los principios de sostenibilidad.

Tabla 26. Descripción impacto ambiental

Etapas	Entradas	Proceso	Aspecto ambiental	Impacto ambiental
Operación	Energía, agua, dispositivos electrónicos y elementos de oficina.	Planeación del proyecto	Uso de recursos naturales para el funcionamiento de la empresa	Agotamiento en los recursos naturales por uso y deposición de los elementos.
	Plástico reciclado.	Operación	Sustitución de madera natural	Reducción de la deforestación Reducción de residuos plásticos en el ambiente Fomento de la economía circular, a través de la reutilización Mejora de la gestión de residuos Prolongación del ciclo de vida Poderse reciclar nuevamente al finalizar su vida útil



Nota: Fuente: Elaboración propia

El proyecto de madera plástica en el municipio de Jardín, Antioquia, se enmarca en el objetivo de desarrollo sostenible 12 (Naciones Unidas, 2015) ya que maneja un modelo de consumo y producción sostenible, como se ha mencionado su impacto es ambientalmente positivo, debido a que permite disminuir la huella ambiental de los habitantes del municipio de Jardín sobre el medioambiente ya que se reutiliza un material para que no termine en los entornos rurales y urbanos del municipio, o en un relleno sanitario después de haber recorrido un trayecto de más de 140 km (PGIRS, 2021), desechos que posteriormente se degradaría en microplásticos, en cuanto a los productos hechos de madera plástica reemplazarían a la madera y el concreto evitando que se consuman nuevos recursos, además en términos económicos beneficia al municipio al disminuir los costos que implica trasportarlos hasta el relleno sanitario ubicado en Aguadas, Caldas.

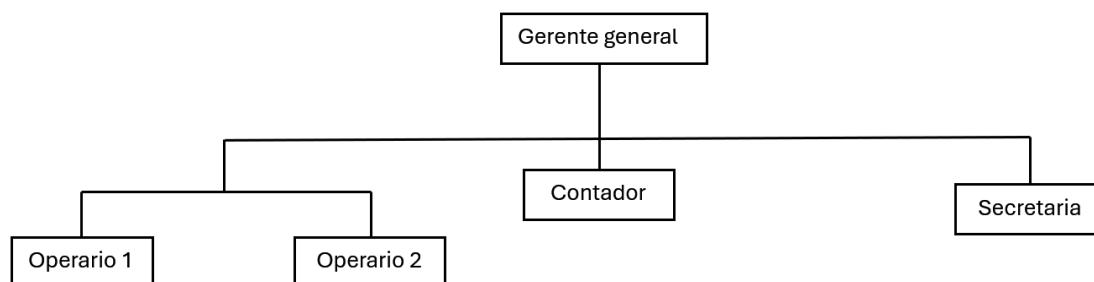
9. Estudio organizacional

9.1. Organización

9.1.1. Tipo de organización para el proyecto

La **Ilustración 29** es una propuesta de organización para el montaje del proyecto y para el funcionamiento de la organización; además se determina cuál es su filosofía, sus valores, su visión, su misión y sus objetivos organizacionales.

Ilustración 29. Organigrama del proyecto



Nota: Fuente: Elaboración propia

Funciones del personal

- Gerente general: Encargado de administrar la empresa, su proceso de ventas, publicidad y la toma de decisiones.
- Secretaria: Encargada de administrar el talento humano y llevar la agenda del administrador.
- Operarios: Su oficio será la transformación de la materia prima en producto procesado; son el pilar fundamental del proyecto.

Tabla 27. Presupuesto de gastos por concepto de sueldos

PRESUPESTOS DE GASTO DE ADMINISTRACION		
CONCEPTO	SUELDO MENSUAL	SUELDO ANUAL
Gerente general	\$ 4,270,500.00	\$ 51,246,000.00
Prestaciones sociales	\$ 2,321,016.75	\$ 27,852,201.00
Secretaria	\$ 1,423,500.00	\$ 17,082,000.00
Prestaciones sociales	\$ 773,672.25	\$ 9,284,067.00
CONTADOR	\$ 650,000.00	\$ 7,800,000.00
Subsidios transporte	\$ 600,000.00	\$ 7,200,000.00
TOTAL	\$ 10,038,689.00	\$ 120,464,268.00
Personal de Operación		
Operario 1	\$ 1,423,500.00	\$ 17,082,000.00
Prestaciones sociales	\$ 773,672.25	\$ 9,284,067.00
Operario 2	\$ 1,423,500.00	\$ 17,082,000.00

Prestaciones sociales	\$	773,672.25	\$	9,284,067.00
Total	\$	4,394,344.50	\$	52,732,134.00
Total, salarios	\$	14,433,033.50	\$	173,196,402.00

Nota: Fuente: Elaboración propia

Al analizar la **Tabla 27**, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- **Distribución de gastos.** Se puede observar cómo se distribuyen los gastos relacionados con el personal de administración y operación de la empresa. El total de salarios asciende a \$14,433,033.50 en el período mensual y \$173,196,402.00 en el período anual.
- **Estructura organizativa.** La tabla muestra los diferentes roles dentro de la administración de la empresa, como el gerente general, la secretaria, el contador y los operarios. Esto sugiere una estructura organizativa establecida con responsabilidades claras y roles definidos.
- **Prestaciones sociales.** También se reflejan los gastos correspondientes a las prestaciones sociales de los empleados, que representan el 54.35% de los salarios mensuales. Estas prestaciones incluyen beneficios legales y obligatorios como seguridad social, aportes para pensiones y otros beneficios laborales.
- **Costos por empleado.** Para cada puesto, se proporciona tanto el salario mensual como el salario anual, lo que permite evaluar los costos laborales asociados a cada puesto en particular.
- **Total, de gastos.** La tabla muestra el total de salarios para la administración y el personal de operación por separado. Estos totales permiten tener una visión global de los costos de personal asociados a la gestión de la empresa.

En conclusión, esta tabla brinda información valiosa sobre la estructura de gastos relacionados con los sueldos y las prestaciones sociales del personal de administración y operación. Además, permite analizar los costos laborales asociados a cada puesto específico y obtener una comprensión más clara de la estructura de gastos de la empresa en este aspecto.

9.1.1.1 Valores corporativos

- **Responsabilidad social.** La empresa siempre tendrá presente su responsabilidad frente a la comunidad y frente a los consumidores de sus productos.
- **Compromiso.** La empresa desarrollará su trabajo siempre enfocado en sus propósitos ambientales, sociales y económicos; se mantendrá en línea con los principios y prácticas propias del desarrollo sostenible y la economía circular.
- **Servicio.** La razón de ser de la empresa es beneficiar a la comunidad aportando con su innovación, una solución a los problemas ambientales generados con los desechos plásticos, transformándolos en madera plástica como producto de valor, fomentando el consumo responsable y una mayor conciencia ambiental.
- **Respeto.** Uno de los valores fundamentales dentro de la empresa será el respeto entre el personal que la integra, el respeto hacia los consumidores de sus productos y hacia la comunidad en general; siempre habrá lugar para escuchar, para expresar opiniones o sugerencias y para compartir en un ambiente amigable.
- **Transparencia.** Todo el quehacer de la empresa estará guiado por los principios éticos.

9.1.1.2 Misión

Aprovechar y transformar los plásticos reciclables en madera plástica como producto de valor, contribuyendo a la protección del medio ambiente, al desarrollo sostenible, al fomento del consumo responsable y a la promoción de la economía circular en el municipio de Jardín.

9.1.1.3 Visión

Posicionar a Jardín como un municipio que le apuesta a la protección de sus ecosistemas a través de la innovación, aprovechando los residuos plásticos reciclables transformándolos en madera plástica; un municipio alineado con el desarrollo sostenible y con los principios de la economía circular.

9.1.1.4 Objetivos organizacionales

El objetivo principal será posicionar la madera plástica como un producto de consumo local y regional, un producto como alternativa sostenible y ecológica. En cuanto a los objetivos específicos se tienen los siguientes:

- Publicitar la empresa.
- Ofrecer servicio post venta adecuado.
- Tener en la nómina excelente talento humano.
- Aplicar el ciclo de mejora continua.

9.2. Aspectos legales

Este apartado se enfoca en los aspectos legales como normativas, trámites y requisitos que se deben tener en cuenta en la formulación del proyecto.

9.2.1 Normativa

9.2.1.1 Ley 2232 de 2022

En la ley 2232 de 2022 se establecen las medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones. El artículo 1 de esta ley tiene por objeto proteger los derechos fundamentales de los ciudadanos como son el derecho a la vida, la salud, el disfrute de un ambiente sano, además, se establecen medidas para reducir la producción y el consumo de plásticos de un solo uso a nivel nacional, también se dictan mecanismos que permiten sustituir gradualmente dichos plásticos por alternativas sostenibles.

Según esta ley para el reemplazo gradual de los plásticos de un solo uso, se han considerado como alternativas sostenibles aquellos productos elaborados a partir de plásticos reciclados que hayan pasado por un proceso efectivo de reciclaje que permita su aprovechamiento. En el Capítulo

II: Prohibición, reducción y sustitución de los plásticos de un solo uso, en su Artículo 13 se establece la prohibición a nivel institucional del uso de elementos o productos elaborados a partir de, o que contengan plásticos de un solo uso; también se fomenta las compras públicas de productos sustitutos.

En el Parágrafo 10 se menciona que las entidades públicas y las personas jurídicas que desarrollen funciones públicas, deben desarrollar campañas de socialización y concientización sobre el consumo responsable del plástico, deberán promover el uso del plástico reciclable dentro de las instituciones e implementar métodos de separación en la fuente; todas estas campañas deberán enfocarse en la reducción en el uso de elementos desechables, en el consumo racional, en la cultura de la reutilización y en la separación adecuada de residuos que sirvan para el reciclaje y en el aprovechamiento de plásticos de un solo uso.

En el capítulo V de esta ley se tienen las medidas complementarias. El Artículo 15 está enfocado en la educación ciudadana y en el compromiso ambiental; establece que el Ministerio del Medio Ambiente, o quien haga sus veces, en coordinación con El Ministerio de Educación Nacional, dentro de sus competencias, están obligados a desarrollar y respaldar políticas, estrategias, acciones y actividades de educación, capacitación, sensibilización y concienciación a nivel nacional sobre las consecuencias del plástico de un solo uso, la reducción de su consumo y su sustitución, y sobre la necesidad de desarrollar alternativas sostenibles.

Además, en el Artículo 19 se menciona el incentivo a la madera plástica y otros productos derivados de materiales de fuentes de reciclaje nacional, incluyendo el polialuminio. Establece que las entidades estatales o privadas que manejen recursos públicos y operen en el territorio nacional y que para cumplir sus objetivos adquieren bienes o ejecuten obras a las cuales se les pueda incorporar elementos o insumos elaborados con madera plástica o elementos derivados de materiales reciclados, deben asignar una ventaja o incentivo de un 5% a aquellos proponentes cuyo producto esté elaborado en madera plástica proveniente de materiales reciclados a nivel nacional.

En el Parágrafo 2 según lo contemplado en el parágrafo 10, corresponde al gobierno nacional desarrollar mecanismos para incentivar la industria de la madera plástica cuyos insumos provengan del reciclaje nacional o de otros productos elaborados a partir de mezclas plásticas provenientes también del reciclaje nacional.

1. Algunos de los incentivos a otorgar podrían ser:
2. Creación de líneas de crédito de bajo interés
3. Incentivar las compras públicas.
4. Establecimiento de normas técnicas para el desarrollo de estos materiales y productos.
5. Los demás que el Gobierno Nacional considere pertinentes.

En el Artículo 29 el gobierno nacional deberá promover todas las inversiones, sean públicas o privadas, que estén dedicadas a la investigación aplicada al desarrollo de nuevos materiales, al diseño de productos ecológicos, al tratamiento de materiales para el reciclaje, a la promoción de nuevos negocios de reciclaje o al aprovechamiento de residuos plásticos.

En el Artículo 30 el orden de prioridad en la gestión de los residuos plásticos según esta Ley tendrá la siguiente jerarquía:

1. Prevención,
2. Reutilización,
3. Aprovechamiento,
4. Tratamiento
5. Disposición final

9.2.1.2 Resolución 0803 de 2024

En el Artículo 22 correspondiente a la verificación y evaluación de las alternativas sostenibles y excepciones a la prohibición. Conforme a lo establecido en la Ley 1437 de 2011, las solicitudes de certificación para las alternativas sostenibles y para los productos fabricados de materia prima 100% plástica proveniente de material posconsumo nacional surtirán el trámite de derecho de petición.

9.2.1.3. Resolución 1407 de 2018

El Artículo 1 tiene por objeto reglamentar la gestión ambiental de residuos de envases y empaques de plástico, papel, cartón, vidrio y metal.

El Artículo 2 en Ámbito de aplicación, esta resolución aplica en todo el territorio nacional para los residuos de envases y empaques de ventas primarios, secundarios o de un solo uso, esto hace referencia a todo recipiente, embalaje o envoltura de plástico, papel, cartón, vidrio y metal, sean de origen nacional o importados, puestos en el mercado nacional y que están concebidos para conformar una unidad de venta al consumidor final.

El Artículo 15 corresponde a obligaciones de las empresas transformadoras. Se establecen las siguientes obligaciones para todas las personas naturales o jurídicas que transformen el material aprovechable en materia o en producto de valor final, devolviéndolo a la cadena productiva o que realicen su valoración energética.

- a) Apoyar a los productores en la implementación de los planes de gestión ambiental de residuos de envases y empaques de los productores presentados ante la ANLA.
- b) Apoyar al productor en las estrategias dirigidas a promover el incremento de las tasas de aprovechamiento de los residuos de envases y empaques.
- c) Publicar los criterios y estándares de calidad para el aprovechamiento de los residuos de envases y empaques en plataformas digitales y/o un lugar visible dentro de sus instalaciones.
- d) Expedir certificación a los planes de gestión ambiental de residuos de envases y empaques presentados a la ANLA, que incluya la información contenida en el formato del Anexo I "Formato de certificación de residuos de envases y empaques aprovechados" que forma parte de la presente Resolución.
- e) Apoyar a los productores en el diseño e implementación de programas de sensibilización, cultura ciudadana hacia el consumidor para la separación en la fuente.

En el artículo 18 se establece cuáles son las obligaciones que las autoridades ambientales deben cumplir:

- a) Fomentar el aprovechamiento de residuos de envases y empaques.
- b) Apoyar el desarrollo de estrategias de comunicación y sensibilización en materia de recolección y gestión ambiental de residuos de envases y empaques.

9.2.1.4 Decreto 1077 de 2015

Es el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, establece los lineamientos sobre el manejo de residuos sólidos.

9.2.1.5 Resolución 0754 de 2014

Esta resolución establece cuál será la metodología para la formulación e implementación de los PGIRS.

9.2.1.6 Resolución 2184 de 2019

Con esta resolución se modifica la resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y establecen otras disposiciones.

9.2.1.7 Decreto 1713 de 2002 del Ministerio de Medio Ambiente

Este decreto reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001 relacionadas con la prestación del servicio público de aseo; reglamenta también el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 relacionadas con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

9.2.1.8 Decreto Ley 2811 de 1974

Este decreto constituye el Código Nacional de Recursos Naturales y Protección del Medio Ambiente.

9.2.1.9 Decreto 1180 de 2003

Reglamenta las licencias ambientales para proyectos que puedan generar impactos ambientales.

9.2.1.10 Normativas municipales

- Plan de Desarrollo Municipal “Unidos, Si Es Posible” 2024-2027:
- Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) Jardín 2021-2032

9.2.1.11 Documentos de referencia

- Guía Ambiental para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos.
- Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS Jardín.
- Guía ICONTEC NTC GTC 53-2. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo.
- NTC GTC 24. Guía para la separación en la fuente.
- Ley 1259 de 2008: Instaura el comparendo ambiental para sancionar infracciones relacionadas con aseo, limpieza y manejo de escombros.

9.3 Evaluación económica

La inversión inicial total del proyecto queda indicada en la **Tabla 28**, así:

Tabla 28. Inversiones totales

Maquinaria /Material	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Computador de especificaciones básicas	1	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00
Portátil	1	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00
Material de oficina (resmas de papel)	1	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00
Escritorios	2	\$ 500,000.00	\$ 1,000,000.00
Sillas de oficina	8	\$ 100,000.00	\$ 800,000.00
Librero	1	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00
Licencia ofimática	2	\$ 80,000.00	\$ 160,000.00
Material vario	1	\$ 500,000.00	\$ 500,000.00
Mantenimiento de equipos	2	\$ 60,000.00	\$ 120,000.00
Adecuaciones oficina	1	\$ 1,500,000.00	\$ 1,500,000.00
Agglutinador AG-120	1	\$ 65,000,000.00	\$ 65,000,000.00
Extrusora ECO – 100	1	\$ 135,000,000.00	\$ 135,000,000.00
Molino M-120	1	\$ 60,000,000.00	\$ 60,000,000.00

Maquinaria /Material	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Tanque de Refrigeración	1	\$ 15,000,000.00	\$ 15,000,000.00
Moldes	21	\$ 100,000.00	\$ 2,100,000.00
Alarma anti-incendio	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00
Tapabocas N-95 sin válvula	500	\$ 2,950.00	\$ 1,475,000.00
Big bag (120x90x90)	25	\$ 56,000.00	\$ 1,400,000.00
Herramientas	1	\$ 1,300,000.00	\$ 1,300,000.00
Estibas y contenedores	5	\$ 300,000.00	\$ 1,500,000.00
Terreno (m2)	500	\$ 100,000.00	\$ 50,000,000.00
Adecuaciones terreno	1	\$ 50,000,000.00	\$ 50,000,000.00
Mantenimiento de maquinaria y lugar de trabajo	4	\$ 1,200,000.00	\$ 4,800,000.00
Total			\$ \$443,551,796.00

Nota: Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 28** indica cuáles son las adquisiciones, elementos y actividades básicas necesarias para iniciar la implementación del proyecto; según esta tabla, la inversión inicial es de \$443.551.796.

Para las ventas se toma como referencia un aumento de ventas del 9% anual, en base a la demanda mundial de madera plástica (Verified Market Research, 2023)., de tal manera que la producción se incrementará en esa cifra anualmente; el aumento de los ingresos económicos para el proyecto se hace en base al aumento del salario mínimo, el cual se usa como forma de medir el incremento en el coste de vida que aumenta año tras año; generalmente este aumento es cercano a la inflación, que desde el año 2000 hasta el 2024% aumentó en un promedio de 5.34% % (Sintraprevi, 2024), y para el salario mínimo su incremento promedio es de al menos 7.1% (Sintraprevi, 2024) se optó entonces por un aumento constante anual en el precio de venta que estuviera en un rango medio de un 3% hasta culminar el quinto año, donde se tendrán precios casi iguales a los de la competencia, el rango de aumento del coste será de un 2%, inferior al aumento anual de ingresos, esto es debido a que incrementar el valor de venta del producto por encima del promedio del salario mínimo o la inflación resultaría en un producto muy caro y poco atractivo para su compra.

Dichos aumentos en la producción, precio de venta y costes, ayudarán a estabilizar las finanzas del proyecto en 5 años; su finalidad es lograr un equilibrio frente al aumento anual del costo de vida, con la finalidad de lograr una solvencia económica que sostenga el proyecto.

El precio en el año 1 de los productos está dado por la suma de los costos directos de producción por un margen de contribución de un 51.6%, esto da un precio por centímetro cúbico de madera plástica de 4.6734 pesos colombianos. En la **Tabla 29** se muestra el precio de venta del producto final, en la **Tabla 30** las proyecciones de ventas ajustadas a la demanda y en la **Tabla 31** las proyecciones de ingresos.

Tabla 29. Precio de venta de producto final

LINEAS DE PRODUCTOS	Unidades por vender (año)	Costo unitario (COP)	Precio de venta unitario (COP)
100x12x3	900	\$ 8,143.01	\$ 16,824.40
120x12x3	900	\$ 9,771.89	\$ 20,189.86

200x12x3	900	\$ 16,286.49	\$ 33,649.77
180x8x8	4800	\$ 26,058.38	\$ 53,839.63
210x8x8	6000	\$ 30,401.45	\$ 62,812.91
100x10cm de diámetro	300	\$ 17,765.80	\$ 36,706.21
200x10cm de diámetro	300	\$ 35,531.61	\$ 73,412.41

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. *Proyecciones de ventas ajustadas a la demanda*

Línea de productos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
100x12x3	900	981	1,069	1,166	1,270
120x12x3	900	981	1,069	1,166	1,270
200x12x3	900	981	1,069	1,166	1,270
180x8x8	4,800	5,232	5,703	6,216	6,776
210x8x8	6,000	6,540	7,129	7,770	8,469
100x10cm de diámetro	300	327	356	389	423
200x10cm de diámetro	300	327	356	389	423

Nota: Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. *Proyecciones de Ingresos*

Línea de productos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
100x12x3	\$15,141,959.69	\$16,999,878.15	\$19,085,763.20	\$21,427,586.34	\$24,056,751.18
120x12x3	\$18,170,876.34	\$20,400,442.87	\$22,903,577.21	\$25,713,846.13	\$28,868,935.05
200x12x3	\$30,284,793.90	\$34,000,738.12	\$38,172,628.68	\$42,856,410.22	\$48,114,891.76
180x8x8	\$258,430,241.32	\$290,139,631.93	\$325,739,764.77	\$365,708,033.90	\$410,580,409.66
210x8x8	\$376,877,435.26	\$423,120,296.56	\$475,037,156.95	\$533,324,216.11	\$598,763,097.43

100x10cm					
de	\$11,011,861.81	\$12,363,017.26	\$13,879,959.47	\$15,583,030.50	\$17,495,068.34
diámetro					
200x10cm					
de	\$22,023,723.62	\$24,726,034.51	\$27,759,918.94	\$31,166,061.00	\$34,990,136.68
diámetro					

Nota: Fuente: Elaboración propia

9.3.1 Evaluación financiera

Para la evaluación financiera del proyecto se tienen los siguientes resultados:

- **Tasa interna de retorno (TIR).** Para tener una mejor perspectiva de los resultados de la tasa interna de retorno, primero se debe hallar la Tasa Mínima Requerida de Retorno (TMRR), que es lo mínimo que el inversionista aceptaría como rentabilidad del proyecto, que en este caso dio un valor de 20.98%, debido a que la inflación de los 5 años anteriores (2020- 2024) fue de al menos 6.97% y la prima al riesgo es de un 13.1%, siendo así se tiene:

$$TMRR = i + f + i * f = 6.97\% + 13.1\% + (6.97\% * 13.1\%) = 20.98\%$$

Donde: $i = 6.97\%$ *inflación promedio en los ultimos 5 años*

$$f = 13.1\% \quad \text{prima de riesgo del proyecto}$$

La tasa interna de retorno (TIR) que se obtuvo del proyecto fue 29.34%, la cual es mayor que la TMRR; por lo tanto, se considera que el proyecto es viable financieramente para las condiciones expuestas en el proyecto.

La TIR es una medición de rentabilidad de un proyecto, matemáticamente, cuando el VPN sea cero, la TIR será quien resuelva la ecuación y representará el valor real del rendimiento en porcentaje anual, es decir, que el rendimiento del proyecto es un 29%.

$$0 = -C_0 + \frac{C_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{C_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{C_3}{(1 + TIR)^3} + \frac{C_4}{(1 + TIR)^4} + \frac{C_5}{(1 + TIR)^5}$$

- **Valor presente neto (VNP).** Es el valor actual del flujo de dinero futuro; la tasa de interés utilizada fue la TMRR de 20.98%, y su fórmula es:

$$VPN = -C_0 + \frac{C_1}{(1+r)^1} + \frac{C_2}{(1+r)^2} + \frac{C_3}{(1+r)^3} + \frac{C_4}{(1+r)^4} + \frac{C_5}{(1+r)^5}$$

Donde

- C_0 =Inversión inicial
- $C_{1,2,3,4,5}$ = El dinero generado en los años de evaluación del proyecto, que son 5 años
- r = Tasa de interés

En la **Tabla 32** se presenta el flujo neto de dinero del proyecto, se puede observar como a partir del primer año se tiene un flujo neto positivo, que va aumentando progresivamente.

Tabla 32. Flujo neto de dinero del proyecto

Inversión Inicial	-\$343,210,000.00
Flujo Neto (Año 1)	\$88,045,427.53
Flujo Neto (Año 2)	\$118,246,976.24
Flujo Neto (Año 3)	\$152,678,468.39
Flujo Neto (Año 4)	\$191,895,162.31
Flujo Neto (Año 5)	\$236,524,051.37

Nota: Fuente: Elaboración propia

Para el proyecto con lo presentado, el VNP es de \$ 77,395,793, lo cual es un valor mayor que cero, es decir que los ingresos son mayores que los egresos, dando valor a la organización, esto, si cumple todas las proyecciones expuestas en el proyecto.

- **Relación Costo-beneficio(B/C).** consiste en traer a valor presente los ingresos y egresos, para posteriormente dividirlos, la relación costo-beneficio del proyecto es de \$1.22, esto quiere decir que el proyecto es rentable al ser mayor que 1, además que por cada peso invertido el interesado del proyecto recibe \$ 22 centavos netos.

$$\frac{B}{C} = \frac{VPN(\text{Ingresos netos})}{VPN(\text{Egresos netos})} = \frac{VPN(\text{ingresos})}{\text{Inversion}}$$

10 Resultados

10.1 Viabilidad social

Según la encuesta realizada, el proyecto tiene buena aceptación en la comunidad, siendo un proyecto de enfoque ambiental, traerá beneficios a los habitantes del municipio, pues estos podrán gozar de un entorno más sano, sin la presión contaminante de los desechos plásticos; este proyecto fomenta la participación ciudadana, la educación y la sensibilidad por el tema ambiental, el respeto por el entorno, el sentido de pertenencia y la protección de los ecosistemas.

10.2 Viabilidad legal

Este proyecto se ajusta a la normatividad ambiental vigente tanto a nivel nacional como local, es un proyecto que en todos sus procesos dará cumplimiento a las normas ambientales pertinentes, tales como el fomento del desarrollo sostenible, la adecuada gestión de los residuos y la economía circular; este proyecto está alineado con las políticas del PGIRS municipal.

10.3 Viabilidad ambiental

El enfoque de este proyecto está centrado en dar una solución a gran parte de los desechos plásticos generados en Jardín, en reducir su volumen y capacidad de contaminación reciclando aquellos que puedan servir de materia prima para fabricar madera plástica como producto de valor; fomentar el uso de madera plástica disminuye la demanda de madera natural, con lo cual se protegen los bosques y el equilibrio de los ecosistemas, la economía circular disminuye la presión por la demanda de materiales vírgenes. Por estas razones el proyecto es viable desde el punto de vista ambiental.

10.4 Viabilidad financiera

El análisis de viabilidad financiera de este proyecto arroja datos críticos; se indica que para que este sea viable, se requiere mensualmente un mínimo de 12,333 toneladas de plástico reciclado

que sea apto para fabricar madera plástica, es decir, plásticos PP y HDPE como materia prima, pues no todo plástico reciclado es apto para este propósito.

Es necesario tener en cuenta que las 19.1 toneladas de desechos plásticos generados en Jardín corresponden únicamente al área urbana, pues del volumen de dichos desechos generados en el área rural aún no se tiene un estimativo; además, del volumen de residuos plásticos generados mensualmente en el municipio solo se están reciclando 0.55 toneladas; ahora bien, esas 19.1 toneladas de desechos plásticos contiene todos los tipos de plásticos, es decir HDPE, PP, LDPE, PET, PS, PVC y otros plásticos, sin embargo también se desconoce el volumen de cada uno de ellos puesto que no están clasificados; se puede inferir entonces que buena parte de los residuos plásticos generados en Jardín, podrían no ser aptos para fabricar madera plástica, bien sea porque están contaminados o porque pertenecen a otro tipo de plásticos que no sirven como materia prima para adelantar el proyecto.

La viabilidad financiera de este proyecto estaría condicionada a la optimización de los sistemas de aprovechamiento de los residuos plásticos generados en el municipio, incluyendo los generados en el área rural, y al desarrollo de estrategias educativas y de sensibilización de la comunidad acerca de la necesidad de dar un manejo responsable a los residuos que generan, separándolos debidamente en la fuente.

11 Discusión

Los resultados del estudio de viabilidad financiera de este proyecto muestran que, de ser abordado con un enfoque industrial donde se espera rentabilidad, este proyecto no es económicamente autosostenible. El estudio financiero puso de manifiesto que para que esta iniciativa sea autosostenible se requiere mensualmente un mínimo de 12,333 toneladas de materia prima apta para fabricar madera plástica; una meta difícil de alcanzar teniendo en cuenta las bajas tasas de reciclaje en el municipio y la falta de clasificación de los desechos plásticos y su adecuada separación en la fuente.

Por tanto, el proyecto no puede abordarse con un enfoque de rentabilidad, sino desde una perspectiva de valor socioambiental; así pues, para que el proyecto sea financieramente sostenible el municipio debe desarrollar estrategias para lograr la optimización en el aprovechamiento de los residuos plásticos y adelantar las gestiones pertinentes para obtener un financiamiento externo y el apoyo institucional, toda vez que el propósito fundamental del proyecto es la reducción del volumen de los residuos plásticos generados en el municipio, la aplicación de los principios de la economía circular y el desarrollo sostenible, un propósito esencialmente ambiental que por sus beneficios amerita o justifica su implementación.

Conclusiones

La viabilidad financiera de este proyecto es crítica debido a la baja tasa de reciclaje de plásticos que se tiene en el municipio lo que dificulta alcanzar el volumen mínimo de 12,333 toneladas mensuales de materia prima que se requiere para que este proyecto sea autosostenible.

La naturaleza y propósito de este proyecto debe ser fundamentalmente socioambiental; pues con un enfoque industrial donde se espera autosostenibilidad y ganancia económica, el proyecto es inviable.

Con un enfoque socioambiental para este proyecto, el municipio deberá gestionar recursos externos y apoyos institucionales para que el proyecto sea sostenible.

El municipio deberá implementar estrategias que permitan optimizar el aprovechamiento de los desechos plásticos, además del desarrollo de campañas educativas y de sensibilización.

Recomendaciones

Dado que este estudio de viabilidad del proyecto de fabricar madera plástica en Jardín debe ser enfocado desde lo socioambiental, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Dadas las bajas tasas de reciclaje en el municipio, se hace necesario implementar estrategias que permitan la optimización del aprovechamiento de los residuos plásticos.
- Designar sitios de acopio para los residuos plásticos reciclables en todas las veredas, recogerlos periódicamente para incorporarlos a los procesos de economía circular.
- Desarrollar en las comunidades y en las instituciones programas educativos y de sensibilización sobre el consumo responsable, las problemáticas ambientales generadas por los desechos plásticos, la correcta separación en la fuente y el cuidado del entorno urbano y rural.
- El municipio debe clasificar los plásticos según su tipo y desarrollar jornadas educativas en escuelas, colegios y demás instituciones, enseñando la manera de clasificar los plásticos.
- Adquirir alguna variedad de productos elaborados a partir de madera plástica con el fin de demostrar ante todos los estamentos que si es posible transformar desechos plásticos reciclables en productos de valor.
- Conformar una red de apoyo con todos los líderes comunitarios con el fin de que estos se conviertan dentro de sus comunidades en socializadores de este proyecto de aprovechamiento.
- Desarrollar estrategias de incentivos para las comunidades como podría ser el intercambio de productos de madera plástica por desechos plásticos reciclables.
- Gestionar recursos económicos externos que sirvan de apoyo y permitan la sostenibilidad financiera del proyecto; gestiones a nivel nacional, departamental, local y ante las instituciones y organizaciones públicas o privadas.
- Celebrar cada año a nivel institucional el día mundial del reciclaje.
- Optimizar los procesos de reciclaje y aprovechamiento de los residuos plásticos.
- Obtener un estimativo del volumen real de los desechos plásticos generados en la zona rural y desarrollar estrategias para lograr su máximo aprovechamiento.

- Establecer acuerdos o convenios con los municipios vecinos para obtener de ellos materia prima que pueda ayudar a alcanzar el umbral mínimo de 12,333 toneladas de desechos plásticos aptos para fabricar madera plástica, teniendo en cuenta que las 12, 333 toneladas de materia prima deben ser plásticos HDPE y PP.

Referencias

- Aluna News. (2024). Innovando hasta el infinito: El grito de combate de la madera plástica. <https://aluna.news/nuevos-materiales/2024/innovando-hasta-el-infinito-el-grito-de-combate-de-la-madera-plastica/>
- Arosemena P., L. E., Camarena Q., F. H., & Saucedo, E. (2024). Impactos que producen los desechos sólidos en la fuente hídrica del bosque el Colmón de Macaracas. Revista Redes, 16. <https://revistas.udelas.ac.pa/index.php/redes/article/view/redes16-5>
- Acoplásticos. (2023). Plásticos en Colombia 2024. <https://acoplasticos.org/3d-flip-book/2288/>
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI). (2019). Estrategia nacional de economía circular [Documento PDF]. https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf
- Bucci, K., Tulio, M., & Rochman, C. M. (2020). What is known and unknown about the effects of plastic pollution: A meta-analysis and systematic review. Ecological Applications, 30(2), e2044. <https://doi.org/10.1002/eap.2044>
- Business Research Insights. (2023). Recycled plastic lumber (RPL) market report. Business Research Insights. <https://www.businessresearchinsights.com/es/market-reports/recycled-plastic-lumber-rpl-market-108788>
- Constitución Política 1 de 1991. Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>
- Construplast Colombia. (2024). Inicio. <https://www.construplastcolombia.com/portal/inicio>
- Decreto 1076 de 2015. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Decreto 1077 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. Diario Oficial 49.523. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30020036>
- Decreto 1180 de 2003. Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=8144>
- Decreto 1713 de 2002. Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5542>
- Decreto 1784 de 2017. Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=84140>
- Decreto 2811 de 1974 . Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
- Decreto 2981 de 2013. Función Pública.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56035>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). CIIU Rev. 4: Clasificación industrial internacional uniforme [Documento PDF].

https://www.dane.gov.co/files/sen/nomenclatura/ciiu/CIIU_Rev_4_AC2022.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2024). Proyección de población 2024. [Archivo de Excel]. Departamento Seccional de Salud de Antioquia.

[https://dssa.gov.co/OSSSA/Archivos/Poblacion/POBLACION2024\(02-2024\).xls](https://dssa.gov.co/OSSSA/Archivos/Poblacion/POBLACION2024(02-2024).xls)

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). 2018. Infografía del censo poblacional de veredas, municipio de Jardín [PDF]. Recuperado de

https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/05364_infografia.pdf

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2017). CONPES 3874: Política pública de ciencia, tecnología e innovación para la productividad y la competitividad [Documento PDF]. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

Departamento Nacional de Planeación. (2022). Guía nacional para la adecuada separación de residuos sólidos.

https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Vivienda%20Agua%20y%20Desarrollo%20Urbano/Guia_Residuos%20Solidos_Digital.pdf

Ecomaderas Plásticas. (2024). Máquinas para fabricación de madera plástica - ecomaderas plasticas. <https://ecomaderasplasticas.com/producto/maquinas-de-madera/>

Ecoplast. (2023). Ecoplast. <https://ecoplast.com.co/inicio>

Envapack. (2018). Plásticos sostenibles: La discusión que plantea Braskem en el marco de Colombiaplast. [https://www.envapack.com/2018/09/plasticos-sostenibles-la-discusion-que-plantea-braskem-en-el-marco-de-colombiaplast/#:~:text=La%20industria%20pl%C3%A1stica%20colombiana%20representa,pl%C3%A1stico%20y%20similares%20\(incluidos%20comercios.\)](https://www.envapack.com/2018/09/plasticos-sostenibles-la-discusion-que-plantea-braskem-en-el-marco-de-colombiaplast/#:~:text=La%20industria%20pl%C3%A1stica%20colombiana%20representa,pl%C3%A1stico%20y%20similares%20(incluidos%20comercios.))

EOT. (2018). Diagnóstico territorial EOT Jardín [Documento PDF].

<https://es.scribd.com/document/473019438/4-DIAGNOSTICO-TERRITORIAL-EOT-JARDIN-2018>

Everwood. (2022). ¿Qué es la madera plástica? <https://everwood.cl/2022/01/10/que-es-la-madera-plastica/>

Fedemaderas (2022). Sector de la madera estima a 2052 contribuir con el 9% del PIB.

<https://fedemaderas.org.co/sector-de-la-madera-estima-a-2052-contribuir-con-el-9-del-pib/>

Ferronato, N., Maalouf, A., Mertenat, A., Saini, A., Khanal, A., Copertaro, B., Yeo, D., Jalalipour, H., Veuthey, J. R., Ulloa-Murillo, L. M., Thottathil, M. S., Shuaib, N. A. B., Caplin, R., & Mohandas, V. J. (2023). A review of plastic waste circular actions in seven developing countries to achieve sustainable development goals. *Waste Management & Research The Journal For A Sustainable Circular Economy*, 42(6), 436-458.

<https://doi.org/10.1177/0734242x231188664>

-
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Gobernación de Antioquia. (2019). Tasa de desempleo en Antioquia. Gobernación de Antioquia. <https://antioquia.gov.co/tasa-de-desempleo-vf>
- Gobernación de Antioquia. (2019). Tasa de informalidad en Antioquia. Gobernación de Antioquia. <https://antioquia.gov.co/tasa-de-informalidad-vf>
- Gobernación de Antioquia. (2019). Índice de calidad de vida - ICV. Gobernación de Antioquia. <https://antioquia.gov.co/indice-de-calidad-de-vida-icv-vf>
- Gobernación de Antioquia. (2024). Municipio de Jardín, Antioquia. Corregimientos de Antioquia. <https://corregimientos.antioquia.gov.co/jardin/>
- Guio Rentería, D. (2022). Compuestos de madera y plástico: Una revisión sobre su proceso productivo y sus implicaciones en el medio ambiente desde una perspectiva del ciclo de vida. Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/5911>
- Gómez Manco, B. S., & Mosquera, J. Y. (2017). Mejoramiento de formulación de compuesto de madera plástica para fabricar piezas sometidas a esfuerzos críticos de flexión. <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/58>
- Heinrich-Böll-Stiftung. (2021). Impacto de la contaminación por plásticos en la biodiversidad y patrimonio biocultural. <https://mx.boell.org/es/2021/03/10/impacto-de-la-contaminacion-por-plasticos-en-la-biodiversidad-y-patrimonio-biocultural>
- Hernández Flechas, S., & Corredor González, L. (2017). Reflexiones sobre la importancia económica y ambiental del manejo de residuos en el siglo XXI. *Revista de Tecnología*, 15. <https://doi.org/10.18270/rt.v15i1.2039>
- ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). (2009). GTC 24: Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente (3a actualización). <https://tienex.co/media/b096d37fcdee87a1f193271978cc2965.pdf>
- ICONTEC. (2004). Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para el aprovechamiento de los residuos plásticos (GTC 53-2:2004). <https://tienda.icontec.org/gp-gestion-ambiental-residuos-solidos-guia-para-el-aprovechamiento-de-los-residuos-plasticos-gtc53-2-2004.html>
- Isaza, C. A. V., Yepes, W. U., & Mena, J. (2022). Desempeño mecánico de compuestos de madera plástica de matriz poliolefínica. *Revista Lasallista de Investigación*, 19(1), Article 1. <https://doi.org/10.22507/rli.v19n1a16>
- Junta de Andalucía. (2012). Consumo responsable. <https://www.juntadeandalucia.es/temas/vivienda-consumo/consumo/responsable.html>

- Justicia Ambiental Colombia. (2021). Política nacional de producción más limpia [PDF]. <https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2012/09/polc3adtica-nacional-de-produccic3b3n-mc3a1s-limpia2.pdf>
- Kumar, M., Bhujbal, S. K., Kohli, K., Prajapati, R., Sharma, B. K., Sawarkar, A. D., Abhishek, K., Bolan, S., Ghosh, P., Kirkham, M. B., Padhye, L. P., Pandey, A., Vithanage, M., & Bolan, N. (2024). A review on value-addition to plastic waste towards achieving a circular economy. *Science of The Total Environment*, 921, 171106. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171106>
- Latitud R. (2023). Proceso madera plástica. <https://latitudr.org/wp-content/uploads/2023/03/Proceso-Madera-Plastica-final-1.pdf?citationMarker=43dcd9a7-70db-4a1f-b0ae-981daa162054>
- Ley 1259 de 2008. Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=34388>
- Ley 2101 de 2021. Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=166506>
- Ley 2232 de 2022. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/ley-2232-de-2022/>
- Ley 9 de 1979 Congreso de la República de Colombia. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>
- Ley 99 de 1993. Función Pública. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Loy, A. C. M., Lim, J. Y., How, B. S., Yiin, C. L., Lock, S. S. M., Lim, L. G., Alhamzi, H., & Yoo, C. (2023). Rethinking of the future sustainable paradigm roadmap for plastic waste management: A multi-nation scale outlook compendium. *Science of The Total Environment*, 881, 163458. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163458>
- Maalouf, A., & Mavropoulos, A. (2023). Re-assessing global municipal solid waste generation. *Waste Management & Research*, 41(4), 936-947. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X221074116>
- Maalouf, A., Mavropoulos, A., & El-Fadel, M. (2020). Global municipal solid waste infrastructure: Delivery and forecast of uncontrolled disposal. *Waste Management & Research: The Journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA*, 38(9), 1028-1036. <https://doi.org/10.1177/0734242X20935170>
- Maderplast. (2001). Maderplast: Soluciones en plásticos de ingeniería. Recuperado el [fecha de acceso], de <https://www.maderplast.com/>
- MADERPOL | Madera Plástica Medellín. (2013). <https://www.maderpol.com.co/>
- Manco, B. S. G., & Mosquera, J. Y. M. (2017). Mejoramiento de formulación de compuesto de madera plástica para fabricar piezas sometidas a esfuerzos críticos de flexión. <http://hdl.handle.net/20.500.12622/6611>.

-
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Política nacional de producción más limpia. <https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2012/09/polc3adtica-nacional-de-produccic3b3n-mc3a1s-limpia2.pdf>
- Municipio de Jardín, Antioquia. (2017). Información general. Archivo Web. https://web.archive.org/web/20170117055414/http://www.eljardin-antioquia.gov.co/informacion_general.shtml
- Municipio de Jardín, Antioquia. (2018). Documento técnico de formulación de la revisión y ajuste. Recuperado de <https://jardinantioquia.micolombiadigital.gov.co/estudios-e-investigaciones/documento-tecnico-formulacion-de-la-revision-y-ajuste>
- Municipio de Jardín, Antioquia. (2018). Formulación del esquema de ordenamiento territorial (EOT) del municipio de Jardín, Antioquia. Mi Colombia Digital. https://jardinantioquia.micolombiadigital.gov.co/sites/jardinantioquia/content/files/000127/6324_5formulacion-eot-mpio-jardin-2018.pdf
- Municipio de Jardín, Antioquia. (2021). Municipio de Jardín, Antioquia. Recuperado de <https://jardin.antioquia.in/home/municipio-jardin-antioquia>
- Municipio de Jardín. (2021). Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos. Municipio de Jardín 2021-2032.
- Municipio de Jardín. (2024). Plan de desarrollo municipal: Unidos, sí es posible 2024-2027. <https://www.eljardin-antioquia.gov.co/normatividad/plan-de-desarrollo-municipal-unidos-si-es-posible-2024>
- Muñoz, D. R. (2023). Polipropileno: qué es y sus características. Plástico.com. <https://www.plastico.com/es/noticias/polipropileno-que-es-y-sus-caracteristicas>
- Naciones Unidas. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- National Geographic. (2019). Contaminación por plástico: explicación de la crisis mundial. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/06/contaminacion-plastico-explicacion-crisis-mundial?form=MG0AV3>
- ONU. (2022). Plastic science: The global challenge of plastic pollution [Documento PDF]. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/41263/Plastic_Science_S.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- ONU. (2023). Todo lo que necesitas saber sobre la contaminación por plásticos. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-contaminacion-por-plasticos>
- Pannu, A., Singh, S., & Dhawan, V. (2019). Composite manufacturing techniques – A review on injection, compression, pultrusion and extrusion process. Journal of Advanced Scientific Research, 10(03 Suppl 1), 146-151. <https://sciensage.info/index.php/JASR/article/view/358>
- Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipio de Jardín. (2022). <https://www.eljardin->

antioquia.gov.co/epj/plan-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-municipio

Política para la gestión integral de residuos sólidos [Documento PDF].

https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas_de_la_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_integral_de_1.pdf

Presidencia de la República de Colombia. (2014). Decreto 2695 de 2014. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1875725>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2023). A global treaty to end plastic pollution is in sight. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://www.undp.org/blog/global-treaty-end-plastic-pollution-sight>

Promusa. (2016). Embolsado. <https://www.promusa.org/Embolsado>

PwC. (2024). PwC 2024 voice of the consumer survey. PwC. <https://www.pwc.com/gx/en/news-room/press-releases/2024/pwc-2024-voice-of-consumer-survey.html>

Qiang, T., Chou, Y., & Gao, H. (2019). Environmental impacts of styrene-butadiene-styrene toughened wood fiber/polylactide composites: A cradle-to-gate life cycle assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph16183402>

Ramli, A. H. M., Manaf, L. A., Zulkeflee, Z., & Andriyono, S. (2024). Advancing circular economy approaches in plastic waste management: A systematic literature review in developing economies. *Sustainable Production and Consumption*, 51, 420-431. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.08.018>

Ramli, R. A. (2024). A comprehensive review on utilization of waste materials in wood plastic composite. *Materials Today Sustainability*, 27, 100889. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2024.100889>

Resguardos Indígenas Karmata Rúa. (2015). Plan de vida Karmata Rúa [PDF].

https://antioquia.gov.co/images/PDF2/gerencia-indigena/Documentos_juridicos/PLAN%20DE%20VIDA%20KARMATA%20RUA.pdf

Resolución 0803 del 24 de junio de 2024. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-0803-del-24-de-junio-de-2024/>

Resolución 1407 de 2018. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1407-de-2018/>

Resolución 2184 de 2019. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/resolucion-2184-de-2019/>

Resolución 754 de 2014. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/resolucion-754-de-2014.pdf>

Rodríguez Salas, P. J. (2016). Propuesta de plan de negocios para la implementación de una empresa productora de madera plástica a partir del reciclaje de polietileno de alta densidad y

- otros materiales termoplásticos, Arequipa 2015.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/5285>
- Rojas, T. (2023). Todo sobre el polietileno de alta densidad (HDPE): Usos, ventajas y mercado actual. Plástico.com. <https://www.plastico.com/es/noticias/todo-sobre-el-polietileno-de-alta-densidad-hdpe-usos-ventajas-y-mercado-actual>
- Semana. (2024). Colombia genera cerca de 12 millones de toneladas de basura al año y solo el 17 por ciento es reciclada. Semana.com Últimas Noticias de Colombia y el Mundo. <https://www.semana.com/foros-semana/articulo/colombia-genera-cerca-de-12-millones-de-toneladas-de-basura-al-ano-y-solo-el-17-por-ciento-es-reciclada/202424/>
- Sierra Franco, L. F. (2024). Aplicabilidad de prefabricados de madera plástica en la construcción, como sistema sostenible y eficiente en Bogotá sustituyendo los sistemas normalizados [Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86634>
- Sintraprevi (2024). Salario mínimo legal en Colombia.
<https://www.sintraprevi.org/pdf/indicadores/Salario%20minimo%20legal.pdf>
- Sintraprevi. (2024). Indicadores IPC. <https://www.sintraprevi.org/pdf/indicadores/ipc.pdf>
- Teuber, L., Osburg, V.-S., Toporowski, W., Miltz, H., & Krause, A. (2016). Wood polymer composites and their contribution to cascading utilisation. Journal of Cleaner Production, 110, 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.009>
- Universidad de Antioquia. (2020). Jardín, Antioquia: Caracterización municipal. [PDF]. Universidad de Antioquia. <https://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/7a27a096-6309-4e17-9350-a7a5629d746c/22.+Jardi%CC%81n-dos.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nakH2cx>
- Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2017). Resource recovery from waste: Restoring the balance between resource scarcity and waste overload. Sustainability, 9(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/su9091603>
- Verified Market Research. (2023). Tamaño y pronóstico del mercado de madera de plástico. Verified Market Research. <https://www.verifiedmarketreports.com/es/product/plastic-lumber-market-size-and-forecast/>
- WWF (2023). Madera legal: un mercado lleno de oportunidades para Colombia. https://www.wwf.org.co/?380872%2FMadera-legal-un-mercado-lleno-de-oportunidades-para-Colombia=&utm_source=chatgpt.com
- WWF. (2024). *Un paso clave en la lucha contra la contaminación por plásticos de un solo uso en Colombia*. WWF Colombia. <https://www.wwf.org.co/?389650/plasticos-de-un-solo-uso-prohibidos-Colombia>
- Youssef, A., Abd El-Aziz Shaaban, M., & Hasanin, M. (2021). Compatibility of Polymer/Fiber to Enhance the Wood Plastic Composite Properties and their Applications. Egyptian Journal of Chemistry, 0(0), 0-0. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.81451.4030>

Zhou, N., Dai, L., Lyu, Y., Wang, Y., Li, H., Cobb, K., Chen, P., Lei, H., & Ruan, R. (2022). A structured catalyst of ZSM-5/SiC foam for chemical recycling of waste plastics via catalytic pyrolysis. *Chemical Engineering Journal*, 440, 135836.
<https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.135836>

Anexos

Anexo1. Estudio Financiero del Proyecto (Documento en Excel adjunto)