

**Viabilidad Económica de la Elaboración de Postes con Material Plástico Reciclado en la
ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia**

Nombre de los estudiantes

Yeimi Paola Campos Sánchez ID 260612

María Liliana Rodríguez ID229550

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Orinoquia

Sede Villavicencio (Meta)

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Junio de 2025

Viabilidad Económica de la Elaboración de Postes con Material Plástico Reciclado

en la ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia



Viabilidad Económica de la Elaboración de Postes con Material Plástico Reciclado en la ciudad
de Villavicencio, Meta, Colombia

Yeimi Paola Campos Sánchez ID 260612

María Liliana Rodríguez ID229550

Línea de investigación

Innovaciones sociales y productivas

Sublíneas de Investigación del programa de Especialista en Gerencia de Proyectos

Gestión Organizacional, Económica Y Financiera

Asesor

MBA. Nadel Valera Martínez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Orinoquia

Sede Villavicencio (Meta)

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Junio de 2025

Tabla de contenido

1	Título Del Proyecto	- 8 -
2	Introducción	- 8 -
2.1	Abstract	- 10 -
3	Planteamiento Del Problema	- 12 -
3.1	Antecedentes	- 12 -
3.2	Descripción Del Problema	- 14 -
3.3	Pregunta Problema	- 16 -
4	Justificación	- 16 -
5	Objetivos del Proyecto	- 17 -
5.1	Objetivo General	- 17 -
5.2	Objetivos específicos	- 17 -
6	Matriz De Marco Lógico Del Proyecto	- 17 -
7	Marcos De Referencia	- 19 -
7.1	Marco Teórico	- 19 -
7.2	Marco Conceptual	- 21 -
7.3	Marco Legal	- 23 -
7.4	Marco Geográfico	- 24 -
7.5	Marco Histórico	- 25 -
8	Metodología	- 26 -
8.1	Enfoque De La Investigación	- 26 -
8.2	Diseño De La Investigación	- 26 -
8.3	Población Y Muestra	- 27 -
8.4	Limitaciones Del Estudio	- 27 -
9	Herramientas Para La Recolección De Información	- 28 -
9.1	Técnicas De Análisis	- 29 -
9.2	Técnicas De Recolección De Datos	- 30 -
10	Resultados obtenidos	- 31 -
10.1	Comparación Realizada A Partir De Fuentes Secundarias	- 31 -
10.1.1	Comparación En Términos De Precio, Vida Útil, Durabilidad	- 31 -

10.1.2 Comparación En Términos De Peso	- 33 -
10.2 Información Obtenida A Partir De Fuentes Primarias	- 35 -
10.2.1 Preferencias Y Percepciones	- 35 -
10.2.2 Comparación Entre Tipos De Postes De Acuerdo Con Percepción De Los Diferentes Actores	- 37 -
10.2.3 Factores de decisión de compra	- 39 -
10.2.4 Factores de sostenibilidad	- 41 -
10.3 Descripción Del Proceso Productivo Bajo El Modelo De Las 6M	- 43 -
10.3.1 Método	- 44 -
10.3.1.1 Etapa De Lavado Y Trituración.	- 45 -
10.3.1.2 Etapa De Secado Y Homogeneización.	- 46 -
10.3.1.3 Etapa De Modelamiento Por Extrusión E Inyección.	- 46 -
10.3.2 Maquinaria	- 48 -
10.3.2.1 Molino Triturador De Plástico.	- 49 -
10.3.2.2 Extrusora.	- 50 -
10.3.2.3 Moldes.	- 52 -
10.3.3 Mano De Obra	- 52 -
10.3.3.1 Mano De Obra Indirecta	- 53 -
10.3.3.2 Mano De Obra Directa	- 53 -
10.3.4 Materiales	- 53 -
10.3.4.1 Tipos De Plástico.	- 53 -
10.3.5 Medio Ambiente	- 54 -
10.3.6 Mediciones	- 55 -
10.3.6.1 Mediciones En El Proceso De Elaboración	- 56 -
10.3.6.2 Mediciones Financieras	- 56 -
10.4 Evaluación De Rentabilidad Financiera	- 58 -
10.4.1 Inversión Inicial	- 58 -
10.4.2 Ingresos Proyectados	- 59 -
10.4.3 Egresos Proyectados	- 62 -
10.4.3.1 Costos Financiero	- 62 -

10.4.3.2 Costos De Nómina	- 62 -
10.4.3.3 Estructura De Costos	- 64 -
10.4.3.3.1 Estructura De Costos Año 1 Escenario Pesimista Año 1	- 65 -
10.4.3.3.2 Estructura De Costos Año 1 Escenario Moderado Año 1	- 66 -
10.4.3.3.3 Estructura De Costos Año 1 Escenario Optimista Año 1	- 68 -
10.4.4 Flujo De Caja Proyectado	- 70 -
10.4.4.1 Flujo De Caja Proyectado Escenario Pesimista	- 70 -
10.4.4.2 Flujo De Caja Proyectado Escenario Moderado	- 71 -
10.4.4.3 Flujo De Caja Proyectado Escenario Optimista	- 73 -
10.4.5 Valor Presente Neto VPN	- 74 -
10.4.6 Tasa Interna De Retorno TIR	- 77 -
10.4.7 WACC (Weighted Average Cost of Capital o Costo Promedio Ponderado de Capital)	- 80 -
10.4.8 Comparación TIR - WACC)	- 82 -
11 Conclusiones	- 83 -
11 Recomendaciones	- 84 -
13 Bibliografía	- 86 -

Índice de Tablas

Tabla 1 Matriz de marco lógico del presente proyecto	- 18 -
Tabla 2 <i>Comparación de precios, vida útil y durabilidad de los postes en madera, concreto y plástico reciclado</i>	- 32 -
Tabla 3 Comparación de peso por metro lineal en postes de concreto, madera y material plástico reciclado.....	- 34 -
Tabla 4 Preferencias y percepciones de los postes en concreto, madera y reciclados	- 35 -
Tabla 5 Comparación de postes de acuerdo con percepción de los diferentes actores	- 37 -
Tabla 6 Factores que influyen en la decisión de compra de postes	- 39 -
Tabla 7 Opinión de impacto ambiental y aporte a la economía circular.....	- 41 -
Tabla 8 Mediciones en el proceso de elaboración	- 56 -
Tabla 9 Mediciones financieras	- 57 -
Tabla 10 Inversión inicial	- 58 -
Tabla 11 Costos de materiales y equipos.....	- 59 -
Tabla 12 Ingresos proyectados.....	- 60 -
Tabla 13 Ingresos proyectados a 5 años en distintos escenarios.....	- 61 -
Tabla 14 Costos financieros de préstamo inversión inicial.....	- 62 -
Tabla 15 Personal proyectado en diferentes escenarios.....	- 63 -
Tabla 16 Costo de nómina proyectada a 5 años en diferentes escenarios.....	- 64 -
Tabla 17 Costos año 1 en escenario pesimista.....	- 65 -
Tabla 18 Costos año 1 en escenario moderado.....	- 66 -
Tabla 19 Costos año 1 en escenario optimista	- 68 -
Tabla 20 Flujo de caja proyectado escenario pesimista.....	- 70 -
Tabla 21 Flujo de caja proyectado escenario moderado	- 72 -
Tabla 22 Flujo de caja proyectado escenario optimista	- 73 -
Tabla 23 VPN en diferentes escenarios	- 75 -
Tabla 24 VPN proyectado a 5 años en diferentes escenarios	- 76 -
Tabla 25 TIR proyectada a 5 años en escenario pesimista	- 77 -
Tabla 26 TIR proyectada a 5 años en escenario moderado.....	- 78 -
Tabla 27 TIR proyectada a 5 años en escenario optimista.....	- 79 -
Tabla 28 Datos para el cálculo de WACC	- 81 -
Tabla 29 Cálculo de WACC	- 81 -
Tabla 30 Comparación TIR vs WACC.....	- 82 -

Índice de figuras

Figura 1	Preferencias y percepción de diferentes actores (en porcentaje).....	- 36 -
Figura 2	Factores que influyen en la decisión de compra de postes.....	- 40 -
Figura 3	Opinión de impacto ambiental y aporte a la economía circular	- 42 -
Figura 4	Etapas del proceso de fabricación de postes con material plástico reciclado	- 44 -
Figura 5	Actividades para el proceso de fabricación de postes con material plástico reciclado- 48 -	
Figura 6	Molino triturador De Plástico Pc-180	- 50 -
Figura 7	Componentes de una maquina extrusora.....	- 51 -
Figura 8	Maquina extrusora.....	- 51 -
Figura 9	Organigrama de la empresa.....	- 52 -

1 Título Del Proyecto

Viabilidad Económica de la Elaboración de Postes con Material Plástico Reciclado en la ciudad de Villavicencio Meta, Colombia.

2 Introducción

La creciente acumulación de residuos plásticos representa uno de los desafíos ambientales más críticos del siglo XXI, especialmente en contextos urbanos donde el crecimiento poblacional y la demanda de productos de un solo uso han intensificado la generación de desechos. En respuesta a esta problemática, la economía circular se plantea como un modelo alternativo al esquema lineal de producción, promoviendo la reutilización y valorización de materiales posconsumo. En Colombia, donde aproximadamente el 10,78 % de los residuos sólidos urbanos corresponde a plásticos (ZAPATA & BRAVO, 2021), la exploración de soluciones productivas que permitan transformar estos residuos en insumos útiles cobra relevancia estratégica. Bajo este marco, el uso de plásticos reciclados como materia prima para elementos estructurales, tales como postes, emerge como una alternativa técnica y económicamente viable.

Desde una perspectiva metodológica, este proyecto se inscribe en un enfoque cuantitativo y descriptivo con componentes evaluativos, orientado a valorar la viabilidad económica de la fabricación de postes a partir de materiales plásticos reciclados (PET, HDPE, PVC) en la ciudad de Villavicencio. Se contempla un diseño de investigación de tipo aplicado, con carácter descriptivo-comparativo, que permite analizar factores técnicos,

económicos y de mercado frente a los postes tradicionales fabricados en madera o concreto. A través de la recolección de datos primarios (entrevistas, encuestas) y secundarios (revisión documental), se integran variables como costos de producción, comportamiento de mercado, rentabilidad proyectada, disponibilidad de materia prima y eficiencia operativa.

El estudio se fundamenta en antecedentes nacionales e internacionales que han demostrado la viabilidad técnica del uso de polímeros reciclados en la producción de elementos constructivos, como lo evidencian casos documentados en Argentina (ARCE BASTIAS, 2022) y Brasil (CAZELLA, 2024), donde la elaboración de postes y tableros con PET ha mostrado beneficios económicos y ambientales. Así mismo, autores como (KIANFAR, 2024) y (RAMESH, 2022) destacan la reutilización de estos materiales como una estrategia efectiva en la transición hacia modelos industriales sostenibles, al reducir la dependencia de recursos vírgenes y generar nuevos productos con propiedades técnicas comparables a materiales convencionales. Estos antecedentes justifican la pertinencia del presente estudio en el contexto local de Villavicencio, donde confluyen condiciones favorables como la existencia de asociaciones recicladoras, acceso a materias primas y necesidades específicas de infraestructura liviana en sectores agroindustriales.

El propósito central de esta investigación es evaluar si la implementación de una planta de producción de postes fabricados con plástico reciclado resulta económicamente viable en Villavicencio, tomando en cuenta las proyecciones de costos e ingresos durante

un periodo de cinco años. Para ello, se aplicará un análisis financiero integral que incluye la estimación del Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el punto de equilibrio y el WACC, con base en escenarios pesimista, moderado y optimista. Al integrar estos componentes, el estudio no solo pretende validar la factibilidad del modelo productivo propuesto, sino también ofrecer insumos concretos para el diseño de políticas públicas, emprendimientos productivos y estrategias de economía circular que contribuyan al desarrollo sostenible en la región.

2.1 Abstract

The growing accumulation of plastic waste represents one of the most pressing environmental challenges of the 21st century, especially in urban settings where demographic expansion and mass consumption of single-use products have intensified waste generation. In this context, the circular economy emerges as a sustainable alternative to the linear production model, promoting the valorization of post-consumer materials. In Colombia, where approximately 10.78% of municipal solid waste consists of plastics (Zapata & Bravo, 2021), it becomes essential to explore productive alternatives that transform these residues into useful inputs. This study evaluates the economic feasibility of manufacturing structural posts using recycled plastics (PET, HDPE, PVC) in the city of Villavicencio, Meta.

The research adopts a quantitative-descriptive approach, complemented by evaluative and comparative analyses, to examine the technical, economic, and logistical

conditions of the proposed production model compared to traditional materials such as wood or concrete. Primary sources (interviews and surveys) and secondary sources (documentary review) were used to analyze variables such as raw material availability, transformation costs, local market behavior, and financial profitability.

The analysis is supported by national and international precedents that have demonstrated the effectiveness of mechanical recycling for producing posts and boards, such as cases in Argentina (Arce Bastias, 2022) and Brazil (Cazella, 2024), as well as studies that highlight the positive impact of these processes on sustainability and industrial competitiveness (Kianfar, 2024; Ramesh, 2022). These references validate the relevance of the study in a city like Villavicencio, which features robust logistics infrastructure, growing agro-industrial activity, and active recycling associations.

Finally, a comprehensive financial analysis was developed, including five-year projections of Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), break-even point, and Weighted Average Cost of Capital (WACC) under different scenarios. The results aim to determine whether implementing a production plant for recycled plastic posts is economically viable and environmentally sustainable, offering valuable insights for public policy development, circular business models, and the adoption of clean technologies in the local context.

3 Planteamiento Del Problema

3.1 Antecedentes

E El crecimiento exponencial de los residuos plásticos representa un desafío global que ha impulsado el desarrollo de estrategias basadas en la economía circular, orientadas al reciclaje, la reutilización y la valorización de materiales. Se estima que para el año 2015 se habían generado cerca de 6.300 millones de toneladas de residuos plásticos, de los cuales solo el 9 % fue reciclado, un 12 % incinerado y el 79 % restante acumulado en rellenos sanitarios o disperso en el ambiente (GEYER & JAMBECK, 2020). Este bajo índice de reciclaje evidencia la urgencia de implementar soluciones técnicas y económicas para mejorar la gestión posconsumo del plástico. Una de las alternativas más viables es la transformación de estos residuos en nuevos productos, agregándoles valor y promoviendo su reutilización, especialmente en sectores como la construcción.

Investigaciones recientes han demostrado que la reutilización de polímeros reciclables es altamente beneficiosa, siempre que se empleen de manera extendida en la fabricación de productos como tableros de polímero-madera o elementos de concreto (KIANFAR, 2024). Entre los materiales con mayor potencial se encuentra el PET (Tereftalato de Polietileno), ampliamente reconocido por sus propiedades físicas que ofrecen resistencia y durabilidad, aunque su disposición inadecuada genera impactos ambientales significativos. Casos exitosos se han documentado en Argentina, donde los residuos plásticos han sido transformados en postes mediante reciclaje mecánico, evitando así el uso de materia prima virgen (ARCE BASTIAS, 2022). De igual forma, en Brasil, la

elaboración de tableros aglomerados con PET reciclado ha demostrado una importante viabilidad económica y una destacada contribución ambiental (CAZELLA, 2024). Estos desarrollos validan que el reemplazo de madera por polímeros reciclados no solo cumple con los estándares técnicos, sino que además reduce el uso de resinas vírgenes, evidenciando la factibilidad técnica y de mercado de estos productos.

En este sentido, (RAMESH, 2022) destaca que utilizar materiales reciclados basados en madera para fabricar compuestos polímero-madera resulta altamente viable y contribuye a una economía circular mejorada, además de ahorrar materias primas vírgenes. En el contexto colombiano, donde se generan cerca de 12 millones de toneladas anuales de residuos sólidos urbanos, de los cuales aproximadamente el 10,78 % corresponde a plástico (ZAPATA & BRAVO, 2021), existe un alto potencial para fomentar el aprovechamiento de este material. Aunque la tasa de reciclaje formal en el país sigue siendo baja, se reconoce una oportunidad clave para fortalecer modelos circulares que incentiven la recolección y transformación de plásticos. Productos como la madera plástica, fabricados a partir de HDPE o PET reciclado, presentan ventajas en resistencia, durabilidad y bajos costos de mantenimiento. Sin embargo, la viabilidad económica de implementar plantas de producción depende de variables como el costo de la materia prima reciclada, la tecnología, los precios de insumos y la demanda del mercado. A pesar de que el costo inicial del procesamiento de materiales reciclados puede ser alto, el uso extensivo de estos polímeros genera beneficios económicos netos frente a los materiales vírgenes (KIANFAR, 2024), y,

como concluye (CAZELLA, 2024), se puede alcanzar una alta rentabilidad si se optimizan las formulaciones y se reduce el uso de aglutinantes

3.2 Descripción Del Problema

En la ciudad de Villavicencio se requieren iniciativas que promuevan el aprovechamiento de los plásticos como el PET, PVC o HDPE para la fabricación de postes teniendo en cuenta las propiedades de estos materiales y su potencial estructural ampliamente comprobado. Tradicionalmente, los postes utilizados en diversas aplicaciones —tanto en zonas rurales como urbanas— han sido fabricados principalmente en madera, hormigón (concreto armado) o acero. Si bien estos materiales ofrecen resistencia y durabilidad, también presentan limitaciones relacionadas con el costo, el impacto ambiental y la disponibilidad, especialmente en contextos donde se busca una infraestructura más sostenible, liviana y de bajo mantenimiento.

En este sentido, la transición hacia postes fabricados a partir de plásticos reciclados resulta pertinente y estratégica. Por un lado, permite reducir la dependencia de recursos naturales no renovables como la madera o el cemento, y por otro, ofrece una solución a la creciente acumulación de residuos plásticos que afectan el entorno local. Los plásticos como el HDPE o el PET, cuando son adecuadamente transformados, poseen propiedades de resistencia, durabilidad frente a la intemperie, y flexibilidad estructural, que los hacen

competitivos frente a los materiales tradicionales, especialmente para aplicaciones que no requieren carga estructural elevada.

Además, los postes fabricados con plásticos reciclados tienen múltiples y variados usos en sectores clave para la región. En el sector agrícola y ganadero, pueden ser utilizados como cercas divisorias, soportes para cultivos, establos livianos, o sistemas de conducción eléctrica. En el sector de infraestructura liviana y urbana, estos postes pueden funcionar como delimitadores viales, señalización, soportes para luminarias solares, mobiliario urbano, elementos paisajísticos, o barreras de contención.

Este aprovechamiento representa una oportunidad para reducir el volumen de los residuos, así como el volumen de los residuos aprovechados y diversificar los insumos disponibles para los sectores agrícola, ganadero y de infraestructura liviana. La presente propuesta pretende estructurar las bases para una solución innovadora en el manejo de residuos sólidos plásticos y a la vez ofrecer una alternativa funcional y duradera para los sectores agrícola ganadero y la construcción los cuales requieren de insumos resistentes, duraderos y sostenibles.

Es indispensable realizar una investigación que permita analizar los costos y beneficios económicos de implementar estas iniciativas de producción, con el fin de examinar de manera integral la viabilidad económica de fabricar los postes a partir de material plástico reciclado, realizando una revisión relacionada con el acceso a las materias

primas, la tecnología disponible y necesaria, los costos de producción, el mercado objetivo y los beneficios económicos a corto mediano y largo plazo.

3.3 Pregunta Problema

¿Es económicamente viable la elaboración de postes con material plástico reciclado en la ciudad de Villavicencio, Meta?

4 Justificación

La presente investigación se justifica desde una perspectiva económica que permitirá determinar si la elaboración de postes a partir de material plástico reciclable es una alternativa rentable y sostenible en el contexto productivo de la ciudad de Villavicencio.

La evaluación de viabilidad económica permitirá establecer los costos reales de producción, las proyecciones de rentabilidad, así como los posibles márgenes de ganancia en un mercado local y regional.

También permitirá identificar los recursos disponibles, la infraestructura tecnológica y el capital humano necesarios para desarrollar esta iniciativa de manera eficiente y sostenible a largo plazo.

5 Objetivos del Proyecto

5.1 Objetivo General

Evaluar la viabilidad económica de la elaboración de postes utilizando materiales plásticos reciclados en la ciudad de Villavicencio, Meta, mediante la proyección de costos e ingresos durante un período de cinco años.

5.2 Objetivos específicos

- Establecer los factores comparativos de los postes fabricados con material reciclable frente a los postes tradicionales (madera, concreto) en términos de costo y durabilidad.
- Desarrollar el estudio técnico para la producción de postes con material plástico reciclado en el municipio de Villavicencio.
- Evaluar la rentabilidad financiera mediante una proyección de costos e ingresos durante un período de cinco años.

6 Matriz De Marco Lógico Del Proyecto

La matriz del marco lógico es una herramienta metodológica que permite estructurar de manera clara y coherente los elementos esenciales de un proyecto. En este

caso, se ha diseñado una matriz de marco lógico organizando los objetivos del proyecto en diferentes niveles (fin, propósito, componentes y actividades) estableciendo indicadores verificables, su respectivo medio de verificación y los supuestos clave que podrían condicionar su ejecución.

A continuación, se presenta la MML correspondiente al proyecto de evaluación de viabilidad económica para la producción de postes con material plástico reciclado en la ciudad de Villavicencio, Meta.

Tabla 1

Matriz de marco lógico del presente proyecto

Nivel	Descripción	Indicadores Verificables Objetivamente	Medios de Verificación	Supuestos
Fin	Contribuir a la sostenibilidad ambiental y a la economía circular en Villavicencio mediante la reutilización de residuos plásticos.	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento del número de productos elaborados con materiales reciclados en el municipio. - Disminución del volumen de plásticos en el relleno sanitario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Informes de gestión ambiental. - Estadísticas de residuos del municipio. - Informes de asociaciones de recicladores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de políticas públicas que promuevan la economía circular. - Apoyo institucional y social para iniciativas sostenibles.
Propósito	Evaluar la viabilidad económica de producir postes con plástico reciclado como insumo estructural alternativo.	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio técnico-financiero elaborado. - Proyección de costos e ingresos para su fabricación a cinco años - Comparación de costos con postes tradicionales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Documento técnico validado. - Análisis financiero final - Entrevistas y encuestas realizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a datos técnicos y financieros confiables. - Participación de actores locales.

Componentes	1. Diagnóstico técnico de los materiales plásticos reciclados (PET, HDPE, PVC) . Proyección de costos e ingresos para su fabricación.	- Características mecánicas y técnicas de los postes documentadas. - Tamaño de mercado potencial identificado. - Rentabilidad proyectada positiva en al menos un escenario (optimista o conservador).	- Fichas técnicas de materiales. - Encuestas, entrevistas. - Hojas de cálculo y simulaciones financieras.	- Viabilidad técnica comprobada. - Existencia de demanda suficiente. - Estabilidad de costos en el corto plazo.
Actividades	- Revisión documental y análisis bibliográfico . - Identificación y análisis de experiencias exitosas (casos de Argentina, Brasil, Colombia).- Aplicación de encuestas y entrevistas a expertos. - Diseño del modelo financiero y análisis de escenarios.	- Número de fuentes consultadas (>215.- Número de encuestas y entrevistas realizadas (>10).- Escenarios financieros construidos (mín. 3: optimista, conservador, pesimista).	- Registro de revisión documental. - Resultados de encuestas. - Informe financiero con análisis de sensibilidad.	- Acceso a actores clave. - Disposición de tiempo y recursos humanos - Herramientas de análisis disponibles y adaptadas al contexto.

Fuente: Elaboración propia

7 Marcos De Referencia

7.1 Marco Teórico

El modelo de economía circular se ha desarrollado como alternativa para el aprovechamiento de recursos regenerativos, Que permiten reducir al mínimo la generación de residuos. En lugar del esquema lineal “extraer–producir–desechar”, se propone un sistema en el que los productos y materiales mantienen su valor el mayor tiempo posible (PLANEACIÓN, 2016) lo que indica que la transición entre el modelo lineal y el modelo circular requiere la “captura de valor en los ciclos cercanos” evitando el tratamiento de los materiales como simples desechos.

Este enfoque se alinea con los principios de desarrollo sostenible, debido a la integración de los objetivos económicos sociales y ambientales que permiten promover la eficiencia en el uso de los recursos limitados. En una economía circular se regeneran recursos dentro del ciclo biológico o se recuperan a través del ciclo técnico, creando valor sin agotar los recursos (DNP, 2016), en el contexto de la gestión de residuos sólidos en la teoría que sustenta mayor jerarquía e importancia en términos de prevención, reutilización y reciclaje es la economía circular, con base en que el reciclaje se centra en el reproceso de materiales usados para ser reincorporados en nuevos procesos productivos. El reto relacionado con los residuos plásticos es de inminente prioridad; En Colombia, por ejemplo, sólo se aprovecha cerca del 17 % de los residuos urbanos y los plásticos representan alrededor del 14 % del total (MADS, 2015).

Estudios en Colombia, como el realizado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, muestran que el reciclaje de plásticos utilizados para materiales estructurales es viable; Por ejemplo, la madera plástica reciclada –un material compuesto de polímeros post-consumo– se ha empleado exitosamente en suelos, tarimas, muebles exteriores y postes, sustituyendo maderas tradicionales y desviando plástico de vertederos (UNIVERSIDAD DE CALDAS., 2018) al respecto, se han documentado que mezcla de plásticos recuperados (PET, HDPE, PVC, u otros materiales similares) Al integrarlos con fibras u otros aditivos pueden convertirse en materias primas para la generación de nuevos productos que presentan propiedades mecánicas y técnicas que se pueden comparar con la

madera o incluso con el concreto. Estos antecedentes permiten un soporte teórico para la idea de fabricar postes con plástico recuperado como alternativa sostenible.

7.2 Marco Conceptual

Desarrollo de la presente propuesta se emplearán los siguientes conceptos:

- **Economía circular:** Modelo económico que busca maximizar el valor de los productos, materiales y recursos manteniéndolos dentro del ciclo productivo el mayor tiempo posible, reduciendo la extracción de recursos y la generación de residuos (PLANEACIÓN, 2016)
- **Reciclaje:** comprendido como un proceso de recuperación de residuos sólidos, Que se transforman con procesos mecánicos o químicos para reintroducirlos en la cadena productiva. Durante este proceso se establecen actividades como el acopio, clasificación, limpieza y reprocesamiento de materiales.
- **Plástico reciclado:** polímero secundario que se obtiene a partir del proceso de residuos plásticos posconsumo. El plástico reciclado puede hacer referencia a PET (Polietileno Tereftalato) reciclado o HDPE (High Density Polyethylene en inglés, que se traduce al español como Polietileno de Alta Densidad) reciclado etc. Su clasificación depende del tipo de resina de inicio. El plástico reciclado contribuye a la reducción de residuos y la sustitución de uso de materias primas virgen.

- **Residuos sólidos:** inateriales u objetos que para los usuarios iniciales ya ha dejado de ser útil, En este tipo de residuos sólidos podemos encontrar diversas fuentes cómo residuos domiciliarios (basura doméstica), residuos industriales, comerciales e inertes.
- **Postes ecológicos (postes de plástico reciclado):** elementos estructurales elaborados total o parcialmente a partir de plásticos reciclados; estos postes ostentan propiedades de resistencia a la intemperie y larga vida útil.
- **Sostenibilidad:** es un principio que se fundamenta en la búsqueda de la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer los recursos para las generaciones futuras. Se relaciona con la triple línea de base (económica, social y ecológica) (ELKINGTON, 1997) además, promueven proyectos que sean socialmente beneficiosos y ambientalmente responsables.
- **PET:** (polietileno tereftalato): Termoplástico rígido y transparente, usado en envases de alimentos y bebidas (botellas), empaques tipo blister, y fibras textiles.
- **HDPE:** (polietileno de alta densidad): Termoplástico duro y resistente, utilizado en jarras para leche, envases químicos, tuberías y geomembranas.

- **PVC:** (policloruro de vinilo): Plástico rígido (o flexibilizado) resistente al fuego, usado en tuberías de agua, perfiles de construcción (ventanas, marcos), revestimientos y cables eléctricos.

7.3 Marco Legal

Entre las políticas sectoriales, el CONPES 3874 de 2016 Departamento Nacional de Planeación allí se define la política nacional de residuos sólidos, la cual se encuentra enfocada en promover la transición gradual a la economía circular, Este documento oficial señala explícitamente que la economía circular busca mantener el valor de los productos el mayor tiempo posible y vincula su promoción con la gestión de residuos sólidos (PLANEACIÓN, 2016) Bajo la misma línea de sostenibilidad en el año 2018 el CONPES 3934 establece la Política de Crecimiento Verde en Colombia, que incorpora la economía circular como eje estratégico de desarrollo sostenible (DNP, 2018).

Con el fin de minimizar el impacto ambiental en Colombia se han expedido normas técnicas que promueven la reducción de plásticos de un solo uso; en el 2024 se inició la implementación de la ley 2232 del 2022, la cual reglamentó la eliminación gradual de diversos productos plásticos desechables (de un solo uso).

En el contexto local de la ciudad de Villavicencio de acuerdo con información de la misma alcaldía de la ciudad, la ciudad dispone de al menos 15 asociaciones de recicladores formalizados a las que los ciudadanos pueden entregar sus residuos

aprovechables (VILLAVICENCIO, 2021) en el mismo sentido el plan de ordenamiento territorial del municipio incorpora estrategias de gestión de residuos (MINAMBIENTE, 2015)

Este marco legal nacional y local incentiva el reciclaje de plásticos y la economía circular, como base fundamental para iniciativas de productividad como la propuesta de postes de plástico reciclado.

7.4 Marco Geográfico

Villavicencio es la ciudad capital del departamento del meta ubicado en la región de la Orinoquía colombiana; este municipio es el de mayor densidad poblacional del departamento (aproximadamente 558.000 habitantes para el año 2024). En esta ciudad se concentran actividades comerciales de servicio logístico (intercomunica el centro del país con los municipios y departamentos del llano) y la proximidad a centros productivos (petróleo, agroindustria) ofrece condiciones logísticas adecuadas para el transporte de materias primas recicladas y productos terminados. Actualmente se encuentra fortaleciendo el desarrollo turístico en su región, situación que implica enfrentar retos ambientales propios del crecimiento urbano y turístico.

La infraestructura de gestión de recursos en Villavicencio incluye el relleno sanitario San Juan Bosco, operado por la empresa Bioagrícola del Llano. Qué cuenta con la capacidad para la recolección de los residuos urbanos de la ciudad. En el mismo sitio se

estableció el Parque Ecológico Reciclante del Meta, diseñado para clasificación de reciclables, compostaje de orgánicos y acopio de materiales (POVEDA, 2015)

7.5 Marco Histórico

En Colombia la gestión de recursos plásticos ha evolucionado sustancialmente en las últimas décadas, considerando que a finales del siglo XX se formalizaron las empresas de aseo a partir de la ley 142 de 1994, y las primeras políticas ambientales. Para la primera década del 2000 se impulsaron los planes de gestión de residuos a nivel municipal; en el 2013 se expide la ley 672 la cual establece que el Gobierno Nacional creará el Comité Nacional de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) como órgano consultor del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS); para el año 2016 el CONPES 3874 estableció la política nacional de residuos sólidos con visión circular.

Específicamente En materia de plásticos, en 2018 el Gobierno lanzó la Política de Desarrollo Verde (CONPES 3934) alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, promoviendo la economía circular (DNP, 2018).

Actualmente en Colombia existen empresas que producen postes a partir de siglos plásticos reciclables, estas iniciativas responden a las tendencias globales como el posconsumo y los procesos de innovación. A nivel local, el reciclaje en Villavicencio ha sido impulsado por organizaciones de base: por ejemplo, los recicladores de oficio se organizaron en cooperativas (BOLAÑOS-BRICEÑO, 2018).

Este marco enlaza los avances legales y tecnológicos en el área del reciclaje con la propuesta de fabricar postes ecológicos, considerando su pertinencia y oportunidad en el contexto colombiano y local actual.

8 Metodología

8.1 Enfoque De La Investigación

Para el desarrollo de la presente propuesta se realizará con un enfoque cuantitativo y descriptivo, teniendo en cuenta que se basará en mediciones numéricas de costo durabilidad y otros parámetros de los postes y la caracterización detallada de sus propiedades. Además, se incorporará un componente evaluativo que permita valorar los resultados y recursos invertidos para realizar la comparación entre postes plásticos versus los postes tradicionales, con el fin de definir la eficacia y beneficios de cada uno de ellos. La combinación de los enfoques cuantitativo y descriptivo permitirán obtener datos objetivos y completos sobre el desempeño y la viabilidad de la producción de los postes plásticos.

8.2 Diseño De La Investigación

El diseño de la investigación fue de tipo aplicado, teniendo en cuenta que se buscó soluciones viables y prácticas al problema planteado; se combinarán aspectos descriptivo-comparativo que permitan describir los factores relevantes (costos durabilidad características, técnicas de producción). Este planteamiento descriptivo-comparativo es

apropiado para analizar diferencias y condiciones concretas que proporcionan información relevante para la toma de decisiones prácticas.

8.3 Población Y Muestra

La población objeto del estudio incluye actores claves en Villavicencio vinculados a los relacionados con la adquisición de materia prima, producción y uso de los postes. Teniendo en cuenta la factibilidad y la disponibilidad de recursos se implementará un muestreo por conveniencia, lo que permitirá conformar la muestra con aquellos participantes que se relacionan directamente con el proyecto y que sean accesibles y dispuestos a colaborar, sin que esto implique una representatividad estadística completa.

8.4 Limitaciones Del Estudio

Es importante reconocer algunas limitaciones que pueden influir en el alcance de los resultados del presente proyecto como lo son:

- La disponibilidad y confiabilidad de la información secundaria, teniendo en cuenta que algunos datos técnicos algunos datos técnicos o financieros pueden no estar actualizados o los mismos hayan sido generados a partir de análisis o investigaciones en contextos distintos a los que se presentan en la ciudad de Villavicencio.
- La representatividad de la muestra, teniendo en cuenta que para el presente proyecto se utiliza un muestreo por conveniencia por lo que los resultados obtenidos en entrevistas

no necesariamente reflejan el comportamiento o percepción de toda la población objetivo.

- Factores externos no controlables, como la variación de precios de la materia prima, la disponibilidad de la tecnología para los procesos de producción, así como cambios normativos podría modificar las condiciones debía habilidad que se proyecten en el presente análisis.
- Limitaciones presupuestarias y de tiempo, las cifras y el tiempo del proyecto se encuentran sujetos a disponibilidad de recursos y tiempos limitados que pueden restringir la profundidad del análisis O la aplicación de herramientas más robustas de validación de la información.

El reconocimiento de estas limitaciones no representa una debilidad para el estudio, sino que permite enmarcar adecuadamente los resultados y aporta elementos para futuras investigaciones que se puedan interesar en ampliar o profundizar los aspectos abordados.

9 Herramientas Para La Recolección De Información

Con el fin de dar respuesta a los objetivos planteados en la presente propuesta se tiene previsto utilizar diversas herramientas técnicas y metodológicas que combinan

fuentes primarias y que secundarias; a continuación, se detallan las principales técnicas de análisis y técnicas de recolección previstas:

9.1 Técnicas De Análisis

- **Análisis comparativo:** Se examinarán las características claves de costo de producción, vida útil, resistencia, entre otros de los postes de plástico reciclado frente a los postes de madera. Lo anterior con el fin de establecer similitudes y diferencias entre estos.
- **Análisis técnico:** se evaluarán procesos productivos y tecnológicos disponibles para la transformación de la materia prima, también los requisitos de infraestructura y maquinaria. Este análisis estará fundamentado en literatura especializada y aporte de expertos en el tema.
- **Análisis financiero:** se elaborará una proyección de costos e ingresos a 5 años en el cual se integrarán los ingresos estimados por ventas de postes y los egresos por materia prima, mano de obra, transporte, mantenimiento y otros costos operativos que se puedan identificar durante el desarrollo de la presente propuesta; lo anterior permitirá avalar la viabilidad económica del proyecto.

9.2 Técnicas De Recolección De Datos

- **Análisis documental (fuentes secundarias):** consistente en la revisión de informes técnicos, publicaciones especializadas, estudios académicos y documentaciones empresariales o gubernamentales relacionadas con los postes plásticos, lo que proporcionará información de base sobre costos durabilidad y tecnologías.
- **Entrevistas a expertos y actores locales:** la realización de entrevistas semiestructuradas con expertos y actores permitirá obtener datos cuantitativos y validar aspectos técnicos como la viabilidad de los procesos productivos a partir de experiencias previas que permitirán identificar barreras y oportunidades basados en conocimientos prácticos adicionales al análisis documental.
- **Encuestas por conveniencia:** en el caso en el que se identifique la necesidad de superar vacíos de información o para obtener opiniones de usuarios potenciales (campesinos, empresas, entidades locales) se podrían aplicar encuestas breves dirigidas a participantes accesibles y dispuestos a colaborar; estas encuestas ayudarán a cuantificar la percepción y/o las necesidades específicas relacionadas con los postes reciclados.

La articulación de las técnicas de recolección de datos ya enunciadas garantiza un análisis riguroso y exhaustivo de los factores comparativos, el proceso técnico y

productivo, y la viabilidad financiera de los postes de material plástico reciclado en Villavicencio.

10. Resultados obtenidos

10.1 Comparación Realizada A Partir De Fuentes Secundarias

La presente comparación con base en información técnica proveniente de fuentes secundarias, como lo son las fichas de productos de proveedores nacionales, estudios académicos y publicaciones especializadas. Esta metodología permitió establecer parámetros de referencia con fiables sobre aspectos claves como el precio, vida útil, durabilidad y el peso de los postes fabricados en concreto, madera tratada y plástico reciclado.

Si bien no se realizaron pruebas de campo, la revisión documental realizada ofrece información detallada y representativa que sirve como insumo para la valoración de los aspectos que se comparan a continuación en el contexto colombiano.

10.1.1 *Comparación En Términos De Precio, Vida Útil, Durabilidad*

La siguiente tabla contiene una comparación técnica de postes de madera, concreto y plástico reciclado (HDPE/PET) en cuanto a precio aproximado por poste, vida útil estimada (años) y durabilidad cualitativa. Los valores numéricos se basan en fuentes secundarias.

En los aspectos en los cuales no se han encontrado cifras exactas se ha incluido una valoración cualitativa (Alta/Media/Baja) con relación a la durabilidad inherente de cada material.

Tabla 2

Comparación de precios, vida útil y durabilidad de los postes en madera, concreto y plástico reciclado

Material	Precio aproximado por poste en pesos colombianos	Vida útil estimada (años)	Durabilidad (cualitativa)
Madera tratada	40.000 -70.000	20–30	Media (se pudre con el tiempo)
Concreto	43.000- 55.000	30–50	Alta (muy resistente)
Plástico recicl. (HDPE/PET)	45.000-75.000	>50	Alta (inmune a putrefacción)

Fuente: Elaboración propia

Los postes de madera tratados suelen ser los más económicos (ECOREVIVE, 2025) seguidos de los de concreto. Los postes de plástico reciclado HDPE/PET suelen tener precio inicial más alto (ECOREVIVE, 2025), aunque varía según fabricación.

Con relación a La madera tratada (pino autoclave, etc.) dura típicamente 20–30 años (HERNANDEZ, 2025). Los postes de concreto armado resisten en promedio 30–50 años (CEMENTOS TORICES, 2025) . Los postes de plástico reciclado ofrecen la mayor longevidad (superior a 50 años) (ECOREVIVE, 2025) ya que no se pudren ni corroen.

En términos de durabilidad Se asigna Alta al concreto y al plástico reciclado, pues el concreto mantiene la integridad estructural por décadas (CONTEXTO GANADERO, 2024) y el plástico no se degrada ni ataca por insectos (ECOREVIVE, 2025). La madera es Media debido a su susceptibilidad a la pudrición y plagas (HERNANDEZ, 2025).

10.1.2 Comparación En Términos De Peso

Uno de los factores determinantes en la selección de postes es el peso, la importancia del peso influye directamente en los costos de transporte, El almacenamiento (forma y área necesario), la facilidad de instalación y la necesidad de equipos especializados. La comparación entre postes de concreto, madera tratada y plástico reciclado (principalmente HDPE o PET) permite identificar ventajas logísticas y operativas de acuerdo al tipo de uso y las condiciones de terreno. En contextos rurales como los del municipio de Villavicencio, en donde la accesibilidad y la infraestructura debías pueden ser limitadas, optar por postes elaborados a partir de materiales livianos puede representar una ventaja significativa. A continuación, se presentan los valores promedio de peso por metro lineal de cada tipo de poste, con base en datos técnicos y referencias comerciales del mercado colombiano.

Tabla 3

Comparación de peso por metro lineal en postes de concreto, madera y material plástico reciclado

Material	Dimensiones comunes	Peso total aprox.	Peso por metro	Fuente / Observación
Concreto	2 m (uso en cercas)	48 kg	24 kg/m	<u>Menotti & CIA SAS (Cali)</u> <u>menotticia.com</u>
Madera tratada	2 m (sección 4"×4" ≈100 mm)	~14 kg (estimado)	~7 kg/m	Estimación técnica basada en pino seco tratado (sin proveedor específico)
Plástico reciclado (HDPE)	2 m (90×90 mm)	~14 kg (estimado)	~7 kg/m	Basado en pesos informado por proveedor local en Villavicencio

Fuente: Elaboración propia

Los postes de concreto más comunes en Colombia pesan alrededor de 48 kg con una longitud de 2 m lo que equivale a un valor estimado de 24 kilogramos por metro, siendo el más pesado de los tres tipos de poste comparados; los postes de madera tratada y los de plástico reciclado (HDPE o PET) cuentan con pesos similares, aproximadamente 7 kg por

metro, por lo que son más fáciles de transportar, manejar e instalar, especialmente en zonas rurales.

10.2 Información Obtenida A Partir De Fuentes Primarias

Como resultado de la aplicación de instrumento tipo encuesta y entrevistas semiestructuradas a diferentes actores (productor, comercializador y usuario final) con el fin de establecer Preferencias y Percepciones, Comparación entre tipos de postes, Factores de decisión de compra, Sostenibilidad y medio ambiente, se obtuvieron los siguientes resultados.

10.2.1 Preferencias Y Percepciones

Con el fin de establecer la preferencia y percepción de los productores, comercializadores y usuarios fueron definidos factores de durabilidad, Costo, estética, mantenimiento y disponibilidad, estos factores obedecen a la información obtenida en las entrevistas semiestructuradas, los resultados se presentan en la siguiente tabla número 4.

Tabla 4

Preferencias y percepciones de los postes en concreto, madera y reciclados

Factor	Postes de Concreto	Postes de Madera	Postes Reciclados
Durabilidad	85%	65%	75%
Costo	70%	60%	85%
Estética	60%	80%	70%

en la ciudad de Villavicencio, Meta, Colombia

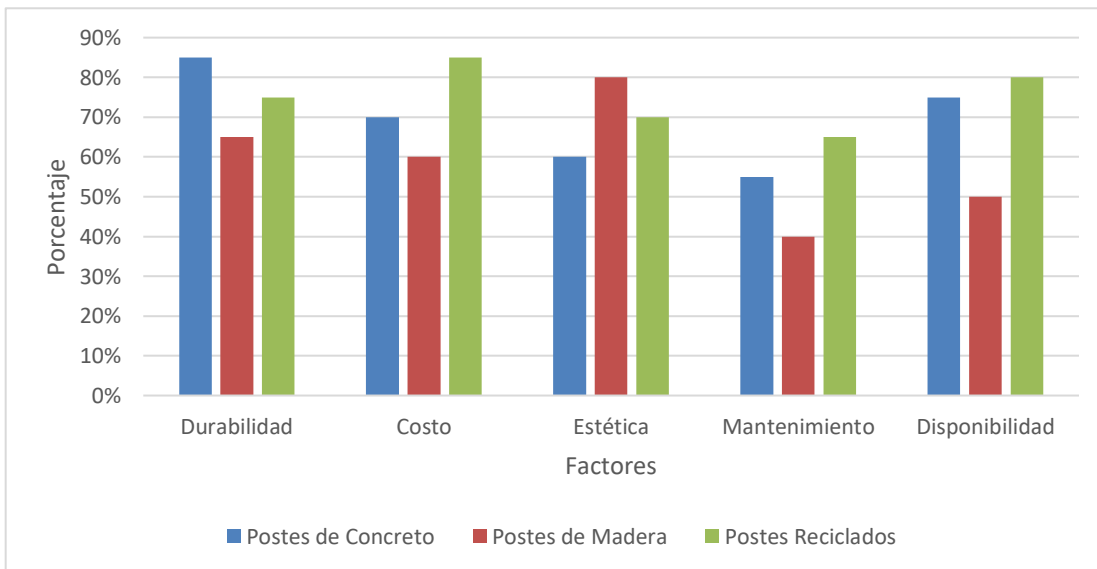
Mantenimiento	55%	40%	65%
Disponibilidad	75%	50%	80%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, la representación gráfica de los datos relacionados con la preferencia y percepción de los diferentes actores.

Figura 1

Preferencias y percepción de diferentes actores (en porcentaje)



Fuente: Elaboración propia

Los resultados proyectados en este criterio permiten identificar características que los actores valoran en los diferentes tipos de post. Se observa que los postes de concreto

mantienen una fuerte percepción en cuanto a durabilidad (85%) y disponibilidad (75%) lo cual permite evidenciar su consolidación en el mercado tradicional. Sin embargo, los aposte fabricados con material reciclado superan significativamente el factor de los costos (85%) y disponibilidad (80%) lo que permite identificar una alta percepción de accesibilidad económica y logística. Por su parte, los postes de madera continúan siendo altamente valorados en términos de estética (80%), pero presentan desventajas en el mantenimiento (40%) y durabilidad (65%) estos resultados sugieren una transición progresiva de preferencia hacia opciones sostenibles en contextos donde el costo (incluido el costo de mantenimiento) y el impacto ambiental son factores decisivos.

10.2.2 Comparación Entre Tipos De Postes De Acuerdo Con Percepción De Los

Diferentes Actores

La comparación en este apartado se realiza con base a la percepción de los diferentes actores, en términos de resistencia, costo inicial, vida útil, beneficio ambiental y facilidad de instalación, la valoración se realiza de bajo criterios de Alta, Media y Baja. A continuación, en la tabla 5 se consolidan los resultados obtenidos al respecto.

Tabla 5

Comparación de postes de acuerdo con percepción de los diferentes actores

Criterio	Concreto	Madera	Reciclado
Resistencia	Alta	Media	Alta
Costo inicial	Media	Alta	Alta

Vida útil	Alta	Baja	Alta
Beneficio ambiental	Media	Baja	Alta
Fácil instalación	Media	Alta	Alta

Fuete: Elaboración propia

Este análisis cualitativo comparativo entro postes elaborados a partir de diferentes materias primas (concreto, madera y material reciclado) revela importantes diferencias. Los postes de concreto lideran el reconocimiento por su alta resistencia y larga vida útil, sin embargo, para los diferentes actores representan un impacto ambiental medio y con relación a la facilidad de instalación representa un nivel medio.

Por su parte los postes de madera ofrecen ventajas estéticas y facilidad en su instalación, pero son poco valorados por su vida útil reducida a su vez son considerados con mayor vulnerabilidad al deterioro ambiental y biológico. En contraste, los postes construidos con material reciclado representan una alternativa balanceada, si se tiene en cuenta su alta valoración en sostenibilidad, facilidad de instalación y resistencia estructural, a su vez se convierten en una opción estratégica para promover iniciativas de infraestructuras sostenibles, particularmente en entornos urbanos o rurales que promuevan la economía circular.

10.2.3 Factores de decisión de compra

La elección al momento de decidir qué tipo de poste se utilizarán en un proyecto de infraestructura no solo obedece a su desempeño técnico y sus características físicas, sino que esta decisión también está determinada por un conjunto de factores que inciden directamente en la decisión de compra por parte de los actores involucrados. Estos factores responden a prioridades económicas, operativas y ambientales, que varían según el contexto del uso, el perfil de los compradores y los objetivos del proyecto. En atención a lo anterior, el presente apartado analiza los principales criterios por productores distribuidores y compradores al momento de seleccionar los postes, los cuales se agrupan en la tabla 6.

Tabla 6

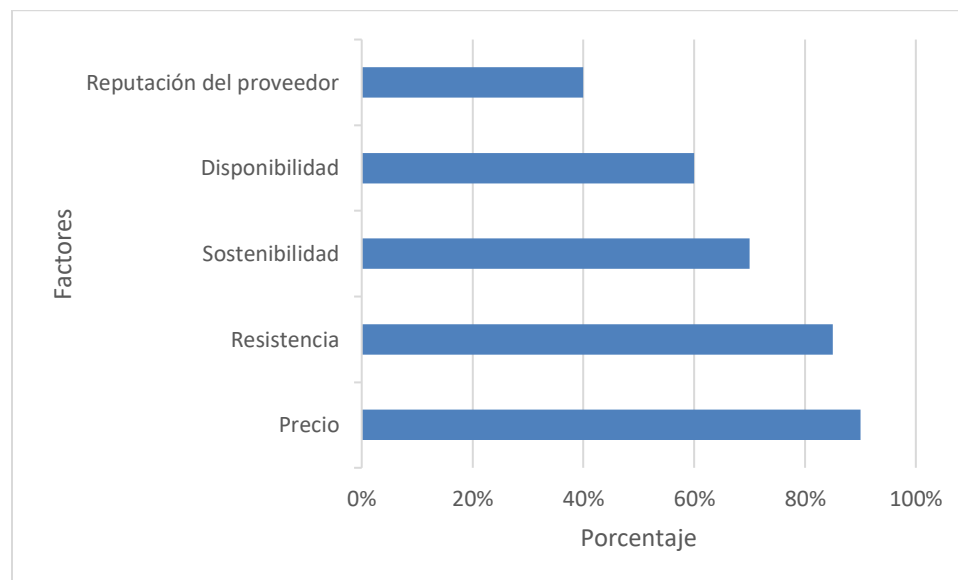
Factores que influyen en la decisión de compra de postes

Factor	Porcentaje
Precio	90%
Resistencia	85%
Sostenibilidad	70%
Disponibilidad	60%
Reputación del proveedor	40%

Fuente: Elaboración propia

Figura 2

Factores que influyen en la decisión de compra de postes



Fuente: Elaboración propia

El Figura 2 permite observar los factores determinantes que inciden en la decisión de compra y uso de los postes y el peso porcentual de cada uno de ellos; el precio continúa siendo el factor más relevante (90%), la resistencia estructural (85%) y la sostenibilidad ambiental (70%). Factores como la disponibilidad (60%) y la reputación del vendedor (40%) completan el análisis, lo cual permite identificar que además de los aspectos técnicos existen condicionantes logísticas y comerciales que influyen en la decisión de compra del

producto. En conjunto estos factores configuran un perfil de decisión racional orientado a la relación costo- beneficio y al cumplimiento de estándares ambientales.

10.2.4 Factores de sostenibilidad

El análisis de sostenibilidad ambiental constituye un componente indispensable en la evaluación integral de los materiales utilizados en la elaboración de postes máxime cuando uno de ellos (plástico reciclado) representa una estrategia para mitigar la contaminación y el impacto sobre los sistemas ecológicos y socioeconómicos. A continuación, en la tabla 7 se encuentran las percepciones asociadas al comportamiento ambiental de los postes construidos con diferentes materias primas, haciendo énfasis en aquellos que representan una innovación alineada con los principios de desarrollo sostenible y transición hacia modelos responsables de producción.

Tabla 7

Opinión de impacto ambiental y aporte a la economía circular

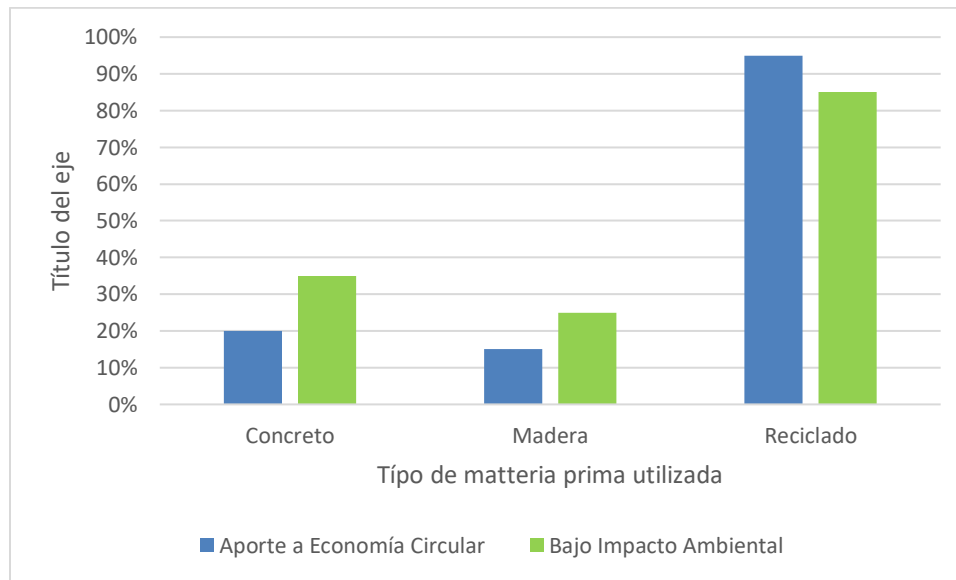
Tipo de Poste	Aporte a Economía Circular	Bajo Impacto Ambiental
Concreto	20%	35%
Madera	15%	25%
Reciclado	95%	85%

Fuente: Elaboración propia

En el Figura 3 se aprecian las valoraciones porcentuales de las opiniones de los diferentes actores con relación a las diferentes materias primas utilizadas en el proceso de elaboración de los diferentes tipos de postes.

Figura 3

Opinión de impacto ambiental y aporte a la economía circular



Fuente: Elaboración propia

Términos de sostenibilidad los postes fabricados con residuos plásticos obtienen los mejores indicadores por su aporte en economía circular (95%) y la percepción de impacto ambiental bajo (85%). Estos resultados evidencian cambio de paradigma con relación a la forma de cómo se evalúan los materiales de construcción, en donde la reutilización de residuos y los procesos ecológicos a quieren un rol protagónico. En

comparación, los postes de concreto y de madera reflejan desempeños considerablemente menores con promedios por debajo del 40% en sostenibilidad, lo que reafirma la necesidad de modernizar las prácticas constructivas tradicionales.

La alta valoración ambiental de los postes elaborados con materias primas de residuos reciclados no sólo justifica su adopción desde el punto de vista ecológico, sino que también representa una ventaja competitiva para proyectos con criterios de cumplimiento en certificación de sistemas de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED y programas de responsabilidad social empresarial

10.3 Descripción Del Proceso Productivo Bajo El Modelo De Las 6M

Con el fin de garantizar la comprensión integral y estructural el proceso de producción de postes elaborados con material plástico reciclado se empleará el enfoque metodológico de las 6M, una herramienta utilizada en la ingeniería industrial y en la gestión de calidad. Este modelo permite identificar y analizar de forma sistemática cada uno de los elementos que intervienen en la operación, identificando los recursos técnicos como los factores de control que condicionan la eficiencia, seguridad y sostenibilidad del sistema productivo.

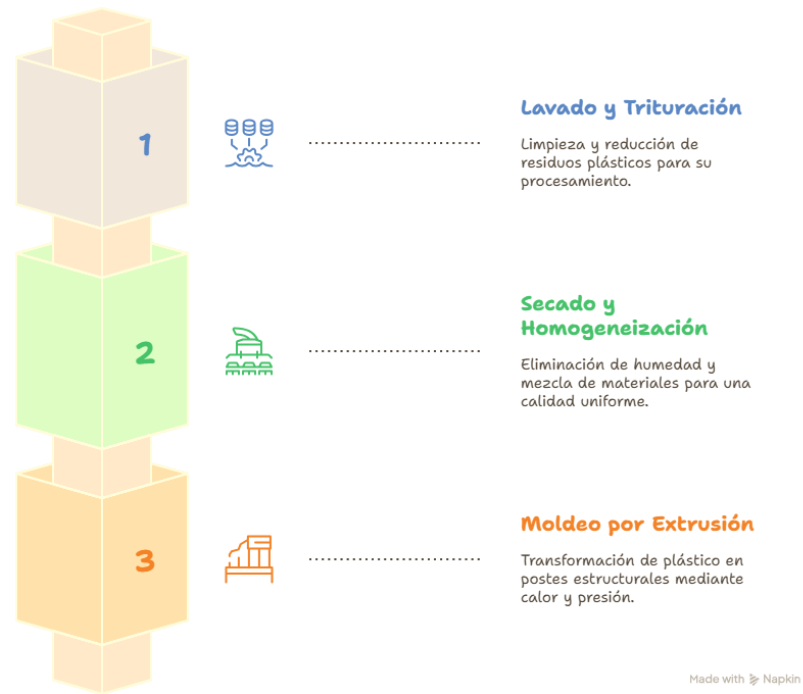
Es así como la descripción del proceso a abordará los siguientes componentes: método, maquinaria, mano de obra, materiales, medio ambiente y medición.

10.3.1 Método

El proceso productivo para la fabricación de postes a partir de residuos plásticos reciclados se desarrollan una secuencia técnica que agrupa tres etapas principales como se aprecian en la imagen 1: lavado y trituración, secado y homogeneización y moldeo por extrusión e inyección. Cada una de estas fases es crítica para garantizar la calidad estructural, resistencia y funcionalidad del producto final a continuación se describen detalladamente cada etapa.

Figura 4

Etapas del proceso de fabricación de postes con material plástico reciclado



Fuente: Elaboración propia creada con Napkin.ai

10.3.1.1 Etapa De Lavado Y Trituración.

Esta etapa tiene como objetivo garantizar que la materia prima plástica se encuentre libre de impurezas y se reduzca el tamaño para su posterior transformación, durante esta etapa se realizan actividades de:

- **clasificación:** Los residuos plásticos (polietileno y polipropileno) son clasificados manualmente por color y grado de contaminación.
- **Lavado técnico:** el material plástico que requiera un lavado se someterá a un proceso de limpieza con agua y detergentes industriales con el fin de eliminar restos de adhesivos, aceites, grasas, pigmentos y otros contaminantes. La eficiencia de este lavado es esencial para evitar la degradación térmica durante el moldeo y prevenir fallos mecánicos en la maquinaria.
- **Trituración:** una vez limpio el plástico, con este se alimenta un molino triturador donde el material reciclado se reduce de tamaño a escamas (generalmente entre 6 y 12 milímetros), esta reducción facilita la manipulación y la homogeneidad del flujo de materia prima y favorece la alimentación constante en etapas posteriores del proceso.

10.3.1.2 Etapa De Secado Y Homogeneización.

En esta fase se eliminan residuos de humedad con el fin de optimizar las propiedades físicas y evitar burbujas o debilidad estructural durante el proceso de producción que pueden generar imperfecciones en el producto final, para cumplir con este objetivo se desarrollan las siguientes actividades:

- **Secado:** las escamas plásticas son sometidas a un proceso de secado térmico por vacío, lo que permite reducir la humedad a niveles inferiores del 1%.
- **Homogeneización:** En esa actividad se busca mezclar homogéneamente el polietileno y el polipropileno con el fin de formar gránulos más manejables y uniformes para estabilizar su flujo en la alimentación de la extrusora.

10.3.1.3 Etapa De Modelamiento Por Extrusión E Inyección.

Esta etapa constituye el núcleo del proceso, es allí donde el material reciclado se transforma físicamente en postes estructurales bajo los componentes de tiempo calor y presión, para ello es necesario desarrollar 4 actividades.

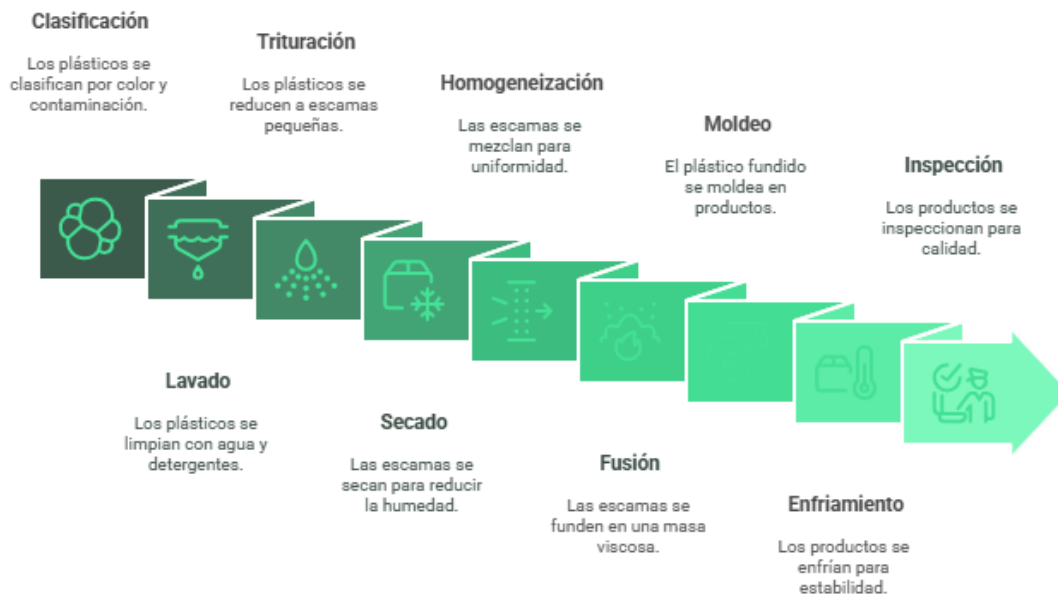
- **Fusión y alimentación:** las escamas secas son introducidos en la máquina extrusora en donde mediante resistencias eléctricas y fricción mecánica que permite alcanzar temperaturas de entre 160 °C a 250 °C, el resultado de este proceso es una masa plástica

viscosa y homogénea para ser moldeada, allí mismo es donde se pueden agregar colorantes estabilizadores UV (para aumentar su protección ante los rayos del sol).

- Moldeo y formación: el plástico fundido en la máquina extrusora es inyectado o comprimido en moldes metálicos cerrados donde se forma el poste completo.
- Enfriamiento: una vez llenado el molde se retira de la extrusora, se procede a sellar el molde inmediatamente se somete a aún enfriamiento por inmersión en tanques de agua con el fin de garantizar la estabilidad y evitar deformaciones.
- Extracción del molde y revisión: luego de enfriamiento del molde se procede a extraer el poste del molde y realizar una inspección visual y de las dimensiones del producto para verificar el cumplimiento de las especificaciones técnicas, en caso de ser necesario se realizará el acabado superficial, el recorte de rebabas o en casos extremos de exipiación con relación a las especificaciones técnicas serán sometidos a trituración para ser utilizados nuevamente como materia prima del mismo proceso.

Figura 5

Actividades para el proceso de fabricación de postes con material plástico reciclado



Made with Napkin

Fuente: Elaboración propia creada con Napkin.ai

10.3.2 Maquinaria

La maquinaria constituye uno de los pilares fundamentales en el proceso productivo en la fabricación de postes a partir de material plástico reciclado, debido a que la maquinaria determina la capacidad operativa, la calidad del producto final y la eficiencia energética del sistema (aspectos que sin duda impactan o benefician los costos operativos).

Es por ello por lo que la selección y configuración de los equipos debe estar alineado con las características del material reciclado, los volúmenes de producción proyectados y los estándares técnicos requeridos del producto final.

A continuación, se describen los principales equipos que intervienen en cada etapa del proceso, la correcta articulación entre estos equipos garantizará el flujo continuo, reduce tiempos improductivos.

10.3.2.1 Molino Triturador De Plástico.

- Resistencia: Toda nuestra máquina está hecha de acero y cuenta con un rendimiento estable y una larga vida útil, el rendimiento de la máquina no se reducirá triturando materiales después de un trabajo prolongado.
- Cortada Flexible y ajustable: se puede afilar repetidamente con una vida útil ultra Larga. Es capaz de triturar y cortar fácilmente plástico suave y duro.
- Diseño: Diseño Seguro del control eléctrico, el motor está instalado con dispositivo de protección contra sobrecarga.
- Precio: Diez millones cincuenta y dos mil doscientos pesos \$10.052.200 pesos colombianos

Figura 6

Molino triturador De Plástico Pc-180



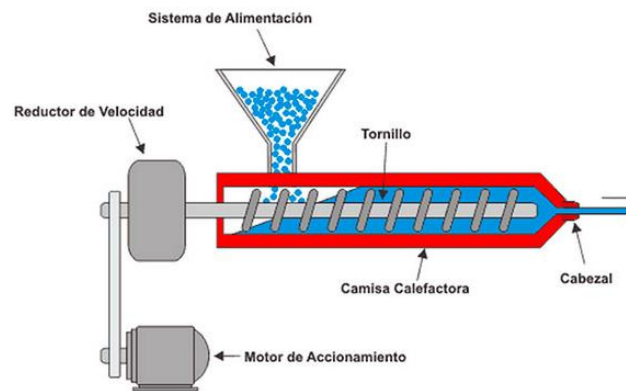
Fuente: <https://tiendafla.com/producto/1521/molino-triturador-de-plastico>.

10.3.2.2 Extrusora.

La máquina extrusora es el equipo central del proceso de elaboración de postes a partir de plásticos reciclados, allí se realiza el proceso de transformación de escamas a sustancia viscosa que permite su molde a partir de la combinación de calor, tiempo y presión sus componentes principales se describen en la figura 7, en la figura 8 se aprecia la extrusora industrial con capacidad de procesar entre 120 y 180 kilos por hora. Con un precio aproximado de cincuenta millones de pesos.

Figura 7

Componentes de una maquina extrusora



Fuente: <https://www.aristegui.info/metodo-de-extrusion-su-proceso-y-aplicacion/>?

Figura 8

Maquina extrusora



Fuente: <https://henankaichuangjixie.en.made-in-china.com/product/HtprfyVOCcho/China-Hot-Film-Plastic-Extruder>

10.3.2.3 Moldes.

Los moldes son recipientes metálicos que se conectan a la extrusora y dan la forma y tamaño de los postes, son de metal en un calibre que soporte la presión de inyección y el cambio rápido de temperatura, estas características elevan su precio y a su vez minimiza el riesgo de productos inconformes.

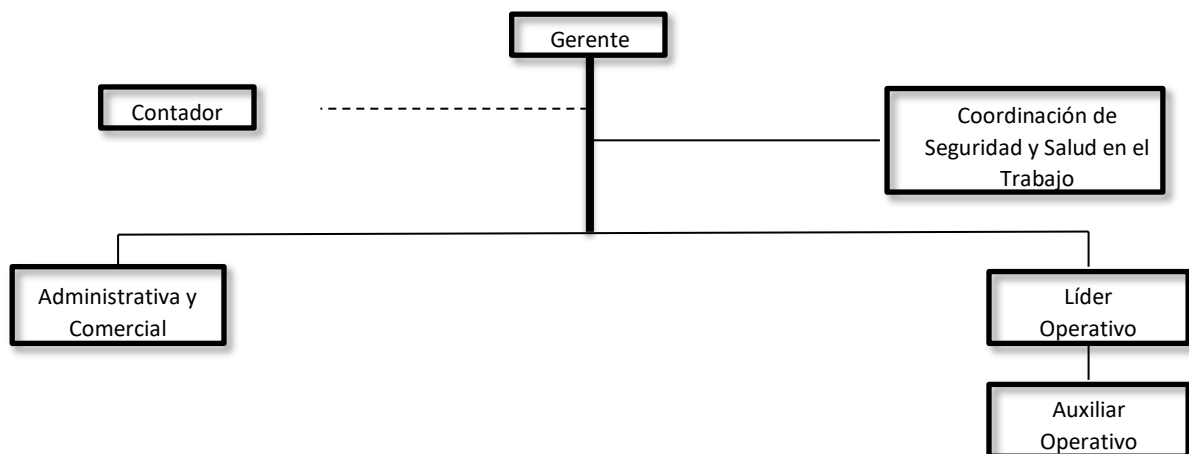
Su precio aproximado es de siete millones de pesos por unidad de molde para la elaboración de postes de 8 cm x 8 cm x 210 cm.

10.3.3 Mano De Obra

Se estima mano de obra directa y mano de obra indirecta para las funciones administrativas, organizadas tal como se representa en el organigrama

Figura 9

Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

10.3.3.1 Mano De Obra Indirecta

Por la dinámica proyectada de la operación solo se requiere de dos personas por contratación directa (Gerente, coordinador de Seguridad y Salud en el trabajo, auxiliar administrativa y comercial), y dos profesionales por prestación de servicios (Contador público)

10.3.3.2 Mano De Obra Directa

La mano de obra directa no requiere ser especializada, teniendo en cuenta que los proveedores de las maquinas suministran capacitación para el uso de estas, solo se requiere un líder y un auxiliar operativos.

10.3.4 Materiales

En el contexto de la economía circular y la gestión de residuos, los plásticos reciclables son insumos en la fabricación de nuevos productos estructurales, como los postes. Entre los polímeros más utilizados se encuentran El PET, HDPE LDPE y PP, Debido a su amplia disponibilidad y propiedades fisicoquímicas estos materiales son idóneos para la producción de elementos con los postes.

10.3.4.1 Tipos De Plástico.

Los plásticos para utilizar como materia prima son:

- PET (tereftalato de polietileno): este polímero es comúnmente utilizado para la elaboración de botellas para agua y bebidas gaseosas, su estructura lo hace altamente reciclable sin perder sus propiedades esenciales.
- HDPE (polietileno de alta densidad): se encuentra en productos de uso doméstico como envases de champú, detergentes, suavizantes, botellas de leche y jugos, su rigidez y resistencia lo hace apto para la transformación en postes.
- LDPE (polietileno de baja densidad): Se caracteriza por su flexibilidad y transparencia, y se emplea comúnmente en la elaboración de bolsas plásticas, envolturas y empaques flexibles. Aunque su reciclabilidad es menor frente a otros polímeros, sigue siendo aprovechable en ciertos procesos.
- PP (Polipropileno): Este plástico se utiliza frecuentemente en envases de alimentos, tapas de botellas y utensilios de un solo uso. Es resistente al calor y a la deformación, y también posee buenas propiedades para ser reciclado y transformado en productos reutilizables.

10.3.5 Medio Ambiente

El desarrollo de un proceso sostenible requiere considerar diversas condiciones medioambientales que inciden directamente en la habilidad técnica, operativa y económica del proyecto en primer lugar es fundamental contar con una adecuada disponibilidad de

residuos plásticos en el entorno local lo que implica una adquisición selectiva, clasificación y acopio eficiente.

Es indispensable contar con espacios amplios y cubiertos con el fin de minimizar el contenido de humedad en la materia prima también es importante contar con un piso el material que permitan facilitar el aseo y minimice el riesgo de contaminación para los materiales a utilizar como materia prima.

Se debe contar con la iluminación suficiente que permita el control visual del producto, los espacios deben estar señalizados con el fin de minimizar el riesgo de accidentes y el cumplimiento de la normatividad vigente con relación a aspectos de seguridad y salud en el trabajo.

10.3.6 Mediciones

El proceso elaboración de postes a partir de material plástico reciclado requiere un control riguroso de variables técnicas en cada una de las etapas del proceso de elaboración, permiten garantizar la calidad del producto final; con el fin de monitorear la sostenibilidad económica y financiera se requiere la implementación de mediciones periódicas que permitan reaccionar oportunamente ante desviaciones que se presenten.

10.3.6.1 Mediciones En El Proceso De Elaboración

A continuación, en la tabla 8 se presentan las principales mediciones que deben realizarse durante las fases de lavado y trituración y moldeo por extrusión, identificando para cada una de ellas la unidad de medida correspondiente.

Tabla 8

Mediciones en el proceso de elaboración

Etapa del proceso	Medición	Unidad de medida
Lavado y trituración	Peso del material recuperado	kg
Lavado y trituración	Clasificación por tipo de polímero	Tipo de plástico
Lavado y trituración	Presencia de contaminantes	%
Lavado y trituración	Tamaño de partícula tras trituración	mm
Lavado y trituración	Producción horaria de pellets	kg/h
Moldeo por extrusión	Temperatura de extrusión por zona	°C
Moldeo por extrusión	Presión del cabezal del extrusor	bar o MPa
Moldeo por extrusión	Velocidad de extrusión	m/min
Moldeo por extrusión	Tiempo de enfriamiento y desmoldeo	min
Moldeo por extrusión	Peso del poste terminado	kg
Moldeo por extrusión	Dimensiones del poste	cm

Fuente: elaboración propia

10.3.6.2 Mediciones Financieras

La evaluación de rentabilidad es un componente clave para los proyectos productivos, permiten determinar si la inversión realizada genera beneficios económicos

sostenibles en el tiempo. El caso de la elaboración de postes a partir de material plástico reciclado es necesario la medición de indicadores financieros que reflejen los costos operativos, los ingresos esperados, el margen de utilidad asociados al proceso.

Estas mediciones permiten proyectar escenarios realistas, identificar puntos de equilibrio y la toma de decisiones informada sobre la viabilidad del negocio.

Tabla 9

Mediciones financieras

Indicador o medición	Descripción	Unidad de medida
Inversión inicial	Capital requerido para maquinaria, moldes, instalaciones	Pesos colombianos
Costos fijos mensuales	Gastos recurrentes (salarios, servicios, arriendo, seguros, etc.)	Pesos colombianos / mes
Costos variables por unidad	Materia prima, energía, transporte, mantenimiento por poste producido	Pesos colombianos / poste
Ingresos por ventas	Total, esperado por comercialización de los postes	Pesos colombianos / mes o año
Punto de equilibrio	Cantidad mínima de postes a vender para cubrir todos los costos	Unidades
Utilidad neta mensual o anual	Ganancia después de cubrir todos los costos	Pesos colombianos
Rentabilidad sobre la inversión (ROI)	Relación entre ganancia neta e inversión total	%

Flujo de caja proyectado Ingresos menos egresos a lo largo del Pesos colombianos por
 tiempo mes / año

Fuente: elaboración propia

10.4 Evaluación De Rentabilidad Financiera

10.4.1 Inversión Inicial

Para la puesta en marcha del presente proyecto se requiere una inversión de ciento noventa millones de pesos, requeridos en una sola fase, que se obtienen de las siguientes fuentes:

Tabla 10

Inversión inicial

	Valor en pesos	Peso porcentual
INVERSIÓN	\$ 190.000.000	
Recursos Propios	\$ 90.000.000	47%
Obligación Financiera	\$ 100.000.000	53%

Fuente: elaboración propia

Este rubro será destinado principalmente para la adquisición de la siguiente maquinaria y equipos:

Tabla 11*Costos de materiales y equipos*

Concepto	Valor Unitario (COP)	Cantidad	Valor Total (COP)
Máquina Extrusora Plástico	\$ 50.000.000	1	\$ 50.000.000
Molino Triturador	\$ 10.052.200	1	\$ 10.052.200
Lavadora de Plástico	\$ 12.960.000	1	\$ 12.960.000
Montacarga manual	\$ 7.724.160	1	\$ 7.724.160
Mobiliario de oficina	\$ 3.000.000	3	\$ 9.000.000
Computadores y Software	\$ 6.000.000	3	\$ 18.000.000
Herramientas menores (manuales)	\$ 3.000.000	1	\$ 3.000.000
TOTAL	\$ 92.736.360		\$ 110.736.360

Fuente: elaboración propia

El excedente de la inversión inicial se destina a cubrir los costos de nómina, materia prima, transporte de materia prima, obligaciones financieras (cuota de crédito), alquiler del terreno para la planta y marketing, que permitan garantizar la operatividad durante dos meses.

10.4.2 Ingresos Proyectados

En el análisis, los ingresos proyectados para cinco años provienen de ventas al contado y a crédito, lo que permite una mayor cobertura del mercado y una estrategia comercial diversificada. A continuación, en la tabla se registran las proyecciones de ventas

mensuales en un escenario conservador en donde el incremento de ventas sostenido es del 3% sobre las ventas del mes anterior.

Tabla 12

Ingresos proyectados

AÑO 2026	CANTIDAD	PRECIO SIN IVA	PRECIO CON		TOTAL
			IVA		
ENERO	500	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	29.155.000
FEBRERO	515	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	30.029.650
MARZO	530	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	30.930.540
ABRIL	546	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	31.858.456
MAYO	563	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	32.814.209
JUNIO	580	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	33.798.636
JULIO	597	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	34.812.595
AGOSTO	615	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	35.856.973
SEPTIEMBRE	633	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	36.932.682
OCTUBRE	652	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	38.040.662
NOVIEMBRE	672	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	39.181.882
DICIEMBRE	692	\$ 49.000	\$ 58.310	\$	40.357.339
TOTAL	7096	-	-	\$	413.768.622

Fuente: elaboración propia

A partir del año 2026, se observa una tendencia creciente en las ventas totales, lo que sugiere un comportamiento positivo en la demanda del producto o servicio ofrecido. Este crecimiento progresivo en los ingresos es fundamental para cubrir los egresos operativos, cumplir con los compromisos financieros y generar utilidades que respalden la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto.

A continuación, el consolidado de las cantidades de ventas proyectadas y los ingresos proyectados por la venta en los escenarios conservador, optimista (variación del 5% en las ventas mensuales) y pesimista (variación del 1% en las ventas mensuales)

Tabla 13

Ingresos proyectados a 5 años en distintos escenarios

AÑO	ESCENARIO PESIMISTA		ESCENARIO MODERADO		ESCENARIO OPTIMISTA	
	UNIDADES	PESOS	UNIDADES	PESOS	UNIDADES	PESOS
2026	6341	369.758.375	7096	413.768.622	7959	464.063.824
2027	7077	453.915.382	9821	629.921.350	21775	1.396.646.484
2028	7901	557.469.912	13596	959.264.622	37246	2.627.900.621
2029	8814	684.086.273	18819	1.460.525.447	63700	4.943.822.271
2030	9829	839.114.095	26042	2.223.283.887	108953	9.301.488.859

Fuente: elaboración propia

Además de esta variable de unidades vendidas, para definir, se incrementa el personal operativo para de acuerdo con la necesidad de producción y la cantidad de materia prima de en la proporción de 14 kilos por cada poste que se produce.

10.4.3 Egresos *Proyectados*

10.4.3.1 Costos Financiero

Los costos financieros originados por el préstamo para la inversión inicial cuentan con las siguientes características descritas en la tabla 13.

Tabla 14

Costos financieros de préstamo inversión inicial

VALOR TOTAL DEL PRESTAMO	\$ 100.000.000
TASA DE INTERES	18,50%
TIEMPO AÑOS	5
FRECUENCIAS	Pago mensual
PERIODOS(MENSUALIDADES)	60
VALOR CUOTA FIJA MENSUAL	\$2.566.621
Valor anual para cancelar	\$ 30.799.451

Fuente: elaboración propia

10.4.3.2 Costos De Nómina.

La nómina, como componente estructural del costo operativo, presenta variaciones significativas a lo largo del horizonte del proyecto y refleja el comportamiento financiero bajo distintos escenarios de desempeño. A excepción de la vinculación del contador, la cual se realiza por prestación de servicios profesionales, los demás colaboradores son

vinculados por contrato laboral a término fijo con todas las prestaciones correspondientes a la normatividad colombiana vigente.

Tabla 15

Personal proyectado en diferentes escenarios

Cargo	Escenario pesimista					Escenario moderado					Escenario optimista				
	2026	2027	2028	2029	2030	2026	2027	2028	2029	2030	2026	2027	2028	2029	2030
Gerente	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coordinador SST	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Administrativo y comercial	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2
Operarios de Maquinaria	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2	3	4
Líder de operación	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Contador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total	6	6	7	7	7	6	6	7	8	8	6	7	8	9	10

Fuente: elaboración propia

En el escenario optimista, el crecimiento sostenido de los ingresos permite una expansión progresiva de la planta de personal y, por ende, un aumento en los costos de nómina justificado por el mayor nivel de actividad. En el escenario conservador, se observa un crecimiento moderado que responde a ajustes prudentes en la contratación y remuneración, buscando mantener eficiencia operativa sin comprometer la capacidad operativa. Finalmente, en el escenario negativo, el comportamiento restringido de la nómina obedece a una estrategia de contención ante ingresos limitados, priorizando la sostenibilidad financiera del proyecto. Estas tres trayectorias permiten dimensionar la

sensibilidad de la estructura de costos laborales frente a las condiciones del entorno. En la tabla 15 se consigna el valor anual del costo de la nómina por cada escenario.

Tabla 16

Costo de nómina proyectada a 5 años en diferentes escenarios

Año	Pesimista	Moderado	Optimista
2026	\$ 183.649.680	\$ 183.649.680	\$ 183.649.680
2027	\$ 215.214.648	\$ 215.214.648	\$ 247.451.028
2028	\$ 279.288.134	\$ 279.288.134	\$ 314.748.152
2029	\$ 307.216.948	\$ 346.222.968	\$ 385.228.987
2030	\$ 337.938.643	\$ 380.845.264	\$ 466.658.508

Fuente: elaboración propia

10.4.3.3 Estructura De Costos

La presentación general de los costos del proyecto se ha estructurado bajo los escenarios distintos —pesimista, moderado y optimista— con el fin de analizar el comportamiento financiero en función de diferentes niveles demanda y costos operativos. Esto permite observar cómo varían los principales componentes de la estructura de costos ante cambios en las condiciones del entorno.

10.4.3.3.1 Estructura De Costos Año 1 Escenario Pesimista Año 1.

El escenario pesimista contempla un comportamiento restrictivo del mercado, caracterizado por una demanda limitada y operaciones ajustadas al mínimo necesario, manteniendo únicamente los costos indispensables para el funcionamiento del proyecto.

Tabla 17

Costos año 1 en escenario pesimista

AÑO 2026						
COSTOS OPERATIVOS (PRODUCCIÓN)						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Materia prima (plástico reciclado)	Costo	89	toneladas	Anual	\$ 1.600.000	\$ 142.044.034
Mantenimiento de maquinaria	Costo	1	-	Mensual	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Total						\$ 147.044.034
COSTOS DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Alquiler de camión (2 viajes/semana)	Costo	12	viajes	Mensual	\$ 3.000.000	\$ 36.000.000
COSTOS DE TRANSPORTE DEL PRODUCTO						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Alquiler de camión	Costo	12	camión	Mensual	\$ 3.000.000	\$ 36.000.000
Seguros, pólizas permisos	Costo	1	-	Mensual	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Total						\$ 37.000.000
GASTOS ADMINISTRATIVOS						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Alquiler del terreno/planta	Gasto	12	planta	Mensual	\$ 3.500.000	\$ 42.000.000
Costos administrativos (oficina, internet, etc.)	Gasto	12	-	Mensual	\$ 4.000.000	\$ 48.000.000
Nómina	Gasto	12	-	Mensual	\$ 15.304.140	\$ 183.649.680
Total Gastos Administrativos						\$ 273.649.680
GASTOS DE VENTAS						

Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Marketing y distribución	Gasto	12	-	Mensual	\$ 1.000.000	\$ 12.000.000
Otros costos operativos menores	Gasto	12	-	Mensual	\$ 500.000	\$ 6.000.000
					Total	\$ 18.000.000
					COSTOS TOTALES	\$ 511.693.714

Fuente: elaboración propia

El costo total bajo este escenario asciende a \$511.693.714 pesos, con la mayor participación en gastos administrativos (\$273.649.680), seguidos por los costos operativos de producción (\$147.044.034). La nómina representa más del 35% del total de costos, lo que indica un peso significativo del recurso humano incluso en condiciones adversas.

10.4.3.3.2 Estructura De Costos Año 1 Escenario Moderado Año 1.

El escenario moderado representa el comportamiento esperado del proyecto bajo condiciones normales del mercado. Aquí se asume una operación estable, con una producción alineada a la demanda promedio y una asignación de recursos que busca equilibrio entre eficiencia y sostenibilidad financiera.

Tabla 18

Costos año 1 en escenario moderado

AÑO 2026						
COSTOS OPERATIVOS (PRODUCCIÓN)						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)

Materia prima (plástico reciclado)	Costo	99	toneladas	Mensual	\$ 1.600.000	\$ 158.950.731
Mantenimiento de maquinaria	Costo	1	-	Mensual	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Total					\$	163.950.731
COSTOS DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Alquiler de camión (2 viajes/semana)	Costo	12	viajes	Mensual	\$ 3.000.000	\$ 36.000.000
COSTOS DE TRANSPORTE DEL PRODUCTO						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Alquiler de camión	Costo	12	camión	Mensual	\$ 3.000.000	\$ 36.000.000
Seguros, pólizas permisos	Costo	1	-	Mensual	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Total					\$	37.000.000
GASTOS ADMINISTRATIVOS						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Alquiler del terreno/planta	Gasto	12	planta	Mensual	\$ 3.500.000	\$ 42.000.000
Costos administrativos (oficina, internet, etc.)	Gasto	12	-	Mensual	\$ 4.000.000	\$ 48.000.000
Nómina	Gasto	12	-	Mensual	\$ 15.304.140	\$ 183.649.680
Total Gastos Administrativos					\$	273.649.680
GASTOS DE VENTAS						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Marketing y distribución	Gasto	12	-	Mensual	\$ 1.000.000	\$ 12.000.000
Otros costos operativos menores	Gasto	12	-	Mensual	\$ 500.000	\$ 6.000.000
					Total	\$ 18.000.000
					COSTOS TOTALES	\$ 528.600.411

Fuente: elaboración propia

Los costos totales ascienden a \$528.600.411 pesos, lo que refleja un leve incremento del 3,3% respecto al escenario pesimista. El aumento principal proviene del mayor consumo de materia prima (99 toneladas), que eleva los costos de producción a \$163.950.731. Los gastos administrativos se mantienen constantes respecto al escenario

pesimista, lo que indica que la estructura operativa de soporte no varía con el nivel de producción.

10.4.3.3.3 Estructura De Costos Año 1 Escenario Optimista Año 1.

El escenario optimista proyecta un entorno favorable para el proyecto, con un crecimiento sostenido de la demanda y una mayor capacidad operativa. En este contexto, se incrementan los volúmenes de producción y se fortalece la inversión en insumos, lo que conlleva una estructura de costos superior, pero respaldada por mayores ingresos esperados.

Tabla 19

Costos año 1 en escenario optimista

AÑO 2026						
COSTOS OPERATIVOS (PRODUCCIÓN)						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Materia prima (plástico reciclado)	Costo	111	toneladas	Mensual	\$ 1.600.000	\$ 178.271.817
Mantenimiento de maquinaria	Costo	1	-	Mensual	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Total					\$	183.271.817
COSTOS DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Alquiler de camión (2 viajes/semana)	Costo	12	viajes	Mensual	\$ 3.000.000	\$ 36.000.000
COSTOS DE TRANSPORTE DEL PRODUCTO						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Alquiler de camión	Costo	12	camión	Mensual	\$ 3.000.000	\$ 36.000.000
Seguros, pólizas y permisos	Costo	1	-	Mensual	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Total					\$	37.000.000

GASTOS ADMINISTRATIVOS						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Alquiler del terreno/planta	Gasto	12	planta	Mensual	\$ 3.500.000	\$ 42.000.000
Costos administrativos (oficina, internet, etc.)	Gasto	12	-	Mensual	\$ 4.000.000	\$ 48.000.000
Nómina	Gasto	12	-	Mensual	\$ 15.304.140	\$ 183.649.680
Total Gastos Administrativos						\$ 273.649.680
GASTOS DE VENTAS						
Descripción	Tipo	Cantidad	Unidades	Periodo	Valor Unitario (COP)	Valor Total (COP)
Marketing y distribución	Gasto	12	-	Mensual	\$ 1.000.000	\$ 12.000.000
Otros costos operativos menores	Gasto	12	-	Mensual	\$ 500.000	\$ 6.000.000
					Total	\$ 18.000.000
					COSTOS TOTALES	\$ 547.921.497

Fuente: elaboración propia

El costo total alcanza los \$547.921.497 pesos, un incremento del 7,1% respecto al escenario moderado y del 7,1% respecto al pesimista. El componente más dinámico es el consumo de materia prima, que sube a 111 toneladas, elevando los costos de producción a \$183.271.817 pesos. Aunque los gastos administrativos y de ventas permanecen estables, el aumento en el consumo de insumos refleja una proyección de mayor producción.

Para los años sucesivos proyectados, ara los tres escenarios se contempla el mismo aumento porcentual de los costos por el incremento anual, calculados en el 10%.

10.4.4 Flujo De Caja Proyectado

Cada escenario considera diferentes niveles de ingreso, egresos y costos asociados, permitiendo evaluar el comportamiento financiero bajo diversas condiciones de mercado, los cuales se evidencian en la proyección de flujo de caja.

10.4.4.1 Flujo De Caja Proyectado Escenario Pesimista

A continuación, se presenta el flujo de caja proyectado bajo un escenario pesimista, en el cual se asume un comportamiento conservador del mercado, con bajos niveles de ventas y una estructura de costos sostenida o creciente.

Tabla 20

Flujo de caja proyectado escenario pesimista

Concepto/Años	2.026	2.027	2.028	2.029	2.030
INGRESOS					
Ventas de Contado	369.758.375	453.915.382	557.469.912	684.086.273	839.114.095
Ventas a Crédito	29.155.000	32.070.500	35.277.550	38.805.305	43.539.613
Total Ingresos	398.913.375	485.985.882	592.747.462	722.891.578	882.653.708
EGRESOS					
Compras al contado	142.044.034	173.382.499	210.171.903	259.141.584	316.491.863
Compras al crédito	11.837.003	14.448.542	17.514.325	21.595.132	26.374.323
Nomina	183.649.680	215.214.648	279.288.134	307.216.948	337.938.643
Pago servicios	48.000.000	60.000.000	78.000.000	102.000.000	114.000.000
Pago Arriendo	42.000.000	46.200.000	51.000.000	56.100.000	61.800.000
Otros Costos Operativos	6.000.000	6.000.000	6.000.000	7.200.000	7.800.000
Marketing y distribución	12.000.000	13.200.000	16.800.000	19.200.000	21.600.000
Seguros	1.000.000	1.200.000	1.500.000	1.600.000	2.100.000
Impuestos	11.729.815	-	62.818.426	74.021.352	71.810.099
Pago Mantenimiento					
Maquinaria	5.000.000	7.000.000	9.000.000	10.000.000	10.000.000
Pago transporte compra material	36.000.000	42.000.000	45.600.000	50.400.000	54.000.000

Pago transporte entrega material		36.000.000	38.400.000	40.800.000	45.600.000	54.000.000
Total Egresos		535.260.532	554.227.263	681.653.011	808.243.565	946.109.277
Flujo de Caja Operativo	-190000000	- 136.347.156	- 68.241.381	88.905.549	85.351.988	63.455.569
FINANCIAMIENTO						
Pago de prestamos		30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451
Total, Financiamiento		30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451
Flujo de caja financiado	-	167.146.607	- 99.040.832	- 119.705.000	- 116.151.439	94.255.020

Fuente: elaboración propia

Los ingresos totales crecen de manera progresiva, partiendo de \$398 millones en 2026 hasta alcanzar \$882 millones en 2030. Sin embargo, los egresos superan los ingresos en todo el período, con un total de \$535 millones en 2026 y \$946 millones en 2030. Esto genera un flujo de caja operativo negativo cada año, con una pérdida inicial de -\$190 millones en 2026 y una pérdida aún persistente de -\$63 millones en 2030.

10.4.4.2 Flujo De Caja Proyectado Escenario Moderado.

En la siguiente tabla se muestra el flujo de caja proyectado en un escenario moderado, considerando un crecimiento estable y controlado tanto en ingresos como en egresos. Este escenario busca representar una situación realista y balanceada del entorno operativo, en la cual se logra cierto nivel de eficiencia y se avanza progresivamente hacia la rentabilidad financiera del proyecto.

Tabla 21*Flujo de caja proyectado escenario moderado*

Concepto/Años	2.026	2.027	2.028	2.029	2.030
INGRESOS					
Ventas de Contado	413.768.622	629.921.350	959.264.622	1.460.525.447	2.223.283.887
Ventas a crédito	29.155.000	32.070.500	35.277.550	38.805.305	43.539.613
Total Ingresos	442.923.622	661.991.850	994.542.172	1.499.330.752	2.266.823.500
EGRESOS					
Compras al contado	158.950.731	240.611.669	361.652.651	553.267.757	838.564.451
Compras al crédito	13.245.894	20.050.972	30.137.721	46.105.646	69.880.372
Nomina	183.649.680	215.214.648	279.288.134	346.222.968	380.845.264
Pago servicios	48.000.000	60.000.000	78.000.000	102.000.000	114.000.000
Pago Arriendo	42.000.000	46.200.000	51.000.000	56.100.000	61.800.000
Otros Costos Operativos	6.000.000	6.000.000	6.000.000	7.200.000	7.800.000
Marketing y distribución	12.000.000	13.200.000	16.800.000	19.200.000	21.600.000
Seguros	1.000.000	1.200.000	1.500.000	1.600.000	2.100.000
Impuestos	11.729.815	- 24.746.546	13.588.535	83.347.345	226.721.152
Pago Mantenimiento					
Maquinaria	5.000.000	7.000.000	9.000.000	10.000.000	10.000.000
Pago transporte compra material	36.000.000	42.000.000	45.600.000	50.400.000	54.000.000
Pago transporte entrega material	36.000.000	38.400.000	40.800.000	45.600.000	54.000.000
Total Egresos	553.576.120	665.130.743	933.367.041	1.321.043.716	1.841.311.239
Flujo de Caja Operativo	-190000000 - 110.652.498	- 3.138.893	61.175.131	178.287.036	425.512.260
FINANCIAMIENTO					
Pago de prestamos	30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451
Total Financiamiento	30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451
Flujo de caja financiado	- 141.451.949	- 33.938.344	30.375.680	147.487.585	394.712.809

Fuente: elaboración propia

Los ingresos totales se incrementan considerablemente de \$442 millones en 2026 hasta más de \$2.266 millones en 2030. Aunque los egresos también crecen de forma significativa, el flujo de caja operativo mejora con el tiempo. A partir del año 2028, el

proyecto empieza a generar excedentes, pasando de pérdidas en los dos primeros años (-\$110 millones y -\$3 millones) a utilidades operativas positivas en los años siguientes, culminando con \$425 millones en 2030.

10.4.4.3 Flujo De Caja Proyectado Escenario Optimista.

La tabla que se presenta a continuación corresponde al flujo de caja proyectado en un escenario optimista, donde se contempla un alto crecimiento en las ventas y una buena eficiencia operativa.

Tabla 22

Flujo de caja proyectado escenario optimista

Concepto/Años	2.026	2.027	2.028	2.029	2.030
INGRESOS					
Ventas de Contado	464.063.824	1.396.646.484	2.627.900.621	4.943.822.271	9.301.488.859
Ventas a crédito	29.155.000	32.070.500	35.277.550	38.805.305	43.539.613
Total Ingresos	493.218.824	1.428.716.984	2.663.178.171	4.982.627.576	9.345.028.472
EGRESOS					
Compras al contado	178.271.817	533.478.412	990.745.623	1.872.790.006	3.508.277.939
Compras al crédito	14.855.985	44.456.534	82.562.135	156.065.834	292.356.496
Nomina	183.649.680	247.451.028	314.748.152	385.228.987	466.658.508
Pago servicios	48.000.000	60.000.000	78.000.000	102.000.000	114.000.000
Pago Arriendo	42.000.000	46.200.000	51.000.000	56.100.000	61.800.000
Otros Costos Operativos	6.000.000	6.000.000	6.000.000	7.200.000	7.800.000
Marketing y distribución	12.000.000	13.200.000	16.800.000	19.200.000	21.600.000
Seguros	1.000.000	1.200.000	1.500.000	1.600.000	2.100.000
Impuestos	11.729.815	129.821.157	365.017.588	827.016.339	1.739.658.536
Pago Mantenimiento Maquinaria	5.000.000	7.000.000	9.000.000	10.000.000	10.000.000
Pago transporte compra material	36.000.000	42.000.000	45.600.000	50.400.000	54.000.000
Pago transporte entrega material	36.000.000	38.400.000	40.800.000	45.600.000	54.000.000

Total Egresos		574.507.297	1.169.207.132	2.001.773.499	3.533.201.166	6.332.251.479
Flujo de Caja Operativo	190.000.000	81.288.473	259.509.852	661.404.672	1.449.426.409	3.012.776.993
FINANCIAMIENTO						
Pago de prestamos		30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451
Total Financiamiento		30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451	30.799.451
Flujo de caja financiado		-	-	-	-	-
		112.087.924	228.710.401	630.605.221	1.418.626.958	2.981.977.542

Fuente: elaboración propia

Los ingresos totales ascienden desde \$493 millones en 2026 hasta superar los \$9.345 millones en 2030. Aunque los egresos también se incrementan significativamente, especialmente en impuestos y compras, el flujo de caja operativo es altamente positivo desde 2028 y alcanza más de \$3.012 millones en 2030. A pesar de los pagos por préstamos, el flujo de caja financiado muestra una solidez financiera creciente, reflejando una rentabilidad sostenida y robusta.

10.4.5 Valor Presente Neto VPN

Con el fin de evaluar la rentabilidad financiera del proyecto bajo diferentes condiciones de operación, se realiza el cálculo del Valor Presente Neto (VPN) en tres escenarios: pesimista, moderado y optimista. Para ello, se considera una tasa de descuento del 5% y una inversión inicial de \$190 millones. Este análisis permite comparar el valor actual de los ingresos y egresos futuros proyectados, teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Asimismo, se incluye la relación costo-beneficio para cada año del periodo 2026–2030, lo cual facilita la toma de decisiones estratégicas en función del desempeño esperado del proyecto.

Tabla 23

VPN en diferentes escenarios

PESIMISTA		MODERADO		OPTIMISTA	
Inversión	190.000.000	Inversión	190.000.000	Inversión	190.000.000
Tasa de descuento	5%	Tasa de descuento	5%	Tasa de descuento	5%
	2026		2026		2026
VPN Ingresos	378.595.278	VPN Ingresos	420.509.799	VPN Ingresos	468.409.991
VPN Egresos	442.465.478	VPN Egresos	459.845.000	VPN Egresos	479.706.434
VPN Egresos + Inversión	632.465.478	VPN Egresos + Inversión	649.845.000	VPN Egresos + Inversión	669.706.434
Costo-Beneficio 2026	0,60	Costo-Beneficio 2026	0,65	Costo-Beneficio 2026	0,70
	2027		2027		2027
VPN Ingresos	461.389.252	VPN Ingresos	629.013.984	VPN Ingresos	1.359.228.397
VPN Egresos	474.116.660	VPN Egresos	567.767.484	VPN Egresos	996.307.473
VPN Egresos + Inversión	664.116.660	VPN Egresos + Inversión	757.767.484	VPN Egresos + Inversión	1.186.307.473
Costo-Beneficio 2027	0,69	Costo-Beneficio 2027	0,83	Costo-Beneficio 2027	1,15
	2028		2028		2028
VPN Ingresos	562.921.504	VPN Ingresos	945.583.132	VPN Ingresos	2.534.760.274
VPN Egresos	586.062.682	VPN Egresos	798.253.966	VPN Egresos	1.702.106.617
VPN Egresos + Inversión	776.062.682	VPN Egresos + Inversión	988.253.966	VPN Egresos + Inversión	1.892.106.617
Costo-Beneficio 2028	0,73	Costo-Beneficio 2028	0,96	Costo-Beneficio 2028	1,34
	2029		2029		2029
VPN Ingresos	686.708.291	VPN Ingresos	1.426.174.171	VPN Ingresos	4.743.599.718
VPN Egresos	694.456.051	VPN Egresos	1.130.518.713	VPN Egresos	3.000.014.231
VPN Egresos + Inversión	884.456.051	VPN Egresos + Inversión	1.320.518.713	VPN Egresos + Inversión	3.190.014.231
Costo-Beneficio 2029	0,8	Costo-Beneficio 2029	1,1	Costo-Beneficio 2029	1,5
	2030		2030		2030
VPN Ingresos	838.647.994	VPN Ingresos	2.156.904.938	VPN Ingresos	8.898.052.531
VPN Egresos	811.177.142	VPN Egresos	1.569.734.896	VPN Egresos	5.363.493.207
VPN Egresos + Inversión	1.001.177.142	VPN Egresos + Inversión	1.759.734.896	VPN Egresos + Inversión	5.553.493.207
Costo-Beneficio 2030	0,84	Costo-Beneficio 2030	1,23	Costo-Beneficio 2030	1,60

Fuente: elaboración propia

La siguiente tabla presenta la evolución anual de la relación costo-beneficio proyectada para el período 2026–2030 bajo tres escenarios: pesimista, conservador y optimista. Este indicador financiero permite valorar la eficiencia del proyecto en términos del retorno generado por cada unidad monetaria invertida.

Tabla 24

VPN proyectado a 5 años en diferentes escenarios

VPN/Escenario	Pesimista	Conservador	Optimista
Costo-Beneficio 2026	0,60	0,65	0,70
Costo-Beneficio 2027	0,69	0,83	1,15
Costo-Beneficio 2028	0,73	0,96	1,34
Costo-Beneficio 2029	0,78	1,08	1,49
Costo-Beneficio 2030	0,84	1,23	1,60

Fuente: elaboración propia

El análisis del Valor Presente Neto (VPN) bajo los escenarios pesimista, moderado y optimista evidencia diferencias significativas en la viabilidad financiera del proyecto. En el escenario pesimista, la relación costo-beneficio permanece por debajo de 1 durante todo el periodo proyectado (2026–2030), lo cual indica que los ingresos descontados no alcanzan a cubrir los egresos y la inversión inicial, reflejando una falta de rentabilidad. En contraste, el escenario moderado muestra una evolución positiva, con una relación costo-beneficio que supera la unidad a partir de 2029, sugiriendo que el proyecto puede recuperar su inversión y generar valor neto en el mediano plazo bajo condiciones de crecimiento

controlado. Finalmente, el escenario optimista revela una rentabilidad sostenida y creciente desde 2027, alcanzando una relación costo-beneficio de 1,60 en 2030, lo que indica un alto retorno sobre la inversión y una fuerte capacidad de generación de valor presente. Estos resultados permiten concluir que la rentabilidad del proyecto es altamente sensible al comportamiento del mercado y al nivel de ejecución operativa.

10.4.6 Tasa Interna De Retorno TIR

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador financiero clave utilizado para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Representa la tasa de descuento que hace que el Valor Presente Neto (VPN) sea igual a cero, es decir, el punto de equilibrio entre los flujos de ingresos y egresos descontados a lo largo del tiempo. Para el presente proyecto, la tasa de descuento es del 5%.

Tabla 25

TIR proyectada a 5 años en escenario pesimista

Escenario pesimista						
	Inversión inicial	2026	2027	2028	2029	2030
Flujo de Caja Operativo	-	-	-	-	-	-
	190.000.000	136.347.156	68.241.381	88.905.549	85.351.988	63.455.569
Tasa			5%			
VPN						578.489.725
TIR						#¡NUM!

Fuente: elaboración propia

En este escenario, los flujos de caja operativos proyectados son negativos durante todo el período analizado, lo cual impide calcular una TIR válida (resultado #¡NUM!). Esto se debe a que no existe un punto en el que los ingresos netos superen a los egresos, ni se alcanza un cambio de signo en los flujos que permita resolver la ecuación del VPN igual a cero. Lo cual confirma que el proyecto, bajo condiciones desfavorables, no es rentable desde ninguna perspectiva financiera.

Tabla 26*TIR proyectada a 5 años en escenario moderado*

	Escenario moderado					
	inversión inicial	2026	2027	2028	2029	2030
Flujo de Caja Operativo	-	-	-	61.175.131	178.287.036	425.512.260
Tasa			5%			
VPN			234.692.153			
TIR			21%			

Fuente: elaboración propia

El resultado del escenario moderado arroja una TIR del 21%, lo cual supera ampliamente la tasa de descuento del 5%. Esto indica que el proyecto genera un rendimiento aceptable bajo condiciones de operación realistas, recuperando la inversión inicial y generando valor adicional. La recuperación progresiva de los flujos positivos a

partir de 2028 confirma una mejora en la sostenibilidad financiera, haciendo viable su ejecución si se logran mantener los supuestos del escenario.

Tabla 27

TIR proyectada a 5 años en escenario optimista

Escenario optimista						
	inversión inicial	2026	2027	2028	2029	2030
Flujo de Caja Operativo	-	-	259.509.852	661.404.672	1.449.426.409	3.012.776.993
Tasa			5%			
VPN			4.092.348.017			
TIR			123%			

Fuente: elaboración propia

En el escenario optimista, la TIR alcanza un valor del 123%, reflejando una rentabilidad extraordinariamente alta. Esta cifra se justifica por el comportamiento exponencial de los flujos de caja operativos, especialmente a partir del año 2028, donde los ingresos superan ampliamente los egresos. Bajo estas condiciones, el proyecto no solo es altamente rentable, sino que presenta un bajo riesgo de recuperación del capital invertido, posicionándose como una inversión altamente atractiva.

La TIR en los tres escenarios revela una clara sensibilidad del proyecto frente a las condiciones del entorno operativo. En el escenario pesimista, la imposibilidad de calcular la TIR evidencia la inviabilidad financiera del proyecto bajo condiciones adversas. En cambio, el escenario moderado muestra una TIR del 21%, reflejando un nivel de rentabilidad aceptable y sostenible si se cumplen los supuestos de crecimiento controlado. Finalmente, el escenario optimista presenta una TIR del 123%, que indica un altísimo rendimiento del proyecto en condiciones favorables.

10.4.7 WACC (Weighted Average Cost of Capital o Costo Promedio Ponderado de Capital)

El Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC, por sus siglas en inglés) es un indicador clave en la evaluación financiera de proyectos, ya que representa el costo promedio que incurre una empresa para financiar sus operaciones, ponderando la participación del capital propio y de la deuda. Este cálculo considera no solo las proporciones de financiación, sino también el costo de cada fuente y su impacto fiscal, permitiendo establecer una tasa mínima de retorno que debe superar el proyecto para ser considerado rentable.

A continuación, se detallan los componentes utilizados para el cálculo del Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC), los cuales reflejan la estructura de financiamiento del proyecto. Se considera una inversión total de \$190.000.000, financiada mediante una combinación de recursos propios y obligaciones financieras. Asimismo, se

incluyen el costo de oportunidad del capital, el costo de la deuda y el efecto fiscal derivado del impuesto a la renta.

Tabla 28

Datos para el cálculo de WACC

Aspecto	Valor	Porcentaje
INVERSIÓN	\$ 190.000.000,00	Mezcla de K
Recursos Propios	\$ 90.000.000,00	47%
Obligación Financiera	\$ 100.000.000,00	53%
Costo de la Deuda		19%
Impuesto a la Renta		33%
Costo de Oportunidad		22%

Fuente: elaboración propia

Tabla 29

Cálculo de WACC

		MEZCLA			
	MONTO	DE K	COSTO	PONDERADO	
Recursos Propios	\$ 90.000.000	47%	22,0%	10,4%	
Obligación Financiera	\$ 100.000.000	53%	12,4%	6,5%	
TOTAL	\$ 190.000.000	1		16,9%	

Fuente: elaboración propia

El WACC muestra un costo promedio ponderado de capital del 16,9%, resultado de una estructura de financiamiento compuesta por un 47% de recursos propios con un costo del 22% y un 53% de deuda con un costo ajustado del 12,4% (considerando

beneficios fiscales por deducibilidad de intereses). Este valor indica que el proyecto debe generar una rentabilidad superior al 16,9% para ser financieramente viable.

10.4.8 Comparación TIR - WACC)

La comparación entre la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) constituye un criterio fundamental para la evaluación de proyectos de inversión, ya que permite determinar si la rentabilidad esperada es suficiente para cubrir el costo del financiamiento. La TIR representa la tasa de retorno del proyecto, mientras que el WACC indica el costo mínimo que deben superar los rendimientos para justificar la inversión desde el punto de vista financiero.

Tabla 30

Comparación TIR vs WACC

Escenario	TIR	WACC
Pesimista	#¡NUM!	16,9%
Moderado	21%	16,9%
Optimista	123%	16,9%

Fuente: elaboración propia

El análisis comparativo evidencia que en el escenario pesimista no es posible calcular una TIR válida, debido a que los flujos de caja proyectados son negativos y no

permiten alcanzar un valor presente neto igual a cero, lo que indica que el proyecto no logra cubrir su costo de capital ($WACC = 16,9\%$) y por tanto resulta inviable. En el escenario moderado, la TIR es del 21%, superando ligeramente el WACC, lo que sugiere que el proyecto podría generar una rentabilidad marginalmente superior al costo de su financiación, siendo viable, aunque con un margen ajustado. Finalmente, en el escenario optimista, la TIR alcanza un 123%, ampliamente superior al WACC, lo que refleja una rentabilidad excepcional y un alto potencial de creación de valor.

11 Conclusiones

En el escenario pesimista, el proyecto resulta inviable debido a que los flujos de caja operativos permanecen negativos durante todo el horizonte 2026–2030, y la relación costo-beneficio nunca supera la unidad. Esta condición impide calcular una Tasa Interna de Retorno (TIR) válida, lo que indica que, sin la implementación de acciones correctivas, la inversión inicial no se recupera ni se cubre el costo de capital. Esta situación revela una elevada vulnerabilidad ante condiciones adversas y refuerza la necesidad de una gestión proactiva en contextos de riesgo.

En contraste, el escenario moderado muestra una recuperación gradual, alcanzando el punto de equilibrio financiero en 2029. A partir de ese año, la relación costo-beneficio supera 1 y la TIR alcanza el 21 %, superando el costo promedio ponderado de capital (WACC) del 16,9 %. Sin embargo, este escenario presenta un horizonte de recuperación prolongado, con un periodo de maduración de cuatro años y un margen de maniobra

limitado, ya que la TIR apenas rebasa el umbral mínimo de rentabilidad. Cualquier desviación negativa en los ingresos o aumento de costos podría comprometer su viabilidad.

Por otro lado, el escenario optimista refleja una alta rentabilidad, con una TIR del 123 % y una relación costo-beneficio de 1,60 en 2030, lo que sugiere un amplio margen de seguridad financiera. No obstante, los análisis también evidencian una elevada sensibilidad a variaciones en el volumen de ventas, que impactan exponencialmente tanto el Valor Presente Neto (VPN) como la TIR, lo que hace crítico el control de la demanda y del mercado. Además, el costo de capital se revela como un factor determinante, pues solo los escenarios que superan el WACC resultan viables, destacando la importancia de una estructura financiera eficiente y bien ajustada al riesgo del proyecto.

11 Recomendaciones

Para fortalecer la estrategia comercial y acercarse a los resultados del escenario optimista, se propone diseñar e implementar campañas de marketing focalizadas, junto con acuerdos de distribución que permitan aumentar las ventas entre un 10 y un 15 % anual. Esta acción debe acompañarse de una diversificación tanto de productos como de mercados, mediante la introducción de líneas complementarias con valor agregado y la exploración de nuevos territorios regionales. Esta diversificación permitirá mitigar riesgos asociados a la concentración en un solo segmento y aumentar la resiliencia ante variaciones en la demanda.

En paralelo, es fundamental establecer un control riguroso sobre los costos operativos. Esto implica la implementación de un programa de eficiencia que contemple la revisión periódica de proveedores, la subcontratación selectiva y el monitoreo constante de consumos energéticos, con el fin de reducir los costos variables en un 5 % anual. Adicionalmente, se recomienda la implementación de un Cuadro de Mando Integral (CMI) con indicadores clave como ventas, margen bruto, flujo de caja real versus proyectado y rotación de inventarios. Las revisiones trimestrales de estos indicadores permitirán realizar ajustes tácticos y estratégicos de manera oportuna.

Desde el punto de vista financiero, se sugiere establecer un plan de contingencia que asegure la liquidez del proyecto. Esto incluye la apertura de líneas de crédito revolventes y la incorporación de cláusulas de renegociación de plazos con proveedores, garantizando así una cobertura mínima de seis meses de costos operativos. Además, en contextos de desempeño favorable, se plantea una política de reinversión de excedentes, destinando un porcentaje definido —por ejemplo, el 30 %— a la expansión de la capacidad productiva o al desarrollo de nuevas tecnologías, con el objetivo de asegurar un crecimiento sostenido y competitivo a largo plazo.

13 Bibliografía

- ARCE BASTIAS, F. F. (2022). *Beneficios ambientales del reciclaje de residuos plásticos posconsumo para la producción de postes en Mendoza, Argentina*. Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 25(2), 13–24.
- BOLAÑOS-BRICEÑO, J. A.-M.-N. (2018). Recuperadores de materiales plásticos de Villavicencio: un aporte a la sustentabilidad de la ciudad.,. *Revista Agustiniana*, 13, 33–56.
- CAZELLA, P. H. (2024). *Polyethylene terephthalate (PET) as a recycled raw material for particleboards produced from Pinus wood and biopolymer resin*. *Journal of Cleaner Product*.
- CEMENTOS TORICES. (29 de junio de 2025). *CEMENTOS TORICES*.
<https://cementostorices.com/blog/construccion/postes-de-concreto/#:~:text=En%20cuesti%C3%B3n%20de%20durabilidad%2C%20estos,cual%20se%20elabore%20el%20poste>
- CONTEXTO GANADERO. (28 de mayo de 2024). *CONTEXTO GANADERO*.
<https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/postes-de-cemento-para-la-finca-por-que-son-mas-baratos-que-los-de-madera-y-plastico>
- DNP, D. N. (2018). *Política de Crecimiento Verde (CONPES 3934)*. Bogotá:: DNP.
- ECOREVIVE. (junio 25 de 2025). *ECOREVIVE* . <https://ecorevivebogota.com/productos/poste-plastico#:~:text=Los%20postes%20de%20pl%C3%A1stico%20reciclado,a%C3%B1os%20sin%20necesidad%20de%20reemplazo>
- ELKINGTON, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone Publishing.
- GEYER R Jambeck, J. &. (2020). *Production, use, and fate of all plastics ever made*. *Science Advances*, 3(7). e1700782. <https://doi.org/https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- HERNANDEZ, L. (28 de junio de 2025). *SONILEC*. <https://sonilec.mx/cuanto-tiempo-de-vida-util-tienen-los-postes-de-luz/?srsltid=AfmBOoqNaC033QezkVLaSW49GQSdkguTufWm8Z4OOjdXb3sPPenEJYcy#:~:text=concreto%20tienen%20una%20vida%20%C3%BAtil,mantenimiento%20que%20se%20les%20brinde>
- KIANFAR, E. K. (2024). *Polyethylene terephthalate (PET) recycling: A review*. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9,. 100673.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100673>

- MADS, M. d. (2015). Plan Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos – PNGIRS.: https://sigestion.minambiente.gov.co/files/mod_documentos/documentos/M-E-SIG-03/versiones/Plan%20de%20gestion%20integral%20d
- MINAMBIENTE, M. d. (2015). *Secretaría de Ambiente de Villavicencio*. Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de Villavicencio.
- PLANEACIÓN, D. N. (2016). *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos CONPES 3874*. Bogotá:: Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- POVEDA, F. (2015). En *Análisis del Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos (PGIRS) del municipio de Villavicencio*. Bogotá:: Universidad Nacional de Colombia (Tesis).
- RAMESH, M. R. (2022). *A critical review on wood-based polymer composites: Processing, properties, and prospects*. *Polymers*, 14(3), 589. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym14030589>
- UNIVERSIDAD DE CALDAS., U. D. (2018). Estudio sobre la viabilidad de productos estructurales a partir de plásticos reciclados en Colombia.
- VILLAVICENCIO, A. d. (15 de enero de 2021). Ciudadanos podrán entregar sus residuos aprovechables a 15 asociaciones de reciclaje.: <https://historico.villavicencio.gov.co>
- ZAPATA BRAVO, A. V.-D.-R. (2021). *The Circular Economy of PET bottles in Colombia*. *Cuadernos de Administración*, 37(70),. <https://doi.org/10.25100/cdea.v37i70.10912>.
<https://doi.org/e2310912>.

Anexos

Anexo 1 Instrumento encuesta realizada

Información General	Nombre de la empresa o entidad	
	Ciudad y departamento	Villavicencio -Meta
	Tipo de actor (productor, proveedor de materia prima, usuario final, otro)	
	Años de experiencia en el sector	

1 - Totalmente en desacuerdo, 2 - En desacuerdo, 3 - Neutral, 4 - De acuerdo, 5 - Totalmente de acuerdo

		1	2	3	4	5
Preferencias y Percepciones	Prefiere utilizar postes elaborados con plástico reciclado					
Preferencias y Percepciones	Prefiere utilizar postes elaborados con madera					
Preferencias y Percepciones	Prefiere utilizar postes elaborados con concreto					
Preferencias y Percepciones	Considera que los postes de plástico reciclado son una buena alternativa frente a los tradicionales					
Preferencias y Percepciones	Cree que los postes de plástico reciclado tienen buena aceptación en el mercado					
Comparación entre tipos de postes	Durabilidad del poste de plástico reciclado es mejor comparada con los de concreto					
Comparación entre tipos de postes	Durabilidad del poste de plástico reciclado es mejor comparada con los de madera					
Comparación entre tipos de postes	Costo del poste de plástico reciclado es menor comparado con concreto					
Comparación entre tipos de postes	Costo del poste de plástico reciclado es menor comparado con los de madera					
Comparación entre tipos de postes	La instalación del poste de plástico reciclado es más versátil y sencillo					
Comparación entre tipos de postes	El transporte del poste de plástico reciclado es más sencillo					
Comparación entre tipos de postes	Seguridad estructural del poste de plástico reciclado frente a otras alternativas					
Factores de decisión	La resistencia del poste es un factor determinante en su elección					
Factores de decisión	El precio es un factor determinante en su elección					
Factores de decisión	La facilidad de adquisición o disponibilidad influye en su decisión de compra					
Sostenibilidad y medio ambiente	Está dispuesto a pagar más por un producto reciclado y amigable con el ambiente					
Sostenibilidad y medio ambiente	Considera importante reducir el uso de madera para proteger los bosques					
Sostenibilidad y medio ambiente	Cree que el uso de plásticos reciclados ayuda a reducir la contaminación ambiental					

Anexo 2 Guía De Entrevista Semiestructurada

Proyecto: Viabilidad Económica de la Elaboración de Postes con Material Plástico Reciclado

Lugar: Villavicencio, Meta

Objetivo de la entrevista: Recoger la percepción de actores clave sobre la viabilidad técnica, económica y ambiental de los postes fabricados con material plástico reciclado.

Tipo de entrevista: Semiestructurada

Duración estimada: 25 - 35 minutos

DATOS GENERALES DEL ENTREVISTADO

Nombre:

Entidad o Empresa:

Cargo o función:

Experiencia en el área:

Fecha de la entrevista:

Nombre del entrevistador:

BLOQUE 1: PREFERENCIAS Y PERCEPCIONES GENERALES

¿Ha tenido experiencia utilizando postes fabricados con materiales reciclados?

¿Cuál es su opinión general sobre el uso de postes de plástico reciclado en comparación con los postes tradicionales (madera, concreto)?

¿Considera que existe apertura en el mercado local para este tipo de productos? ¿Por qué?

BLOQUE 2: COMPARACIÓN ENTRE TIPOS DE POSTES

En su experiencia, ¿cómo compara la durabilidad de los postes de plástico reciclado con los de concreto?

¿Y con los de madera?

¿Cómo evalúa el costo inicial de adquisición de los postes de plástico reciclado en comparación con los de concreto o madera?

Desde el punto de vista técnico u operativo, ¿cree que los postes reciclados son más fáciles de transportar e instalar?

¿Confía en la seguridad estructural de los postes reciclados? ¿Qué aspectos considera críticos?

BLOQUE 3: FACTORES DE DECISIÓN DE COMPRA

¿Qué factores considera más importantes al momento de decidir qué tipo de poste adquirir? (Ejemplo: precio, resistencia, estética, disponibilidad, sostenibilidad)

¿Qué peso tienen la marca o la reputación del proveedor en su decisión de compra?

¿Estaría dispuesto a cambiar de proveedor si encuentra un producto más económico y sostenible?

BLOQUE 4: SOSTENIBILIDAD Y AMBIENTE

¿Qué importancia le da a la sostenibilidad ambiental al momento de elegir insumos para infraestructura o producción?

¿Estaría dispuesto a pagar un poco más por un producto reciclado y amigable con el ambiente?

¿Considera que el uso de postes de plástico reciclado puede contribuir significativamente a la reducción de residuos y protección de bosques?

BLOQUE 5: RECOMENDACIONES Y CIERRE

¿Qué condiciones cree que deberían cumplirse para que este tipo de producto tenga mayor aceptación en el mercado local?

¿Qué barreras ve actualmente para la producción o comercialización de postes con material plástico reciclado?

¿Qué recomendaciones daría para quienes deseen implementar este tipo de proyecto?