



**MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE
RESIDUOS SÓLIDOS EN BOGOTÁ CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL
ESTÁNDAR P5 DE GPM**

Waded Andrea Arias Cuevas

Ivan David Diaz Ramírez

Universidad EAN

Ingeniería

Maestría en gerencia de Proyectos

Bogotá, Colombia

día/mes/año

**MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE
RESIDUOS SÓLIDOS EN BOGOTÁ CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR
P5 DE GPM**

Waded Andrea Arias Cuevas

Ivan David Diaz Ramírez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Gerencia de Proyectos

Director (a):

William López Castrillón

Modalidad:

Monografía

Universidad EAN

Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

Bogotá, Colombia

Marzo/2026

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Ciudad, día/mes/año

A Dios por acompañar este gran camino de
aprendizaje

“El desarrollo sostenible es el desarrollo
que satisface las necesidades del presente
sin comprometer la capacidad de las
futuras generaciones.”
Comisión Brundtland (1987)

Agradecimientos

Agradecemos a los docentes de la universidad quienes orientaron y brindaron sus conocimientos para nuestro crecimiento académico, otorgando espacios agradables de aprendizaje; igualmente a la universidad EAN por encaminar nuestro amor por la sostenibilidad y la innovación.

A nuestros hijos quienes apoyaron nuestro proceso de formación y el fuerte deseo de autorrealización constante y a nuestras madres quienes siempre han creído en nuestros sueños y anhelos por hacer parte de un mundo más consciente.

Resumen

La gestión de residuos sólidos en Bogotá enfrenta una crisis de sostenibilidad que exige soluciones estructurales desde la gerencia de proyectos. El Relleno Sanitario Doña Juana recibe diariamente 6.500 toneladas de residuos, de las cuales aproximadamente el 80% posee potencial de aprovechamiento mediante reutilización, reciclaje o valorización energética. La presente monografía tiene como objetivo diseñar un modelo de gestión sostenible para la disposición final de residuos sólidos en la ciudad, fundamentado en el estándar P5 de Green Project Management (GPM), el cual integra las dimensiones de producto, proceso, personas, planeta y prosperidad bajo el enfoque de triple resultado (económico, social y ambiental). La investigación adoptó un enfoque metodológico mixto con alcance descriptivo y propositivo, combinando la aplicación de una encuesta a una muestra válida de N=384 ciudadanos (calculada para un nivel de confianza del 95% y margen de error del 5%), la realización de un grupo focal con siete expertos en gestión ambiental y el uso de la matriz P5 Impact Assessment (P5IA) para el análisis de impactos de sostenibilidad. Los hallazgos evidencian una brecha significativa entre el marco normativo vigente y su implementación efectiva, mientras el 47,5% de los ciudadanos declara separar sus residuos en origen, la recolección continúa realizándose de forma mezclada, con una eficiencia percibida de apenas 1,82 sobre 5. El diagnóstico identificó debilidades críticas en trazabilidad de materiales, ausencia de tecnologías de valorización a escala y deficiencias en la recolección selectiva. El modelo propuesto estructura un Plan de Gestión de Sostenibilidad articulado en cinco ejes estratégicos: infraestructura distribuida de aprovechamiento, sistema de trazabilidad con tecnologías IoT y blockchain, inclusión

socioeconómica mediante la formalización de 15.000 recicladores de oficio, fortalecimiento institucional con indicadores de desempeño bajo P5, y una meta de reducción del 70% de residuos enterrados para el año 2035. El modelo contribuye directamente al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible 12 (Producción y consumo responsables) y genera impactos transversales en otros ODS relacionados con trabajo decente, ciudades sostenibles, acción climática e innovación. Las proyecciones a diez años estiman una reducción de 8 millones de toneladas de CO₂ equivalente, la creación de 25.000 empleos verdes y un beneficio económico neto de \$500.000 millones para la ciudad.

Palabras clave: gestión sostenible, residuos sólidos, disposición final, relleno sanitario, estándar P5, economía circular, Green Project Management, Objetivos de Desarrollo Sostenible, gerencia de proyectos.

Abstract

Solid waste management in Bogotá is facing a sustainability crisis that demands structural solutions from a project management perspective. The Doña Juana Sanitary Landfill receives 6,500 tons of waste daily, approximately 80% of which has the potential for recovery through reuse, recycling, or energy valorization. This monograph aims to design a sustainable management model for solid waste final disposal in the city, grounded in the Green Project Management (GPM) P5 Standard, which integrates the dimensions of product, process, people, planet, and prosperity under the triple bottom line approach (economic, social, and environmental). The research adopted a mixed-methods approach with descriptive and propositional scope, combining a survey administered to a valid sample of N=384 citizens (calculated for a 95% confidence level and 5% margin of error), a focus group with seven environmental management experts, and the P5 Impact Assessment (P5IA) matrix for sustainability impact analysis. The findings reveal a significant gap between the existing regulatory framework and its effective implementation, while 47.5% of citizens report separating their waste at source, collection continues to be carried out in mixed form, with a perceived efficiency of only 1.82 out of 5. The assessment identified critical weaknesses in material traceability, absence of large-scale valorization technologies, and deficiencies in selective collection. The proposed model structures a Sustainability Management Plan articulated across five strategic pillars: distributed recovery infrastructure, a traceability system using IoT and blockchain technologies, socioeconomic inclusion through the formalization of 15,000 waste pickers, institutional strengthening with P5-based performance indicators, and a target of reducing

landfilled waste by 70% by 2035. The model directly contributes to the achievement of Sustainable Development Goal 12 (Responsible consumption and production) and generates cross-cutting impacts on other SDGs related to decent work, sustainable cities, climate action, and innovation. Ten-year projections estimate a reduction of 8 million tons of CO₂ equivalent, the creation of 25,000 green jobs, and a net economic benefit of \$500 billion for the city.

Keywords: sustainable management, solid waste, final disposal, sanitary landfill, P5 standard, circular economy, Green Project Management, Sustainable Development Goals, project management.

Contenido

	Pág.
Lista de Figuras	10
Lista de Tablas	11
1. Introducción	13
2. Objetivos.....	17
<i>2.1 Objetivo general.....</i>	<i>17</i>
<i>2.2 Objetivos específicos.....</i>	<i>17</i>
3. Justificación	18
<i>3.1 Justificación ambiental</i>	<i>18</i>
<i>3.2 Justificación social.....</i>	<i>19</i>
<i>3.3 Justificación económica.....</i>	<i>20</i>
<i>3.4 Justificación institucional</i>	<i>21</i>
4. Marco Teórico	22
<i>4.1 Disposición Final de Residuos en Europa y América Latina.....</i>	<i>22</i>
<i>4.2 Disposición Final de Residuos en Bogotá.....</i>	<i>23</i>
<i>4.3 Normativa</i>	<i>29</i>
<i>4.4 Estándar P5 de GPM.....</i>	<i>30</i>
5. Hipótesis.....	39

6. Variables.....	40
Variables de diagnóstico del sistema	40
Variables de percepción de actores	41
Variables de evaluación de impactos P5	42
7. Metodología	43
<i>7.1 Enfoque y alcance de la investigación</i>	<i>43</i>
<i>7.2 Población y Muestra</i>	<i>44</i>
<i>7.3 Instrumentos.....</i>	<i>46</i>
<i>7.4 Técnicas para el análisis de la información</i>	<i>48</i>
8. Trabajo de Campo.....	53
<i>8.1 Resultados del análisis cuantitativo: Encuesta de percepción ciudadana</i>	<i>53</i>
<i>8.4 Resultados de la evaluación de impactos: Matriz P5IA.....</i>	<i>64</i>
<i>8.5 Análisis de impactos en la dimensión Planeta</i>	<i>66</i>
9. Análisis de resultados	68
<i>9.1 Medidas de frecuencia Datos Demográficos</i>	<i>68</i>
<i>9.2 Medidas de frecuencia, Conocimiento y Practicas</i>	<i>69</i>
<i>9.3 Medidas de frecuencia Percepción Ciudadana.....</i>	<i>69</i>
<i>9.4 Análisis de Tendencias Centrales</i>	<i>70</i>
<i>9.5 Análisis grupo focal enfoque Cualitativo.....</i>	<i>71</i>
<i>9.6 Análisis de Patrones (Focus Group).....</i>	<i>72</i>

MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN BOGOTÁ CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR P5 DE GPM	10
9.7 <i>Análisis matriz P5IA</i>	73
10. Análisis del contexto institucional: Aplicación del marco PESTEL	75
10.1 <i>Dimensión Política</i>	75
10.2 <i>Dimensión Económica</i>	76
10.3 <i>Dimensión Social</i>	78
10.4 <i>Dimensión Tecnológica</i>	79
10.5 <i>Dimensión Ecológica</i>	81
10.6 <i>Dimensión Legal</i>	82
10.7 <i>Síntesis del análisis PESTEL: Oportunidades y amenazas</i>	83
11. Propuesta de solución: Modelo de Gestión Sostenible basado en el Estándar P5	85
11.1 <i>Síntesis de la situación actual</i>	85
11.2 <i>Oportunidades identificadas</i>	87
11.3 <i>Arquitectura del modelo de gestión sostenible</i>	88
11.4 <i>Desarrollo de los ejes estratégicos</i>	89
11.5 <i>Plan de implementación por fases</i>	99
11.6 <i>Estructura de gobernanza del modelo</i>	104
11.7 <i>Estimación presupuestal y fuentes de financiamiento</i>	106
11.8 <i>Sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs)</i>	109
11.9 <i>Mecanismos de seguimiento y control</i>	112
12. Discusión	114

**MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE PARA LA DISPOSICIÓN
FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN BOGOTÁ CON LA
IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR P5 DE GPM**

11

<i>12.1 Interpretación de los hallazgos principales</i>	<i>114</i>
<i>12.2 Contraste con el marco teórico y antecedentes.....</i>	<i>117</i>
<i>12.3 Implicaciones del estudio</i>	<i>120</i>
<i>12.4 Aportes del modelo propuesto.....</i>	<i>121</i>
13. Conclusiones	122
<i>13.1 Conclusiones respecto al primer objetivo específico</i>	<i>122</i>
<i>13.2 Conclusiones respecto al segundo objetivo específico.....</i>	<i>123</i>
<i>13.3 Conclusiones respecto al tercer objetivo específico</i>	<i>125</i>
<i>13.4 Validación de la hipótesis</i>	<i>126</i>
<i>13.5 Limitaciones del estudio.....</i>	<i>129</i>
<i>13.6 Trabajo futuro y recomendaciones</i>	<i>132</i>
Referencias	133
Anexos	141
Anexo A. Cuestionario Encuesta	141
Anexo B. Grupo Focal con Expertos	144
Anexo C. Matriz P5IA	145

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1	26
<i>Cantidad de Residuos dispuestos en Parque Innovación Doña Juana 2012 – 2024</i>	<i>26</i>
Figura 2	28
<i>Comportamiento anual generación de residuos domiciliarios y su aprovechamiento.</i>	<i>28</i>
Figura 3	57
<i>Distribución de frecuencias de variables de conocimiento y prácticas</i>	<i>57</i>
Figura 4	58
<i>Distribución de frecuencias de variables de percepción ciudadana.....</i>	<i>58</i>
Figura 5	65
<i>Resultados de la evaluación P5IA - Dimensión Personas</i>	<i>65</i>
Figura 6	66
<i>Resultados de la evaluación P5IA - Dimensión Planeta</i>	<i>66</i>
Figura 7	67
<i>Resultados de la evaluación P5IA - Dimensión Prosperidad.....</i>	<i>67</i>

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1	24
<i>Programas y Proyectos Planes de Desarrollo 2012 – 2027.....</i>	24
Tabla 2	34
<i>Comparativo Estándares y Normas Internacionales.</i>	34
Tabla 3	40
<i>Variables de estudio</i>	40
Tabla 4	45
<i>Formula muestreo población finita</i>	45
Tabla 5	55
<i>Distribución de frecuencias de variables sociodemográficas.....</i>	55
Tabla 6	59
<i>Medidas de tendencia central para variables de percepción (escala 1-5).....</i>	59
Tabla 7	63
<i>Categorización del análisis temático del grupo focal</i>	63
Tabla 8	83
<i>Síntesis del análisis PESTEL: Oportunidades y amenazas para el modelo de gestión sostenible</i>	83

Tabla 9.....

88

Arquitectura del modelo de gestión sostenible: Ejes estratégicos y componentes

88

Tabla 10

103

Cronograma de implementación del modelo de gestión sostenible

103

Tabla 11

106

Estimación de inversiones por componente del modelo (millones de pesos colombianos)

106

Tabla 12

107

Proyección de costos operativos anuales del modelo (millones de pesos colombianos).....

107

Tabla 13

110

Matriz de indicadores clave de desempeño (KPIs) del modelo de gestión sostenible

110

1. Introducción

La gestión integral de residuos sólidos constituye uno de los desafíos más apremiantes para las grandes urbes latinoamericanas en el siglo XXI. En la región, cerca del 90% de los residuos generados terminan en rellenos sanitarios o botaderos a cielo abierto, lo que representa una pérdida significativa de materiales con potencial de valorización y genera impactos ambientales de largo plazo asociados a la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación de suelos y la afectación de recursos hídricos (Kaza et al., 2018). Este panorama adquiere especial relevancia en contextos urbanos de alta densidad poblacional, donde la presión sobre los sitios de disposición final se incrementa de manera sostenida y exige repensar los modelos de gestión desde enfoques que trasciendan la visión operativa tradicional hacia perspectivas integrales de sostenibilidad.

Bogotá, como principal centro urbano de Colombia con una población que supera los 7,9 millones de habitantes, enfrenta esta problemática de manera crítica. El Relleno Sanitario Doña Juana, único sitio de disposición final autorizado para la ciudad y algunos municipios circunvecinos, recibe diariamente aproximadamente 6.500 toneladas de residuos sólidos, de las cuales cerca del 80 % posee potencial de aprovechamiento a través de procesos de reutilización, reciclaje o valorización energética (Greenpeace Colombia, 2024). Este sitio, que inició operaciones el 1 de noviembre de 1988 mediante la Resolución 2133 del 29 de diciembre de 2000, con licencia ambiental otorgada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), ocupa un área aproximada de 600 hectáreas en la localidad de Ciudad Bolívar y ha sido escenario de múltiples

emergencias ambientales que evidencian las limitaciones del modelo actual de gestión, Mora-LeMus, G. (2025).

La operación del relleno sanitario implica el confinamiento de residuos en celdas que se conforman progresivamente en capas cubiertas con materiales como arcilla y tierra para mitigar el impacto ambiental. Durante la descomposición anaerobia de la materia orgánica, se generan lixiviados, líquidos altamente contaminantes que requieren tratamiento especializado, así como biogás compuesto principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), Cunningham, W. P. (2023). Si bien desde 2009 el proyecto Biogás Colombia ha permitido aprovechar parte de estas emisiones para la generación de energía eléctrica, constituyéndose en la única iniciativa de este tipo en el país (Biogás Colombia, 2025), la capacidad instalada resulta insuficiente frente al volumen de gases producidos y el relleno continúa operando bajo un modelo predominantemente lineal que desaprovecha el potencial de circularidad de los materiales.

Esta situación evidencia la necesidad de transitar hacia modelos de gestión que incorporen la sostenibilidad como principio rector desde la formulación misma de los programas y proyectos asociados al manejo de residuos. Esta perspectiva resulta consistente con los planteamientos de Martens y Carvalho (2017), quienes argumentan que la gerencia de proyectos sostenibles debe considerar los impactos a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto y sus entregables, superando la visión tradicional centrada exclusivamente en los criterios de alcance, tiempo y costo.

En este contexto, el estándar P5 de Green Project Management (GPM) emerge como un marco de referencia particularmente pertinente para abordar la problemática de la disposición final de residuos sólidos. A diferencia de otros estándares de gestión de

proyectos que incorporan la sostenibilidad de manera complementaria, el P5 sitúa las dimensiones de Personas, Planeta, Prosperidad, Procesos y Productos como elementos estructurantes del ciclo de vida del proyecto, ofreciendo una metodología sistemática para identificar, medir y gestionar los impactos de sostenibilidad en cada fase de la intervención (GPM Global, 2019). Esta característica lo convierte en una herramienta idónea para vincular la gestión de proyectos con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, particularmente con el ODS 12 referido a la producción y el consumo responsables, que establece como meta la reducción sustancial de la generación de desechos mediante políticas de prevención, reducción, reciclaje y reutilización (Naciones Unidas, 2015).

La implementación de estándares de sostenibilidad en la gestión de proyectos de residuos sólidos adquiere relevancia adicional en el marco normativo colombiano. La Ley 152 de 1994 establece el procedimiento para la ejecución de los planes de desarrollo tanto a nivel nacional como territorial, incorporando la sustentabilidad ambiental como principio general (Congreso de Colombia, 1994). El Plan Distrital de Desarrollo 2024-2027 "Bogotá Camina Segura" ha articulado su planificación con los ODS y la Agenda 2030, estructurando 39 programas que integran dimensiones económicas, sociales y ambientales (Acuerdo 927, 2024). Dentro de este marco, el programa 25 "Aumento de la resiliencia climática y disminución de la vulnerabilidad" constituye el eje a partir del cual se deriva el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) 2024-2028, que incluye el programa de Disposición Final como uno de sus 14 componentes (UAESP, 2024).

A partir de este contexto, la presente investigación formula la siguiente pregunta:
¿De qué manera se puede estructurar un modelo de gestión para la disposición final de

residuos sólidos de la ciudad de Bogotá que garantice la sostenibilidad integral, mediante la aplicación de las dimensiones del estándar P5 de Green Project Management? Esta interrogante orienta el desarrollo de un trabajo que busca aportar elementos metodológicos y operativos para la transformación del sistema actual de disposición final hacia un modelo alineado con los principios de economía circular y desarrollo sostenible.

El documento se estructura iniciando con los objetivos y la justificación multidimensional del estudio. Luego, el marco teórico desarrolla los antecedentes y conceptos fundamentales sobre la disposición final de residuos, la economía circular y el estándar P5 de GPM, dando paso a la formulación de la hipótesis. Posteriormente, se detalla la metodología de enfoque mixto y se presentan los resultados del trabajo de campo, los cuales incluyen un análisis PESTEL. A partir de estos hallazgos, se plantea el modelo de gestión sostenible con sus respectivos componentes, indicadores y ruta de implementación. Finalmente, la discusión contrasta los resultados con el marco teórico y la literatura previa, mientras que las conclusiones sintetizan los aportes de la investigación y proyectan futuras líneas de estudio.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar un modelo de gestión sostenible para la disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Bogotá, mediante la aplicación del estándar P5 de Green Project Management (GPM), que integre las dimensiones de personas, planeta, prosperidad, procesos y productos orientado a la transición hacia un sistema de economía circular.

2.2 Objetivos específicos

1. Diagnosticar las brechas de sostenibilidad en la operación actual del Relleno Sanitario Doña Juana, mediante la evaluación integral de las dimensiones de producto y proceso del estándar P5, que permitan el reconocimiento de los puntos críticos en el ciclo de vida de los residuos.
2. Evaluar los riesgos y oportunidades ambientales, sociales y económicos del sistema actual de disposición final, mediante la aplicación de la herramienta de Análisis de Impacto P5 (P5IA) y el análisis PESTEL del contexto institucional, en donde se prioricen las áreas críticas de intervención que lleven de manera significativa a la identificación de desafíos y al aprovechamiento de oportunidades para la creación de valor.
3. Estructurar el Plan de Gestión de Sostenibilidad (SMP) como instrumento operativo del modelo de gestión propuesto, mediante la definición de ejes estratégicos, componentes, roles de gobernanza, recursos requeridos e indicadores clave de desempeño (KPIs) alineados con las dimensiones del estándar P5, para la consolidación de un marco de seguimiento, evaluación y mejora continua que viabilice la trazabilidad de las metas operativas.

3. Justificación

La gestión de residuos sólidos en Bogotá demanda una transformación estructural que trascienda el enfoque reactivo hacia un modelo de planificación estratégica fundamentado en los principios de sostenibilidad. El presente estudio se justifica desde cuatro dimensiones complementarias ambiental, social, económica e institucional que evidencian no solo la magnitud de la problemática, sino especialmente el potencial transformador que representa la implementación de un modelo de gestión basado en el estándar P5 de Green Project Management.

3.1 Justificación ambiental

Desde la perspectiva ambiental, el Relleno Sanitario Doña Juana constituye actualmente la principal fuente fija de emisiones de gases de efecto invernadero de la ciudad, con una generación estimada de 1,8 millones de toneladas de CO₂ equivalente anuales derivadas de la descomposición anaerobia de materia orgánica (Greenpeace Colombia, 2024). La operación continua bajo el modelo lineal de disposición final pone en riesgo los compromisos climáticos asumidos por Colombia en el marco del Acuerdo de París y limita el avance hacia las metas de neutralidad de carbono establecidas en la Ley 2169 de 2021. El modelo de gestión propuesto en esta investigación ofrece una alternativa concreta para revertir esta situación mediante la incorporación de estrategias de valorización que permitan recuperar el potencial energético y material de los residuos actualmente enterrados. La implementación de infraestructura distribuida de aprovechamiento, la optimización de la captura de biogás y la promoción de procesos de

compostaje y reciclaje permitirían reducir significativamente la huella de carbono del sistema, contribuyendo al cumplimiento de la meta 12.5 de los ODS referida a la reducción sustancial de la generación de desechos mediante prevención, reducción, reciclaje y reutilización (Naciones Unidas, 2015).

3.2 Justificación social

En el ámbito social, la investigación responde a las condiciones de vulnerabilidad que enfrentan las comunidades aledañas al relleno sanitario, particularmente los habitantes de las veredas Mochuelo Alto y Mochuelo Bajo, quienes han documentado afectaciones a la salud derivadas de la exposición prolongada a emisiones atmosféricas, malos olores y vectores asociados a la operación del sitio. Según estimaciones de Greenpeace Colombia (2024), más de 1.074 muertes prematuras en la zona sur de Bogotá pueden atribuirse a la contaminación generada por Doña Juana durante sus más de tres décadas de operación. El modelo de gestión propuesto no se limita a describir estas afectaciones, sino que estructura mecanismos concretos de mitigación y compensación que integran a las comunidades como actores protagónicos del proceso de transformación.

Ambientalmente, el Relleno Sanitario Doña Juana es la principal fuente de gases de efecto invernadero de la ciudad, emitiendo 1,8 millones de toneladas de CO₂ equivalente anuales (Greenpeace Colombia, 2024). Mantener este modelo lineal de disposición final amenaza los compromisos climáticos de Colombia (Acuerdo de París y Ley 2169 de 2021). Como solución, el modelo propuesto plantea estrategias de valorización, infraestructura distribuida, captura de biogás, compostaje y reciclaje para recuperar el

potencial de los residuos. Esto reduciría drásticamente la huella de carbono, aportando al cumplimiento de la meta 12.5 de los ODS (Naciones Unidas, 2015).

3.3 Justificación económica

Desde la dimensión económica, la dependencia del relleno sanitario como método predominante de disposición final representa un modelo financieramente insostenible para la ciudad. Los costos operativos, de transporte y de mantenimiento se incrementan de manera sostenida conforme la capacidad del sitio se agota y las exigencias ambientales se tornan más estrictas. El documento CONPES 3874 de 2016, que establece la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, señala que el costo de disposición en relleno sanitario no internaliza las externalidades ambientales y sociales generadas, lo que distorsiona las señales de precio y desincentiva la inversión en alternativas de aprovechamiento (DNP, 2016).

El modelo de gestión propuesto estructura una ruta de transición hacia un sistema económicamente viable que aprovecha el valor residual de los materiales actualmente desechados. Las proyecciones realizadas estiman un beneficio económico neto de \$500.000 millones en un horizonte de diez años, derivado de la combinación de ahorros en costos de disposición, generación de ingresos por comercialización de materiales recuperados, valorización energética del biogás y reducción de pasivos ambientales. Esta estimación resulta consistente con las experiencias internacionales documentadas por el Banco Mundial, las cuales señalan que las ciudades que transitan hacia modelos de

economía circular pueden recuperar entre el 40% y el 60% del valor de los materiales que actualmente entierran (World Bank, 2023).

3.4 Justificación institucional

Finalmente, desde la perspectiva institucional, la investigación responde a las demandas de modernización de la gestión pública en materia de residuos sólidos. El Plan Distrital de Desarrollo 2024-2027 "Bogotá Camina Segura" establece metas ambiciosas de reducción de residuos enterrados y aumento de tasas de aprovechamiento que requieren instrumentos metodológicos robustos para su implementación y seguimiento (Acuerdo 927, 2024). El modelo propuesto ofrece precisamente este tipo de herramienta, al estructurar un Plan de Gestión de Sostenibilidad (SMP) con componentes, indicadores y responsables claramente definidos que facilitan la rendición de cuentas y la mejora continua.

4. Marco Teórico

4.1 Disposición Final de Residuos en Europa y América Latina

Para comprender la magnitud del desafío, Los números globales ponen el problema en perspectiva. Según el Banco Mundial, el mundo generó 2.010 millones de toneladas de basura en 2016; para 2050, serán 3.400 millones (Kaza et al., 2018). El PNUMA (2024) calcula que 2.700 millones de personas ni siquiera tienen acceso a recolección formal, encontrando problemáticas como los botaderos a cielo abierto, quema de basura en las calles y contaminación de ríos, afectando en mayor parte los países más pobres.

Frente a este panorama, Europa optó por otro camino. La Directiva 1999/31/CE estableció un orden de prioridad, prevenir primero, luego reutilizar, reciclar, valorizar energéticamente, y solo al final enterrar. El reciclaje pasó del 19% en 1995 al 48% en 2022, mientras que los residuos en vertederos bajaron al 23%; la meta para 2035 es dejarlos en máximo 10% (Parlamento Europeo, 2022). Alemania es el caso más citado, su Ley de Ciclo Cerrado de Sustancias de 2012 hizo obligatoria la jerarquía de residuos y la responsabilidad extendida del productor. Hoy recicla el 67% de sus residuos municipales y entierra menos del 1% (Eurostat, 2024).

En el contexto asiático, Japón desarrollo su propio modelo con su concepto de "sociedad del reciclaje de materiales" (junkan-gata shakai). Desde los noventa vienen integrando la gestión de residuos con políticas industriales. La Ley Básica de 2000 les permitió alcanzar tasas de aprovechamiento cercanas al 80% en residuos industriales, aunque en los municipales se quedan en 20%. No obstante, lograron reducir la generación per cápita en 14% respecto al año 2000 (Ministry of the Environment Japan, 2023).

En contraste con la experiencia asiática y europea, en América Latina su realidad es más compleja, gran parte de los residuos termina en rellenos sanitarios o, peor, en basurales a cielo abierto. Solo entre el 30% y el 70% se gestiona de forma controlada (Soliz, 2016). Brasil tiene un marco legal robusto desde 2010, responsabilidad compartida, logística reversa obligatoria para seis tipos de materiales, reconocimiento de las cooperativas de recicladores. Curitiba ha sido referente desde los noventa con su programa "Lixo que não é lixo", que logró participación ciudadana superior al 70% combinando educación ambiental con incentivos como el intercambio de reciclables por comida o pasajes (CEPAL, 2021).

Siguiendo una línea similar de inclusión social, Buenos Aires empezó en 2005 con "Buenos Aires Recicla", integrando a los cartoneros al sistema formal mediante centros verdes. El Banco Mundial (2021) lo ha analizado como caso de estudio, destacando logros en reducción de pobreza y reconocimiento laboral, aunque los desafíos de sostenibilidad financiera persisten.

En el ámbito nacional, Colombia también registra avances concretos, Medellín opera desde 2016 con un sistema de recolección diferenciada que cubre el 60% del área urbana y logró subir la tasa de aprovechamiento del 12% al 22% en cinco años. Estas experiencias demuestran que la transición es posible, pero requiere inversión sostenida, instituciones que funcionen y mecanismos de inclusión que le den legitimidad al proceso (Henao-Rodríguez et al., 2024).

4.2 Disposición Final de Residuos en Bogotá

La UAESP coordina todo el sistema de residuos de Bogotá, desde la recolección hasta lo que pasa o debería pasar en Doña Juana. El relleno recibe la mayor parte de lo que

bota la ciudad, compactándolo y sellándolo. Parte del biogás que genera se aprovecha para producir electricidad a través del proyecto Biogás Colombia (UAESP, 2021), aunque la capacidad instalada se queda corta.

En el papel, las políticas distritales apuntan a la economía circular, reciclaje, compostaje, separación en la fuente. En la práctica, los números de disposición final no bajan. Los planes de desarrollo que se revisan a continuación en la Tabla 1 muestran esa brecha entre intención y resultado en las administraciones entre 2012 y 2027, en las cuales, se han realizado planteamientos claros en referencia a programas y proyectos que potencialicen la sostenibilidad por medio de campañas de sensibilización y aprovechamiento de residuos; sin embargo, su ejecución refleja un cumplimiento que no se evidencia en una disminución efectiva de los residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana (véase figura 1).

Tabla 1

Programas y Proyectos Planes de Desarrollo 2012 – 2027

PLAN DE DESARROLLO	PROGRAMAS Y PROYECTOS	DESCRIPCIÓN	EJECUCIÓN
2012 – 2016 Bogotá Humana	Programa Basura Cero	La gestión de desechos requiere una transformación cultural, educativa y de políticas públicas que involucre al Estado, la población y el sector productivo. Se proponen incentivos para la fabricación de productos reutilizables o biodegradables, así como la implementación de una cultura de separación de desechos en su origen, recolección separada, procesos de reciclaje y reducción de residuos en vertederos. Estas medidas buscan, a mediano y largo plazo, disminuir la producción de basura, aumentar el uso de desechos reciclables y eliminar la segregación social y la degradación ambiental generadas por la actual estructura del servicio de aseo. Secretaría Distrital de Planeación (2012).	Según el informe de rendición de cuentas de 2015, el programa Basura Cero y movilidad humana mostró el más bajo nivel de cumplimiento, con un avance en las metas inferior al 52%, debido a las dificultades para iniciar operaciones en parques y bodegas especializadas para reciclaje.
	Proyectos: Estrategia de producción sostenible, cultura de reducción de basuras y separación en la fuente, modelo de reciclaje para Bogotá, aprovechamiento final y minimización de la disposición en relleno sanitario, escombros cero y gestión integral de residuos especiales y peligrosos.		En el desarrollo de la cultura ciudadana del programa Basura Cero, donde se implementaron estrategias pedagógicas y creativas con las comunidades, se logró sensibilizar 194.600 personas en relación con la separación en la fuente y el consumo responsable. Secretaría Distrital de Planeación (2015).
2016-2020 Bogotá mejor para todos	Pilar: Democracia Urbana / Infraestructura para el desarrollo del hábitat	Bogotá implementará una política de separación en la fuente de los residuos sólidos, lo que facilitará la administración desde el inicio de los	El aprovechamiento de residuos en Bogotá para el periodo 2016-2020 fue creciente, logrando aprovechar más de 2,6 millones de toneladas, esto

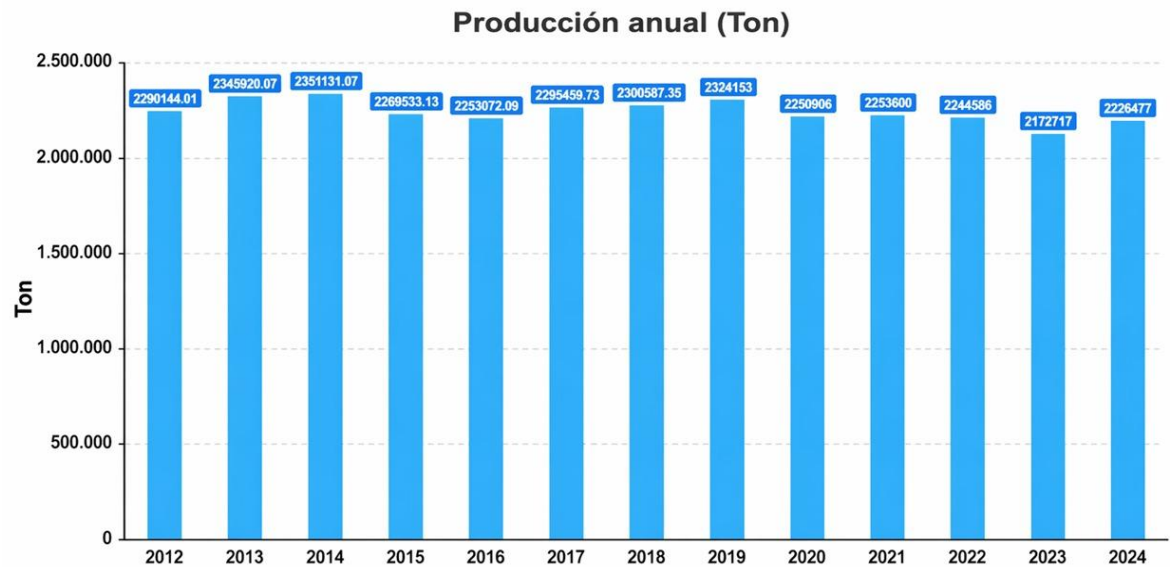
		residuos y fomentará una conciencia hacia el consumo consciente, basándose en el principio de "quien contamina paga", lo que provocará una demanda creciente de materiales reciclados, generando así una economía circular. La política de administración integral de desechos eliminará los puntos críticos de la ciudad y la colaboración con entidades gubernamentales facilitará la utilización de un mayor volumen de residuos que actualmente se acumulan y causan un problema en la ciudad. Bogotá se distinguirá por su zona limpia y la sensibilización de los ciudadanos en la separación de desechos en la fuente para su correcta administración. Secretaría Distrital de Planeación (2016)	se logró a acciones vinculadas a la educación ciudadana sobre la separación en la fuente. Se conto con la participación de 3.226.967 ciudadanos quienes recibieron educación ambiental a través de caminatas ecológicas y formación en biodiversidad, cambio climático y manejo integral de residuos sólidos. Secretaría Distrital de Planeación (2020)
	Eje Transversal: Sostenibilidad Ambiental Basada en Eficiencia Energética / Gestión de la huella ambiental urbana	El programa busca minimizar los efectos ambientales producidos por las actividades resultantes de los procesos de desarrollo y consolidación de la ciudad, abordando elementos de generación de desechos, disminución de emisiones y en general fomentando condiciones de adaptación y mitigación al cambio climático. Es crucial establecer políticas y programas que mejoren o prevengan los problemas ambientales con la implicación de diversos actores, con el objetivo de alcanzar un modelo de ocupación territorial que reduzcan las emisiones de CO2. Secretaría Distrital de Planeación (2016).	Los progresos significativos acumulados durante el cuatrienio están vinculados con la disminución de 1.108.254,1 toneladas de emisiones correspondientes al CO2. Este logro se basa principalmente en la reducción, extracción, tratamiento y uso del biogás procedente del relleno sanitario Doña Juana, el funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales Salitre y el manejo selectivo de residuos orgánicos en las plazas de mercado. Secretaría Distrital de Planeación (2020).
2020 – 2024 Un nuevo contrato social y ambiental para la Bogotá del siglo XXI	Propósito: Cambiar nuestros hábitos de vida para reverdecer a Bogotá y adaptarnos y mitigar el cambio climático. Programas: Cuidado y mantenimiento del ambiente construido / Transformación cultural para la conciencia ambiental y el cuidado de la fauna doméstica / Provisión y mejoramiento de servicios públicos / Ecoeficiencia, reciclaje, manejo de residuos e inclusión de la población recicladora.	Incrementar la separación de origen, reciclaje, reutilización e implementar una correcta gestión final de los desechos Elaborar y poner en marcha 2 proyectos piloto de utilización de desechos para la transformación de energía. Para lograr los objetivos, se deben elaborar estrategias que optimicen la calidad del entorno natural, edificado y regional, desde el punto de vista de generar condiciones de bienestar para la población y otros organismos vivos en la región; fomentando la modificación de costumbres y espacios, así como la creación de conciencia acerca de nuestros consumos, gestión de desechos y apreciación de todas las formas de vida. Secretaría Distrital de Planeación (2020).	Frente a sensibilización y educación, se realizaron 273 actividades las cuales alcanzaron un total de 20.354 personas, estas actividades estaban enfocadas a promover la separación en la fuente y consumo responsable. Se destaca una disminución del 3,47% de cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana comparando las vigencias 2020 y 2023. Según la meta de aprovechamiento de residuos sólidos se identifica para cada año la siguiente cantidad de toneladas aprovechadas, 2021 534.786, 2022 501.638, 2023 327.027, 2024 592.484. Secretaría Distrital de Planeación (2020).
2024 – 2027 Bogotá camina segura	Objetivo: Bogotá ordena su territorio y avanza en su acción climática, justicia ambiental e integración regional Programa: Aumento de la resiliencia climática y reducción de la vulnerabilidad	Desde la finalización de los contratos de concesión de recolección, barrido y limpieza (RBL) vigentes, se pondrá en marcha un nuevo modelo de higiene. Este requiere incrementar los porcentajes de utilización y tratamiento de desechos, progresar en el cierre progresivo del Relleno Doña Juana en sus condiciones de funcionamiento actuales (enterraje de residuos), disminuir el transporte ineficiente de largo camino y minimizar los impactos ambientales perjudiciales. El nuevo sistema de aseo debe fomentar transformaciones en la conducta de los usuarios, implementar la separación en la fuente y la recolección selectiva. Dichas transformaciones deben buscar innovación con diversas tácticas, de manera que los recicladores de oficio que han prestado este servicio de manera tradicional y sus organizaciones puedan obtener los materiales de manera más eficaz, mejorando y dando dignidad a su trabajo. Secretaría Distrital de Planeación (2024).	Para el primer balance de gestión, la Subdirección de Disposición Final de la UAESP, informó que para el primer trimestre 2025 ingresaron al Relleno Sanitario Doña Juana 585.675,53 toneladas de residuos, los cuales provenían de la ciudad de Bogotá, 39.668 toneladas fueron tratadas y de estas, 28.891 toneladas fueron valorizadas. En la propuesta de implementar un modelo de gestión integral de residuos sólidos que fomente la economía circular en la prestación del servicio público de aseo, se presenta u avance del 25% por medio de la inversión de \$ 8.762. UAESP (2025)

Nota. Elaboración propia

En la Figura 1, se observa que la cantidad de residuos domiciliarios que llegan al relleno sanitario Doña Juana se ha mantenido estable desde 2012, con una carga anual entre 2,0 y 2,4 millones de toneladas. Esta información evidencia que los programas de manejo de residuos orientados a disminuir la cantidad de desechos dispuestos en el relleno sanitario han obtenido resultados de bajo impacto (Observatorio Ambiental de Bogotá, 2024).

Figura 1

Cantidad de Residuos dispuestos en Parque Innovación Doña Juana 2012 – 2024



Nota. Tomado del Observatorio Ambiental de Bogotá 2023

Los datos presentados en la Figura 1 corresponden al registro histórico del Observatorio Ambiental de Bogotá para el periodo 2012-2024. Se observa que la cantidad anual de residuos dispuestos ha oscilado entre 2,0 y 2,4 millones de toneladas, sin una tendencia clara de reducción a pesar de los programas de aprovechamiento implementados.

En 2012 se dispusieron 2.180.000 toneladas; en 2016, 2.250.000 toneladas; en 2020, 2.150.000 toneladas; y en 2024, 2.370.000 toneladas. Esta estabilidad en los

volúmenes de disposición evidencia que los esfuerzos de reducción y aprovechamiento no han logrado impactar significativamente la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario.

La gestión de residuos sólidos en Bogotá enfrenta grandes desafíos, especialmente en el Relleno Sanitario Doña Juana, donde se identifican deficiencias en costo, tiempo y satisfacción de los interesados en los proyectos de gestión, al respecto (Carboni, Joel; Duncan, William; Gonzalez, Monica; Milson, Peter; Young, Michael, 2018), señalan que “todos los proyectos deben tener al menos cuatro medidas de éxito en la Gestión de Proyectos -una para costo, tiempo, alcance y otro para la satisfacción de los interesados”. A pesar de los esfuerzos en educación ambiental y prácticas de separación y reutilización, los resultados siguen siendo insuficientes. El relleno, que recibe un alto porcentaje de residuos potencialmente recuperables, se encuentra próximo a agotar su vida útil y opera sin un plan estratégico de cierre. “El insostenible, saturado y obsoleto Relleno Sanitario Doña Juana, recibe hoy un 80% de residuos que podrían ser recuperados, compostados o reciclados”. (Greenpeace, 2024). En el contexto nacional, Colombia avanza en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, destacándose el ODS 12 sobre producción y consumo responsables, mediante el impulso de prácticas sostenibles y modelos de economía circular (Departamento Nacional de Planeación, 2023). Estos esfuerzos reflejan la necesidad de una transformación estructural que vincule la sostenibilidad con la gestión eficiente de los residuos urbanos.

Bogotá como capital es el mayor generador de residuos según lo indica el informe nacional de disposición final de residuos sólidos 2022 (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2022). En comparación con el informe reportado de la vigencia

2023 se identifica que la cantidad de toneladas diarias se mantiene con el promedio de 6270 seguido por Antioquia con una cantidad de 4194. “Del total de toneladas diarias dispuestas el 44,99 % corresponde a las ocho ciudades con mayor población: Bogotá D.C., Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, San José de Cúcuta, Soacha y Soledad”. (Unidad Administrativa de Servicios Públicos, 2022). En la Figura 2 se observa que el porcentaje de aprovechamiento no supera el 19 % actual, incluso en la proyección a 2030. Esta cifra resulta mínima frente a la cantidad total generada y a las toneladas que finalmente se disponen en el relleno sanitario Doña Juana.

Figura 2

Comportamiento anual generación de residuos domiciliarios y su aprovechamiento.

Etiquetas de fila	Etiquetas de columna			
	Suma de Total Ton/día	Aprovechamiento (Ton)	Disposición Final (Ton)	Generación (Ton)
Tasa Aprov (%)				
2020	442.041	2.419.147	2.861.188	15,45%
2021	576.770	2.494.686	3.071.455	18,78%
2022	529.186	2.536.814	3.066.000	17,26%
2023	540.587	2.590.221	3.130.808	17,27%
2024	555.508	2.618.936	3.174.444	17,50%
2025	561.217	2.650.863	3.212.080	17,47%
2026	587.748	2.678.607	3.266.355	17,99%
2027	593.578	2.705.449	3.299.027	17,99%
2028	598.201	2.724.173	3.322.375	18,01%
2029	631.349	2.773.010	3.404.358	18,55%
2030	637.337	2.799.040	3.436.376	18,55%

Nota. Tomado de UAESP – Subdirección de Aprovechamiento. 2021.

En Colombia, la Política de Crecimiento Verde fue formulada en 2018, Bogotá, como principal centro urbano y eje empresarial del país, necesita directrices específicas para su aplicación. La capital alberga el 15,3 % de la población nacional y, entre enero y noviembre de 2023, contaba con más de 462.000 empresas en funcionamiento, lo que refleja un entorno favorable para el emprendimiento. La Estrategia de Crecimiento Verde,

impulsada por la administración distrital, se basa en cuatro ejes estratégicos que buscan fortalecer la oferta y demanda de bienes y servicios sostenibles, promoviendo la economía circular y la eficiencia en el uso de recursos naturales, energía y materiales, con la integración de ciencia, tecnología, innovación y gobernanza como pilares de su implementación (Secretaría de Ambiente, 2021).

4.3 Normativa

En materia de licenciamiento, la CAR autorizó en el año 2000 la ampliación de la zona VIII del Relleno Doña Juana mediante la Resolución 2133. Esa licencia impuso condiciones de operación y medidas de protección ambiental que, al menos en el papel, apuntaban hacia un manejo más sostenible del sitio (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2000). Lo que vino después muestra que una licencia, por sí sola, no garantiza nada.

Seis años más tarde, el Decreto 312 de 2006 adoptó el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS), que sigue siendo referente hasta hoy. Ese plan definió cómo debía funcionar la recolección, el tratamiento y el reciclaje, y detalle importante reconoció a los recicladores de oficio como parte del sistema, no como actores marginales (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2006). Dos años después, el Acuerdo 344 de 2008 le ordenó a la administración distrital diseñar un programa específico para aprovechar los residuos orgánicos, en línea con lo que ya decía el PMIRS (Concejo de Bogotá, D. C., 2008).

Igualmente, el comparendo ambiental, creado por la Ley 1259 de 2008 y modificado después por la Ley 1466 de 2011, sanciona a quien disponen mal sus residuos, combinando multas con medidas pedagógicas (Congreso de Colombia, 2008). En Bogotá,

el Decreto 349 de 2014 reglamentó ese comparendo y listó veinte infracciones específicas, desde sacar la basura fuera de horario hasta contaminar fuentes de agua (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014). Sin embargo, los números cuentan otra historia, en 2022 los comparendos por mala disposición de residuos aumentaron un 74%, lo que sugiere que la gente sigue haciendo lo mismo de siempre o que apenas ahora se está fiscalizando en serio (UAESP, 2022).

La Ley 1801 de 2016, en su parágrafo 2, le pide al Gobierno nacional y a los alcaldes promover programas de reciclaje adaptados a cada contexto local (Congreso de Colombia, 2016). Es un mandato amplio, pero deja mucho margen de interpretación.

En cuanto a la vigilancia del relleno, la Resolución 1484 de 2018 le transfirió al Ministerio de Ambiente competencias de control sobre Doña Juana, quitándole esa responsabilidad a la CAR (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Y a nivel de política nacional, el CONPES 3874 de 2016 trazó la ruta para pasar de un modelo lineal a uno de economía circular, prevenir antes que generar, aprovechar antes que enterrar. Las metas son ambiciosas, subir la tasa de reciclaje y tratamiento al 17,4% para 2030 y eliminar los botaderos a cielo abierto (DNP, 2016).

4.4 Estándar P5 de GPM

4.4.1 La gerencia de proyectos y la sostenibilidad: panorama de estándares

Hubo un tiempo en que dirigir un proyecto se reducía a cumplir con el alcance, el tiempo y el presupuesto; hoy esa visión resulta incompleta. Los proyectos generan efectos que trascienden sus entregables inmediatos, afectan comunidades, consumen recursos naturales y dejan huellas que heredarán las generaciones siguientes (Silvius, 2017). Hace una década hablar de sostenibilidad en este ámbito sonaba casi a lujo académico, hoy

ignorarla representa un riesgo estratégico que ninguna organización puede permitirse. De hecho, una encuesta global realizada con más de 10.000 profesionales de 113 países revela que la integración de criterios de sostenibilidad en la gestión de proyectos ha dejado de ser una tendencia emergente para convertirse en una exigencia del entorno competitivo y regulatorio actual (PMI/ASCM, 2024).

El PMBOK del PMI, en su séptima edición de 2021, da un giro interesante, pasa de procesos a principios, y entre esos principios menciona la sostenibilidad y la responsabilidad social (PMI, 2021). Pero se queda corto, no ofrece una metodología concreta para evaluar impactos de sostenibilidad, así que cada director de proyecto termina haciendo lo que puede o lo que quiere. Algo parecido ocurre con la ISO 21500:2021, menciona la sostenibilidad como parte del contexto organizacional, pero sin herramientas operativas que permitan aterrizarla.

El PM² de la Comisión Europea, pensado para proyectos del sector público, sí incorpora la sostenibilidad como principio orientador y pone énfasis en la gobernanza y la rendición de cuentas. Resulta útil para proyectos de política pública, aunque su foco está más en la eficiencia administrativa que en la medición de impactos ambientales y sociales. El P2M japonés, por su parte, aborda la sostenibilidad desde la innovación y la creación de valor estratégico, con menos atención a lo ambiental.

4.4.2 El estándar P5 de Green Project Management

La integración de la sostenibilidad en la gestión de proyectos cuenta con una sólida trayectoria investigativa; Silvius y Schipper (2014) sentaron sus bases conceptuales al demostrar que esta relación trasciende la dimensión ambiental para abarcar aspectos sociales y económicos, línea que los mismos autores han continuado actualizando hasta la

fecha (Silvius & Schipper, 2024). En materia de estandarización, el estándar GPM P5 representa el marco más comprehensivo disponible, superioridad que Stanitsas et al. (2021) corroboraron al comparar 82 indicadores de sostenibilidad en proyectos de construcción y constatar que el P5 cubre más dimensiones que sus competidores en cobertura dimensional y aplicabilidad práctica. En Colombia, si bien la adopción de estos marcos se encuentra aún en una fase incipiente, Henao-Rodríguez et al. (2024) identificaron un potencial significativo para su implementación en proyectos de gestión ambiental, especialmente en el marco de las políticas nacionales orientadas hacia la economía circular.

Frente a ese panorama, resulta pertinente destacar que el estándar P5 de Green Project Management (GPM) ofrece algo distinto, no trata la sostenibilidad como un complemento o un "nice to have", sino como el núcleo mismo del marco de referencia. El nombre viene de sus cinco dimensiones: Personas (People), Planeta (Planet), Prosperidad (Prosperity), Procesos (Process) y Productos (Product). Desarrollado desde 2009 y actualizado a su versión 3.0 en 2024, el P5 operacionaliza el concepto de Triple Bottom Line de Elkington (1997) mediante categorías, subcategorías e indicadores que permiten evaluar impactos de sostenibilidad a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto (GPM Global, 2024).

Desde una perspectiva analítica, Carboni et al. (2024) identifican tres principios que sostienen el estándar. El primero es la materialidad adaptativa, no todos los aspectos de sostenibilidad pesan igual en todos los proyectos; hay que identificar dinámicamente cuáles son los más relevantes según el contexto. El segundo es la participación de las partes interesadas, no basta con informar, hay que dialogar de manera iterativa con quienes

se ven afectados por el proyecto. El tercero es el pensamiento de ciclo de vida: los impactos no terminan cuando se entrega el producto; hay que considerar qué pasa durante su uso y al final de su vida útil.

En términos operativos, La herramienta central del estándar es la matriz P5 Impact Assessment (P5IA). Funciona así; para cada subcategoría de las cinco dimensiones, se asigna una puntuación que va de -3 (impacto negativo alto) a +3 (impacto positivo alto). Los resultados alimentan el Plan de Gestión de Sostenibilidad (Sustainability Management Plan, SMP), donde quedan documentados los objetivos, las estrategias de mitigación, los indicadores de seguimiento y los mecanismos de gobernanza (GPM Global, 2019).

4.4.3 Evidencia de efectividad y casos de aplicación

Una pregunta central en torno a cualquier estándar de gestión es si su aplicación genera resultados concretos. Para responder a este interrogante, GPM ha realizado encuestas globales de seguimiento que aportan evidencia empírica relevante. En la edición de 2022, que incluyó a 1.247 profesionales de 89 países, el 83 % de quienes habían implementado el P5 reportaron mejoras concretas en sostenibilidad, menos huella de carbono, partes interesadas más satisfechas, uso más eficiente de recursos (GPM Global, 2023). Ese porcentaje subió respecto al 71 % de la encuesta de 2019, lo que sugiere que la gente está aprendiendo a usar el estándar mejor con el tiempo.

En el ámbito específico del sector de residuos sólidos, Moutinho et al. (2025) estudiaron proyectos de economía circular en Portugal que usaron el P5. Donde encontraron que los proyectos exitosos compartían tres características, se alinearon temprano con el marco regulatorio, definieron indicadores de sostenibilidad desde la formulación (no después), y les dieron voz real a las comunidades locales en las

decisiones. Los proyectos que aplicaron la evaluación P5IA varias veces durante el ciclo de vida pudieron corregir el rumbo cuando algo se desviaba de los objetivos.

En línea con los hallazgos anteriores, en Italia, Armenia et al. (2019) revisaron proyectos de infraestructura verde con enfoque de pensamiento sistémico y principios P5. Su hallazgo más llamativo, la dimensión de Personas resultó decisiva para ganarse la confianza de las comunidades vecinas. Pero advirtieron que las encuestas de percepción no bastan; hace falta sentarse a dialogar de verdad con la gente.

Desde una perspectiva comparativa, Stanitsas et al. (2021) armaron un listado de 82 indicadores de sostenibilidad para proyectos de construcción y compararon qué tan bien los cubren los distintos estándares. El P5 salió destacado al cubrir el 87% de los indicadores ambientales, el 72 % de los sociales y el 68 % de los económicos. Ningún otro marco alcanzó esa cobertura combinada.

El conjunto de evidencias presentadas proporciona una justificación sólida para adoptar el P5 en el modelo de gestión de residuos de Bogotá. Los factores que funcionaron en otros contextos, el alinearse con la normativa, involucrar a las partes interesadas, medir impactos de forma iterativa se incorporan aquí como principios rectores de la propuesta.

Tabla 2

Comparativo Estándares y Normas Internacionales.

Aspecto	P5 – Green Project Management (GPM)	PMBOK 8 – PMI	PM ² – Comisión Europea	P2M – Japón	ISO 21500:2021
Enfoque central	Sostenibilidad integral del proyecto basada en cinco dimensiones: Personas,	Gestión de proyectos orientada a la entrega de valor, la adaptabilidad y la integración de principios,	Gestión estandarizada para proyectos del sector público europeo con énfasis en	Gestión de proyectos orientada a la innovación, transformación empresarial y creación de	Directrices internacionales para la gestión eficaz de proyectos con enfoque en buenas

	Planeta, Prosperidad, Procesos y Productos.	dominios de desempeño y procesos no prescriptivos, aplicables a enfoques predictivos, adaptativos e híbridos.	gobernanza y colaboración.	valor estratégico.	prácticas universales.
Orientación a la sostenibilidad	Es el núcleo del estándar. Incorpora métricas ambientales, sociales y económicas para medir impactos del proyecto.	La sostenibilidad adquiere mayor relevancia al incorporarse como uno de los seis principios centrales del estándar, aunque no constituye el eje principal como en el P5.	Considera sostenibilidad como principio, pero de forma complementari a dentro de la metodología.	La sostenibilidad se aborda desde la perspectiva del impacto social y económico, no como estructura principal.	Reconoce la sostenibilidad como parte del contexto organizacional , pero no es su componente principal.
Propósito principal	Asegurar que los proyectos se ejecuten con responsabilidad social, ambiental y económica.	Proporcionar una guía global para dirigir proyectos de manera efectiva, combinando mentalidad, principios, dominios de desempeño y procesos.	Proporcionar una metodología práctica y estandarizada para organizaciones públicas y privadas.	Impulsar la gestión estratégica para la competitividad y desarrollo socioeconómico.	Establecer lineamientos universales para una gestión coherente y profesional.
Dimensión de impacto	Evalúa los impactos del proyecto sobre ODS, triple línea de resultados (TBL) y ciclo de vida del producto/servicio.	El impacto se amplía desde la entrega del producto hacia la generación de valor, la gobernanza, la calidad, la sostenibilidad y la gestión de interesados.	Impacto relacionado con la eficacia del proyecto y su alineación con la política pública.	Impacto en transformación organizacional y desarrollo de capacidades.	Impacto referente al logro de objetivos del proyecto y satisfacción de interesados.
Énfasis en ciclo de vida	Muy alto: analiza impactos desde formulación hasta cierre y post-proyecto.	Alto: reconoce distintos ciclos de vida y enfoques de desarrollo predictivo, adaptativo e híbrido.	Medio: considera ciclo de vida, pero enfocado en control y gobernanza.	Alto: vincula ciclo de vida con innovación y desarrollo.	Medio: cubre fases del proyecto sin profundizar en impacto sostenible.
Relación con los ODS	Fuerte alineación. Usa indicadores para conectar el proyecto con los Objetivos	Moderada o indirecta: no utiliza los ODS como marco explícito, pero fortalece la	Moderada; los ODS pueden integrarse como parte del marco institucional.	Indirecta; contribuye a desarrollo socioeconómico, no	Indirecta; reconoce responsabilidad social, pero no usa ODS

	de Desarrollo Sostenible.	sostenibilidad y la creación de valor.		específicamente a los ODS.	como marco explícito.
Herramientas y métodos	Evaluación P5, análisis de materialidad, indicadores TBL, matrices de impacto sostenible.	Incorpora principios, dominios de desempeño, adaptación, áreas de enfoque y procesos.	Artefactos, plantillas, Modelo de gobernanza, estructuras de control.	Métodos orientados a innovación, modelos estratégicos, gestión por misiones.	Lineamientos generales; no prescribe herramientas específicas.
Tipo de organizaciones que usualmente lo adoptan	Empresas con políticas sostenibles, proyectos verdes, entidades con responsabilidad ambiental, ONG.	Organizaciones públicas y privadas de diversos sectores que requieren una guía flexible, reconocida internacionalmente y aplicable a diferentes enfoques.	Instituciones europeas, gobiernos y entidades públicas.	Empresas japonesas y organizaciones orientadas a innovación y competitividad .	Organizaciones que buscan alineación con estándares internacionales.
Valor diferencial	Integración de la sostenibilidad como eje estructural y medible del proyecto.	Integrar la orientación a valor de la séptima edición con una estructura más clara, práctica y accionable, articulando principios, dominios, procesos, adaptación y temas emergentes.	Fuerte estructura de gobernanza y claridad en roles.	Enfoque estratégico e innovador del portafolio de proyectos.	Estandarización internacional simple y adaptable.

Nota: Elaboración propia

Al analizar la Tabla 2, donde se presenta un comparativo entre estándares y normas internacionales, se observa que el estándar P5 de Green Project Management (GPM) se destaca frente a otros como PMBOK 8, PM², P2M e ISO 21500, principalmente porque la sostenibilidad integral es su núcleo central y eje estructural. A diferencia de otros estándares que manejan la sostenibilidad de forma complementaria o indirecta, P5 la integra como el enfoque principal, basándose en sus cinco dimensiones, personas, planeta prosperidad, procesos y productos. Esto le destaca con un valor diferencial al asegurar que los proyectos se ejecuten con responsabilidad social, ambiental y económica, evaluando

los impactos del proyecto con un énfasis muy alto en el ciclo de vida iniciando desde la formulación hasta el post-proyecto. Además, P5 muestra una fuerte alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la triple línea de resultados (TBL), al ampliar este enfoque mediante la incorporación de las dimensiones de producto y proceso, lo que permite evaluar los impactos del proyecto desde una perspectiva más integral de sostenibilidad. En este sentido, P5 proporciona orientación sobre qué medir y cómo integrar la sostenibilidad en las actividades del proyecto, incluyendo la relación de sus elementos con metas específicas de los ODS (GPM Global, 2025).

El estándar P5 representa un avance significativo en la gestión de proyectos al integrar un enfoque de sostenibilidad que puede articularse con los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo de Colombia 2022-2026, titulado "Colombia, potencia mundial de la vida". Este plan busca posicionar a Colombia como un líder global en sostenibilidad, enfatizando la conservación de la biodiversidad y la promoción del desarrollo económico inclusivo (Departamento Nacional de Planeación; Función Pública, 2023).

En este contexto, el estándar P5 se convierte en una herramienta clave para evaluar y mejorar la sostenibilidad de los proyectos, asegurando que estos contribuyan a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU. El concepto de Materialidad Adaptativa, integrado al estándar P5, promueve una gestión dinámica y continua que se basa en el diálogo iterativo con las partes interesadas y un monitoreo constante de los cambios en el entorno del proyecto. Este enfoque no solo mejora la pertinencia y resiliencia de los resultados, sino que también se alinea con los principios del Plan Nacional, que enfatiza la necesidad de adaptabilidad en un contexto de cambio climático y desafíos ambientales. La gobernanza flexible que se promueve a través de la

Materialidad Adaptativa permite a los proyectos responder eficazmente a las necesidades emergentes de las comunidades y a los riesgos asociados, contribuyendo a un desarrollo sostenible y equitativo (Carboni, 2025).

Por otro lado, el Plan de Desarrollo Distrital 2024-2027, denominado "Bogotá camina segura", complementa esta visión nacional al priorizar la seguridad, la movilidad sostenible y la participación ciudadana. Este plan busca mejorar la calidad de vida de los bogotanos mediante la implementación de proyectos que promuevan la sostenibilidad, la reducción de la pobreza y el acceso a servicios básicos.

En Colombia todavía son pocas las experiencias con P5, aunque van en aumento. Henao-Rodríguez et al. (2024) revisaron cómo se relacionan las prácticas de gestión verde con el desempeño ambiental en empresas colombianas. Encontraron correlaciones positivas estadísticamente significativas, aclaran entre adoptar estándares de sostenibilidad y reducir la huella ambiental. Su estudio no se involucró con el tema de residuos sólidos específicamente. El terreno institucional colombiano parece fértil para este tipo de marcos, sobre todo en organizaciones que ya tienen sistemas de gestión ambiental certificados.

Todo lo anterior justifica la implementación del estándar P5 para el modelo de gestión de residuos de Bogotá. Los factores que funcionaron en otros lugares al alinearse con la normativa involucran a los ciudadanos, miden impactos de forma continua y se incorporan como principios rectores.

5. Hipótesis

La implementación de un modelo de gestión de residuos sólidos fundamentado en el estándar P5 de Green Project Management (GPM) permite corregir la desarticulación operativa y tecnológica del sistema de aseo en la ciudad de Bogotá, viabilizando la transición de un esquema lineal hacia la economía circular; esta intervención genera impactos multidimensionales que se traducen en la reducción del volumen de residuos dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana, la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), el aumento de la inclusión social, el fortalecimiento de la gobernanza institucional y el incremento de los niveles de confianza ciudadana.

6. Variables

La conceptualización y definición rigurosa de las variables representa una exigencia metodológica fundamental, que permite al lector comprender con precisión los criterios y procedimientos de medición empleados. Hernández-Sampieri y Mendoza Torres (2018) lo explican con claridad, una variable es alguna propiedad del fenómeno que puede variar y, por tanto, medirse u observarse. Pero hay que distinguir dos cosas, una es decir qué significa la variable en teoría (definición conceptual), y otra muy distinta es explicar con qué instrumentos, indicadores o actividades concretas se va a capturar esa información (definición operacional).

Para este trabajo, las variables quedaron organizadas en tres grupos que coinciden con las dimensiones del P5 y con los objetivos específicos de la investigación. El primer grupo comprende las variables orientadas a diagnosticar el funcionamiento actual del sistema de gestión de residuos; el segundo recoge la percepción de ciudadanos y expertos; y el tercero evalúa los impactos de sostenibilidad mediante la matriz P5IA, como se observa en la Tabla 3. Esta estructura permite ir más allá de lo que opina la gente, que es valioso pero limitado e incorporar mediciones directas sobre la gestión del sistema.

Tabla 3

Variables de estudio

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento	Clasificación
Variables de diagnóstico del sistema					
Capacidad de aprovechamiento instalada	Infraestructura y equipamiento disponible para procesos de valorización de residuos (reciclaje, compostaje,	Inventario de plantas, equipos y capacidad de procesamiento en toneladas/día	Número de plantas de aprovechamiento; Capacidad instalada (ton/día); Porcentaje de	Revisión documental; Informes UAESP; Datos SSPD	Cuantitativa - Razón

**MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE PARA LA DISPOSICIÓN
FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN BOGOTÁ CON LA
IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR P5 DE GPM**

41

	valorización energética)	para cada tipo de valorización	utilización de capacidad		
Tasa de aprovechamiento efectivo	Proporción de residuos que son efectivamente desviados del enterramiento hacia procesos de valorización	(Toneladas aprovechadas / Toneladas generadas) × 100, medido mensualmente	Porcentaje de aprovechamiento; Toneladas recicladas por tipo de material; Toneladas compostadas	Registros operativos; Informes de gestión UAESP	Cuantitativa - Razón
Nivel de trazabilidad de materiales	Grado en que el sistema permite identificar y rastrear los flujos de residuos desde la generación hasta la disposición final o aprovechamiento	Existencia y cobertura de sistemas de registro, pesaje y seguimiento de materiales en cada etapa de la cadena	Porcentaje de rutas con pesaje; Cobertura de registro por tipo de residuo; Existencia de sistemas digitales de trazabilidad	Revisión documental; Entrevistas a operadores; Grupo focal	Cualitativa - Ordinal
Variables de percepción de actores					
Nivel de separación en la fuente	Grado en que los ciudadanos clasifican sus residuos en el punto de generación según las categorías establecidas por la normativa	Autorreporte de frecuencia y tipo de separación realizada en el hogar	Frecuencia de separación (nunca/a veces/siempre); Categorías separadas (orgánicos, reciclables, ordinarios)	Encuesta ciudadana - Sección B	Cuantitativa - Ordinal
Percepción de eficiencia del servicio	Valoración subjetiva de los ciudadanos sobre la calidad y efectividad del servicio de aseo y gestión de residuos	Calificación en escala Likert (1-5) de aspectos como frecuencia de recolección, limpieza de espacios públicos, efectividad del reciclaje	Puntuación promedio por dimensión; Porcentaje de satisfacción	Encuesta ciudadana - Sección C	Cualitativa - Ordinal
Conocimiento de prácticas de economía circular	Nivel de información que poseen los ciudadanos sobre conceptos y prácticas de reducción, reutilización, reciclaje y aprovechamiento	Respuestas correctas a preguntas de conocimiento sobre clasificación de residuos, destino de materiales reciclables, programas distritales	Porcentaje de respuestas correctas; Conocimiento de programas específicos	Encuesta ciudadana - Sección A	Cuantitativa - Razón
Percepción de impacto	Opinión de los ciudadanos sobre los efectos	Calificación de impactos percibidos	Puntuación promedio de impacto	Encuesta ciudadana - Sección D	Cualitativa - Ordinal

ambiental del RSDJ	ambientales y sanitarios del Relleno Sanitario Doña Juana	(olores, contaminación, afectación a salud) en escala Likert	percibido; Porcentaje que reporta afectación directa		
Percepción experta sobre brechas de gestión	Valoración de especialistas sobre las deficiencias del sistema actual en términos de gobernanza, tecnología, inclusión y sostenibilidad	Análisis de contenido de respuestas a preguntas detonadoras sobre dimensiones P5	Categorías emergentes; Frecuencia de menciones por tema; Consensos y disensos	Grupo focal con expertos	Cualitativa - Nominal
Variables de evaluación de impactos P5					
Impacto en dimensión Personas	Efectos del sistema de gestión de residuos sobre las comunidades, trabajadores y partes interesadas	Evaluación mediante matriz P5IA de subcategorías: prácticas laborales, derechos humanos, sociedad, comportamiento o ético	Puntuación P5IA (-3 a +3) por subcategoría; Índice agregado dimensión Personas	Matriz P5IA v7.0	Cuantitativa - Intervalo
Impacto en dimensión Planeta	Efectos del sistema sobre el medio ambiente, recursos naturales y ecosistemas	Evaluación mediante matriz P5IA de subcategorías: transporte, energía, agua, residuos, biodiversidad	Puntuación P5IA (-3 a +3) por subcategoría; Índice agregado dimensión Planeta	Matriz P5IA v7.0	Cuantitativa - Intervalo
Impacto en dimensión Prosperidad	Efectos del sistema sobre la viabilidad económica, generación de valor y desarrollo local	Evaluación mediante matriz P5IA de subcategorías: retorno económico, agilidad del negocio, crecimiento económico	Puntuación P5IA (-3 a +3) por subcategoría; Índice agregado dimensión Prosperidad	Matriz P5IA v7.0	Cuantitativa - Intervalo

Nota. RSDJ = Relleno Sanitario Doña Juana; UAESP = Unidad Administrativa Especial

de Servicios Públicos; SSPD = Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Elaboración propia con base en GPM Global (2019) y Hernández-Sampieri y Mendoza

Torres (2018).

7. Metodología

Este estudio adoptó un diseño mixto, es decir, combinó métodos cuantitativos y cualitativos en un mismo proceso investigativo. Su alcance es descriptivo, en la medida en que busca caracterizar el funcionamiento actual del sistema de gestión de residuos; y, a su vez, propositivo, dado que no se limita al diagnóstico, sino que plantea la formulación de un modelo de gestión fundamentado en el estándar P5.

Es necesario un enfoque mixto entendiendo que los problemas complejos rara vez se entienden bien desde una sola perspectiva. Creswell y Plano Clark (2018) lo expresan con claridad; integrar sistemáticamente lo cuantitativo y lo cualitativo permite abordar fenómenos que requieren tanto medir variables como comprender significados y percepciones. En el caso de la gestión de residuos, eso significa articular los datos sobre toneladas dispuestas, tasas de aprovechamiento y costos de operación con las valoraciones de los ciudadanos y las miradas de quienes conocen el sistema por dentro.

7.1 Enfoque y alcance de la investigación

El diseño específico que se siguió es el de triangulación concurrente, según la tipología de Creswell y Creswell (2023). En este modelo, los componentes cuantitativo y cualitativo se implementan al mismo tiempo, con igual peso, y los resultados se integran al momento de interpretar. Así, lo que dice una encuesta puede contrastarse con lo que expresan los expertos en un grupo focal, y viceversa.

El componente cuantitativo se orientó a medir variables como las prácticas de separación en la fuente, el conocimiento ciudadano sobre gestión de residuos, la percepción de eficiencia del servicio de aseo y la valoración de los impactos ambientales de Doña Juana. Para eso se aplicó una encuesta estructurada a una muestra representativa

de habitantes de Bogotá, y los datos se analizaron con estadística descriptiva, (se expone en el anexo A).

El componente cualitativo buscó comprender las percepciones, experiencias y valoraciones de actores clave, qué brechas identifican en el sistema, qué barreras ven para cambiarlo, qué oportunidades vislumbran. La técnica principal fue un grupo focal con expertos en gestión ambiental, gerencia de proyectos y políticas públicas, complementada con análisis de documentos institucionales, normativa y literatura especializada. El análisis empleó codificación y categorización temática, (Creswell & Poth, 2024).

7.2 Población y Muestra

La población objetivo de la presente investigación está conformada por los habitantes de la ciudad de Bogotá mayores de cinco años, quienes son considerados usuarios directos o indirectos del servicio público de aseo y, a su vez, actores potenciales en los procesos de separación de residuos en la fuente. Esta delimitación poblacional permite centrar el análisis en un grupo con capacidad de reconocimiento, participación y adopción de prácticas asociadas al manejo adecuado de los residuos sólidos. De acuerdo con las proyecciones poblacionales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE para el año 2025, Bogotá cuenta con aproximadamente 7,5 millones de habitantes, lo que evidencia la magnitud del universo poblacional relacionado con la generación, disposición y posible aprovechamiento de residuos en la ciudad.

Para calcular el tamaño de muestra se usó la fórmula clásica de muestreo aleatorio simple para poblaciones finitas:

Tabla 4

Formula muestreo población finita

$n = (Z^2 \times p \times q \times N) / (e^2 \times (N-1) + Z^2 \times p \times q)$	
n	Tamaño de la muestra
N	Tamaño de la población
Z	Nivel de confianza
p	Probabilidad de éxito
q	Probabilidad de fracaso
e	Margen de error

Nota: Elaboración propia

Con un nivel de confianza del 95% ($Z = 1,96$), proporción esperada del 50% ($p = 0,5$, el valor que maximiza el tamaño cuando no hay estudios previos), y un margen de error del 5%, el cálculo arrojó una muestra mínima de 384 encuestas. Ese número es consistente con lo que recomienda la literatura para estudios de percepción en poblaciones grandes, una vez que la población supera los 100.000 individuos, el tamaño poblacional apenas incide en el cálculo muestral (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

El muestreo fue estratificado proporcional por localidades, de modo que las 20 localidades urbanas de Bogotá quedaran representadas según su peso poblacional. La encuesta se difundió por formulario virtual a través de redes sociales, organizaciones comunitarias y juntas de acción comunal, complementada con aplicación presencial en puntos de alta afluencia para alcanzar a quienes tienen menor acceso a medios digitales.

Para el componente cualitativo, la selección de participantes del grupo focal siguió un muestreo intencional o por criterio, se buscaron personas con conocimiento especializado sobre el tema, no una muestra representativa de la población general (Creswell & Creswell, 2023). Los criterios de inclusión fueron: formación profesional en ingeniería ambiental, gerencia de proyectos o áreas afines; al menos cinco años de experiencia en gestión de residuos, política ambiental o proyectos de sostenibilidad; y

vinculación actual o reciente con entidades del sector público, privado o académico relacionadas con la temática. Se conformó un grupo de siete expertos, número dentro del rango de seis a diez participantes que recomiendan Krueger y Casey (2015) para grupos focales especializados.

7.3 Instrumentos

La investigación empleó tres instrumentos que se complementan entre sí y permiten triangular fuentes de información. A continuación, se describe cada uno.

7.3.1 Grupo focal con expertos

El grupo focal es una técnica cualitativa que permite explorar percepciones, opiniones y experiencias mediante una discusión guiada entre participantes que comparten cierto perfil (Krueger & Casey, 2015). En este caso, el propósito fue identificar cómo ven los expertos las brechas de sostenibilidad del sistema actual, qué obstáculos perciben para implementar economía circular, y qué oportunidades de mejora vislumbran desde las dimensiones del P5, (anexo B).

7.3.2 Encuesta de percepción ciudadana

La encuesta es una técnica cuantitativa que permite recolectar información estandarizada de un número amplio de participantes mediante un cuestionario estructurado (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018). El instrumento diseñado para esta investigación tiene como propósito medir las variables de percepción ciudadana, nivel de separación en la fuente, conocimiento de prácticas de economía circular, percepción de eficiencia del servicio de aseo, y percepción de impacto ambiental de Doña Juana, (se expone en el anexo A).

El cuestionario se estructura en cinco secciones:

Sección A – Caracterización sociodemográfica: Edad, género, nivel educativo, localidad de residencia, estrato socioeconómico, tipo de vivienda. Esta información permite segmentar los resultados y analizar diferencias entre grupos.

Sección B – Prácticas de separación en la fuente: Frecuencia y tipos de separación en el hogar, barreras percibidas, conocimiento sobre las categorías de clasificación que establece la normativa distrital.

Sección C – Conocimiento sobre gestión de residuos: Nivel de información sobre conceptos de economía circular, destino de los materiales reciclables, programas distritales de aprovechamiento, funcionamiento del sistema de aseo.

Sección D – Percepción del servicio de aseo: Satisfacción con diferentes aspectos del servicio (frecuencia de recolección, limpieza de espacios públicos, atención de quejas, efectividad del reciclaje) mediante escalas Likert de cinco puntos.

Sección E – Percepción sobre el Relleno Doña Juana: Conocimiento de la existencia y ubicación del relleno, percepción de impactos ambientales y sanitarios, opiniones sobre alternativas de gestión.

7.3.3 Matriz de Análisis de Impacto P5 (P5IA)

La Matriz P5 Impact Assessment (P5IA) constituye la herramienta metodológica central del estándar P5 de Green Project Management para la evaluación sistemática de los impactos de sostenibilidad de un proyecto o sistema (GPM Global, 2019). A diferencia de los instrumentos anteriores, la P5IA no recolecta información primaria directamente, sino que integra y transforma los hallazgos de las diversas fuentes en una valoración estructurada que permite identificar áreas críticas y priorizar intervenciones.

La versión 7.0 de la herramienta, disponible en formato de hoja de cálculo en el sitio web de GPM Global, estructura la evaluación en las cinco dimensiones del estándar: Producto, Proceso, Personas, Planeta y Prosperidad. Cada dimensión se desagrega en categorías y subcategorías que representan aspectos específicos de sostenibilidad. Para cada subcategoría, el evaluador asigna una puntuación en una escala de -3 a +3, donde:

-3 = Impacto negativo alto

-2 = Impacto negativo medio

-1 = Impacto negativo bajo

0 = Impacto neutro o no aplica

+1 = Impacto positivo bajo

+2 = Impacto positivo medio

+3 = Impacto positivo alto

La asignación de puntuaciones se fundamenta en la evidencia recolectada mediante los instrumentos cualitativos y cuantitativos, la revisión documental de informes técnicos e institucionales, y el juicio experto del equipo investigador.

7.4 Técnicas para el análisis de la información

El análisis siguió procedimientos diferenciados según el tipo de dato, buscando que cualquiera pueda replicar este tipo de investigación.

Los datos cuantitativos se procesan en IBM SPSS versión 27, frecuencias, medidas de tendencia central, tablas cruzadas y gráficos. Para el análisis cualitativo, la codificación y categorización se realiza de forma manualmente en Excel, siguiendo un proceso sistemático de reducción y síntesis.

7.4.1 Análisis de datos cuantitativos (Encuesta ciudadana)

En primer lugar, los datos obtenidos a través de la encuesta pasan por cinco etapas de procesamiento antes de convertirse en resultados analizables.

Inicialmente, se realiza la etapa de depuración, la cual consiste en exportar los registros del formulario a Excel, siguiente a esto se revisa cuáles estaban completos y se eliminan los que tengan más del 20% de información faltante. También se revisa si hay respuestas contradictorias entre sí.

En segundo lugar, se lleva a cabo la codificación de las respuestas en valores numéricos. Para las preguntas de frecuencia (por ejemplo, qué tan seguido separa residuos), asigna: Nunca = 1, A veces = 2, Siempre = 3. Para las de conocimiento (sí o no), se usa: No/No sé = 0, Sí = 1. Para percepciones y satisfacción, se aplica la escala Likert de 1 a 5, donde 1 es lo más negativo y 5 lo más positivo.

En tercer lugar, se realizan cálculos estadísticos descriptivos básicos, frecuencias absolutas y porcentuales para las variables categóricas; media, mediana, moda y desviación estándar para las de escala Likert. Los resultados se presentan en tablas y gráficos de barras que facilitan la lectura.

Posteriormente, se efectúa el cruce de variables con el propósito de identificar posibles diferencias según localidad, estrato, nivel educativo o edad. Ese análisis sirve para identificar grupos que podrían necesitar estrategias distintas de intervención.

Finalmente, se construyen índices agregados para las principales dimensiones del estudio. Entre ellos se encuentran el índice de Separación en la Fuente, calculado a partir del promedio de los ítems de la Sección B; el índice de Conocimiento Ambiental, estimado mediante el porcentaje de aciertos de la Sección C; el índice de Satisfacción con el

Servicio, obtenido a partir del promedio de la Sección D; y el índice de Percepción de Impacto Ambiental, calculado con base en el promedio de la Sección E.

Para el desarrollo de este procesamiento, se trabaja por medio de las herramientas de Excel para la depuración y organización inicial; SPSS versión 27 para los estadísticos descriptivos y los gráficos.

7.4.2 Análisis de datos cualitativos (Grupo focal)

Para el análisis del grupo focal, se sigue el método de análisis temático que proponen Braun y Clarke (2006), con algunas adaptaciones a nuestro caso.

En primer lugar, se conocen los datos y se transcribe la grabación completa, palabra por palabra, lo que genera un documento, se anotan ideas que van surgiendo y se marcan fragmentos que resultan relevantes para los objetivos del estudio.

En segundo lugar, se generan los códigos iniciales, identificando sistemáticamente los segmentos de texto relevantes para los objetivos y asignar etiquetas descriptivas. Al finalizar los códigos se registran en una matriz.

En tercer lugar, se buscan patrones y se agrupan los códigos relacionados en categorías más amplias. Se organizan según su relación con las cinco dimensiones del estándar P5 (Producto, Proceso, Personas, Planeta, Prosperidad) y con las variables de la investigación.

Posteriormente, se revisan los temas resultantes, la verificación de cada categoría por coherencia interna y distinta de las demás. Fusión de las que se superponen y división de las que son demasiado amplias.

Luego, se define cada categoría con precisión, estableciendo qué aspectos incluye, cuales excluye, qué criterios se usan para clasificar un fragmento en una u otra.

Finalmente, se redactan los hallazgos, combinando la descripción de cada categoría con citas textuales de los participantes que ilustran los resultados.

7.4.3 Triangulación e integración de hallazgos

Mediante una comparación sistemática, se articula lo cuantitativo con lo cualitativo, con el propósito de integrar los distintos resultados obtenidos durante el proceso investigativo. Para ello, se construye una matriz de triangulación compuesta por cuatro columnas, los resultados estadísticos de la encuesta, los hallazgos del grupo focal, los datos de fuentes secundarias, y la interpretación integrada. Ese ejercicio permite observar dónde hay convergencia cuando las tres fuentes apuntan en la misma dirección, fortalece la validez de la conclusión y dónde había divergencia, casos que requerían análisis adicional o explicación de por qué las fuentes no coincidían.

En este sentido, los resultados triangulados fueron la base para aplicar la matriz P5IA y así asegurar que las valoraciones de impacto no dependan de una sola fuente, sino que estén respaldadas por evidencia múltiple. Esa integración responde al principio de complementariedad del enfoque mixto, las fortalezas de un método compensan las debilidades del otro, y el resultado es una comprensión más robusta del problema (Creswell & Plano Clark, 2018).

Asimismo, la extensión propositiva de la investigación para el modelo de gestión, integra los hallazgos del diagnóstico con los principios y herramientas del estándar P5. No se trata solo de describir el problema, sino de construir un producto aplicable, orientada a fortalecer la sostenibilidad en la gestión de la disposición final de residuos sólidos.

De igual forma, se integra el análisis PESTEL como herramienta metodológica de diagnóstico estratégico, con la finalidad de identificar los factores externos que inciden en

la gestión de la disposición final de residuos sólidos en la ciudad de Bogotá. Este análisis permite examinar variables políticas, económicas, sociales, tecnológicas, ambientales y legales, relacionadas con las normativas vigentes, las políticas públicas, la financiación del sistema, la participación ciudadana, las herramientas tecnológicas, los impactos ambientales y los requisitos legales aplicables.

Por consiguiente, el PESTEL facilita una comprensión integral del contexto en el que se desarrolla la problemática, permitiendo reconocer oportunidades, amenazas y condiciones que pueden influir en la implementación de un modelo de gestión sostenible; se realiza por medio de la revisión documental, la información recopilada será organizada en una matriz PESTEL, clasificando los hallazgos según cada dimensión del entorno y relacionándolos con los principios del estándar P5 de GPM.

8. Trabajo de Campo

Esta sección presenta los resultados obtenidos mediante la aplicación de los instrumentos de recolección de información descritos en la metodología. Los hallazgos se organizan en tres subsecciones, resultados del análisis cuantitativo-derivados de la encuesta de percepción ciudadana, resultados del análisis cualitativo, provenientes del grupo focal con expertos, y resultados de la evaluación de impactos mediante la matriz P5IA. Para cada subsección se presenta primero una síntesis interpretativa de los hallazgos principales, seguida de la evidencia gráfica y tabular que sustenta las afirmaciones, y finalmente un análisis que conecta los resultados con los objetivos de la investigación y las dimensiones del estándar P5.

El alcance temporal es transversal; los datos primarios se recolectaron entre septiembre y noviembre de 2025. El alcance espacial se circunscribe al sistema de gestión de residuos sólidos de Bogotá, con énfasis en la operación de Doña Juana como sitio de disposición final.

8.1 Resultados del análisis cuantitativo: Encuesta de percepción ciudadana

El cuestionario se sometió a validación de contenido mediante juicio de un experto (especialista en gestión de residuos, profesional en ingeniería ambiental), quien evaluó la pertinencia, claridad y suficiencia de los ítems. Con base en sus observaciones se ajustó la redacción de algunas preguntas y se eliminaron dos consideradas redundantes. Luego se hizo una prueba piloto con 10 participantes para verificar la comprensión de las preguntas y estimar el tiempo de diligenciamiento, que resultó en un promedio de 10 minutos.

En la fase inicial del desarrollo de este estudio, se llevó a cabo un muestreo probabilístico que posibilitó la recolección de 384 cuestionarios (Muestra Bruta) en

campo. Sin embargo, con el fin de asegurar la calidad, la validez estadística y la consistencia interna de los hallazgos, se realizó un proceso riguroso de auditoría y limpieza a la base de datos antes del análisis final.

Durante esta fase de depuración, se utilizó un criterio de exclusión debido a respuestas incompletas, eliminando aquellos instrumentos que tenían omisiones críticas o escasez de información en variables sociodemográficas y partes fundamentales del cuestionario. Como consecuencia de este filtro, se suprimieron 30 encuestas inválidas, lo cual dejó una muestra analítica final de 354 encuestas válidas.

Este ajuste en el tamaño de la muestra alteró ligeramente los parámetros de precisión originales, el margen de error final del estudio fue del 5.21% (en comparación con el 5.00% que se había estimado en un principio), manteniendo un nivel de confianza del 95% y asumiendo la máxima variabilidad ($p = q = 0.5$). Esta subida de 0.21 puntos porcentuales se estima como estadísticamente irrelevante y no repercute en la solidez ni en la representatividad de las conclusiones obtenidas.

La confiabilidad del instrumento se evaluó con el coeficiente Alpha de Cronbach. La escala de percepción sobre el sistema de gestión de residuos (8 ítems) obtuvo $\alpha = 0,78$, y la escala de conocimientos sobre economía circular (6 ítems) alcanzó $\alpha = 0,72$. Ambos valores superan el umbral de 0,70 que se considera aceptable para investigaciones exploratorias en ciencias sociales (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

Las razones más frecuentes porque la gente no separa fueron, falta de espacio para tener varias canecas (42%), la convicción de que "no sirve de nada porque todo se mezcla en el camión" (67%), no saber bien cómo clasificar (31%), y falta de tiempo o interés

(18%). Este último dato es revelador, la mayoría de quienes no separan no lo hacen por pereza, sino porque el sistema de recolección le quita el sentido al esfuerzo.

Tabla 5

Distribución de frecuencias de variables sociodemográficas

Distribución por Edad	Columna1	Columna2	Localidad	Columna1	Columna2
Categoría	Conteo	%	Categoría	Conteo	%
36–45 años	112	31,6	Kennedy	42	11,9
46–59 años	92	26	Engativá	39	11
29–35 años	59	16,7	Suba	37	10,5
15–28 años	39	11	Puente Aranda	36	10,2
Mayor 60 años	36	10,2	Usme	28	7,9
5–14 años	16	4,5	Ciudad Bolívar	22	6,2
			Bosa	22	6,2
Nivel Educativo	Columna1	Columna2	Fontibón	19	5,4
Categoría	Conteo	%	Teusaquillo	15	4,2
Posgrado	106	29,9	Antonio Nariño	14	4
Universitario	104	29,4	Usaquén	14	4
Técnico/Tecnólogo	70	19,8	Rafael Uribe	13	3,7
Secundaria	67	18,9	Barrios Unidos	10	2,8
Primaria	7	2	San Cristóbal	10	2,8
			Tunjuelito	10	2,8
Distribución por Género			Chapinero	8	2,3
Categoría	Conteo	%	Santa Fe	6	1,7
Mujer	196	55,4	Los Mártires	5	1,4
Hombre	155	43,8	Candelaria	2	0,6
Otro	3	0,8	Sumapaz	2	0,6

Nota. Elaboración propia a partir del cuestionario aplicado. n = 354.

Prácticas de separación en la fuente y conocimiento ambiental

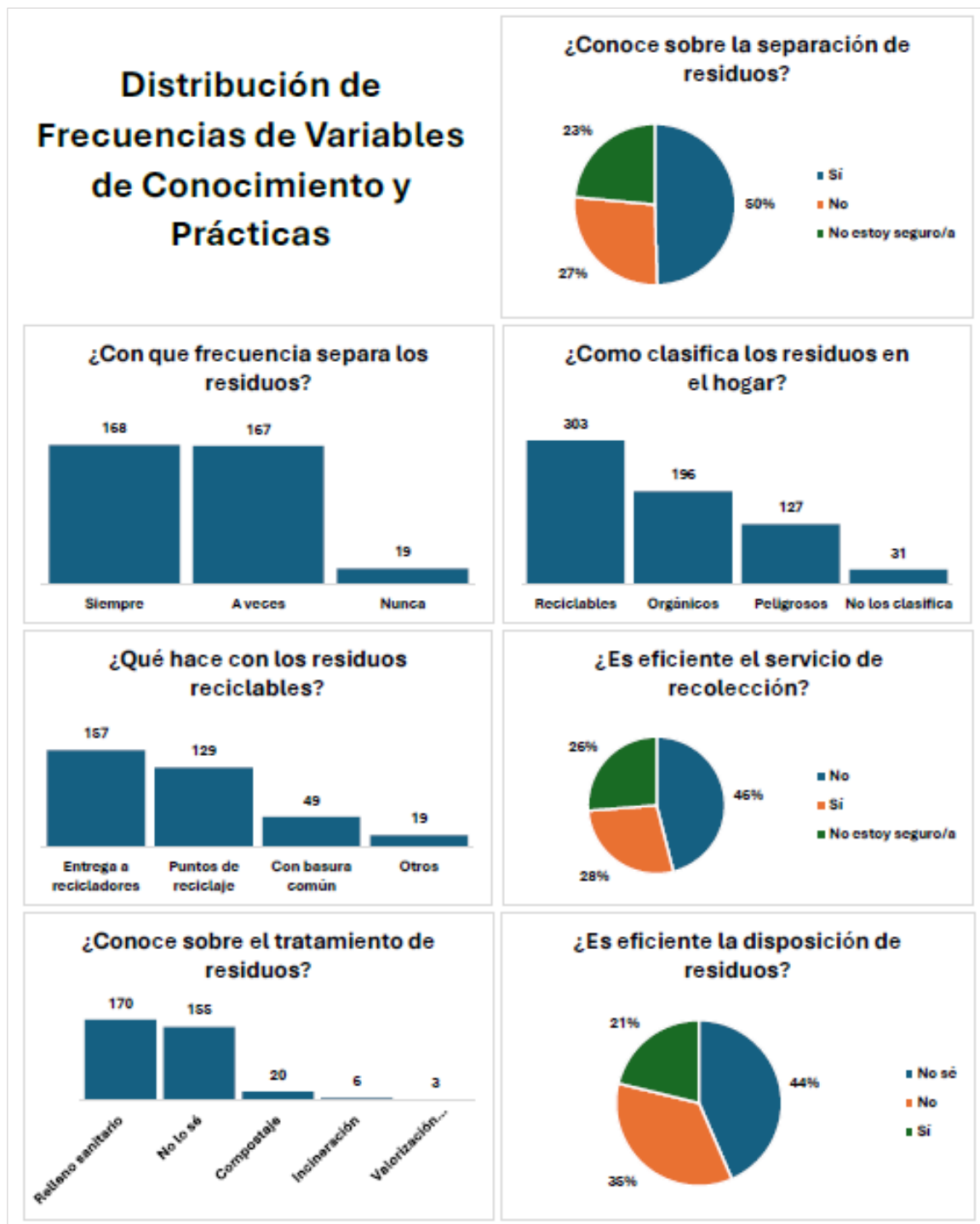
Los resultados sobre prácticas de separación revelan una brecha significativa entre la disposición declarada y la práctica efectiva. Si bien el 47,5% de los encuestados afirma separar sus residuos "siempre" o "casi siempre", únicamente el 23% reporta separar correctamente en las tres categorías establecidas por la normativa distrital (orgánicos, reciclables y ordinarios). El 38% indica separar "a veces" dependiendo del tipo de residuo, y el 14,5% declara no realizar ningún tipo de separación.

Las principales barreras identificadas para la separación en la fuente incluyen, falta de espacio en la vivienda para múltiples contenedores (42%), percepción de que "no sirve de nada porque todo se mezcla en el camión" (67%), desconocimiento de las categorías correctas de clasificación (31%), y falta de tiempo o interés (18%). Este último dato resulta particularmente relevante, pues evidencia que la mayoría de quienes no separan no lo hacen por desinterés, sino por barreras estructurales del sistema de recolección.

En cuanto al nivel de conocimiento ambiental, el 52% de los encuestados identificó correctamente el concepto de economía circular, el 64% conoce la existencia del Relleno Sanitario Doña Juana como destino de los residuos de la ciudad, y el 71% reconoce que los materiales reciclables tienen valor económico y apenas el 19% conoce algún programa distrital específico de aprovechamiento de residuos. La Figura 3 presenta la distribución de respuestas para las variables de conocimiento y prácticas.

Figura 3

Distribución de frecuencias de variables de conocimiento y prácticas



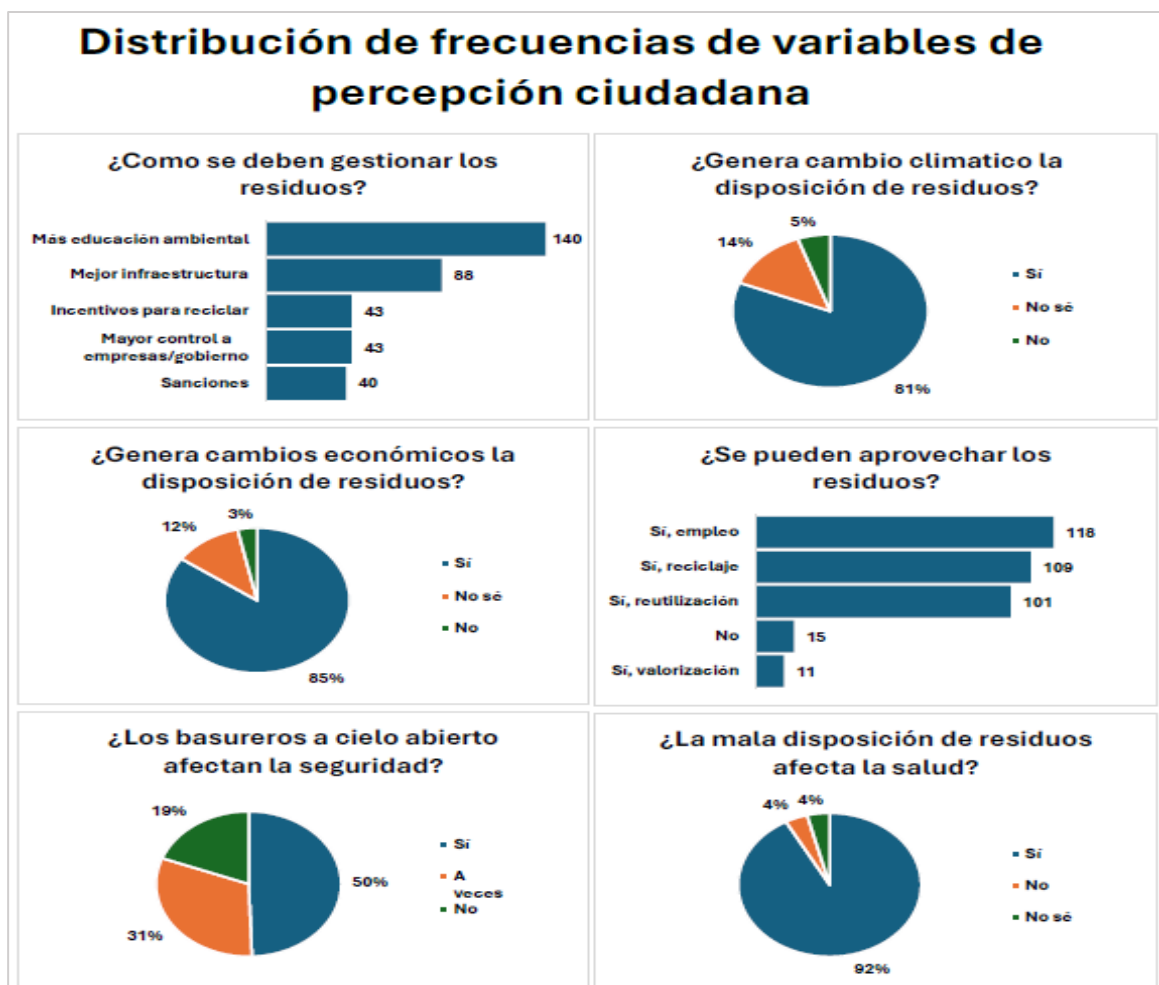
Nota. Elaboración propia a partir del cuestionario aplicado. n = 354.
Percepción del servicio de aseo y del Relleno Sanitario Doña Juana

La satisfacción con el servicio de aseo es moderada en lo operativo la frecuencia de recolección saca 3,4 sobre 5 y la limpieza de vías 3,1 pero cae en picada cuando se pregunta por la efectividad del reciclaje, apenas 1,82 sobre 5. Eso significa que la gente percibe que su esfuerzo de separar no se traduce en aprovechamiento real.

Sobre Doña Juana, el 78% considera que genera impactos ambientales "altos" o "muy altos", el 65% cree que afecta la salud de las comunidades vecinas, y el 84% opina que Bogotá debería buscar alternativas que reduzcan el enterramiento.

Figura 4

Distribución de frecuencias de variables de percepción ciudadana



Nota. Elaboración propia a partir del cuestionario aplicado. n = 354.

Tabla 6

Medidas de tendencia central para variables de percepción (escala 1-5)

Variable	Pregunta	Media (Promedio)	Moda (Valor más frecuente)	Respuesta
Percepción sobre la separación en la fuente	¿Conoce si en su comunidad se realiza separación de residuos?	2.22	3	Sí
Nivel de separación en la fuente	¿Separa los residuos en su hogar?	2.42	3	Siempre
Nivel de confianza en la gestión de residuos por autoridades	¿Considera que la recolección es eficiente y apropiada?	1.82	1	No
Nivel de confianza en la gestión de residuos por autoridades	¿Cree que los residuos reciben disposición final adecuada?	1.86	2	No sé
Nivel de confianza en la gestión de residuos por autoridades	Impacto ambiental de la disposición inadecuada (Escala 1–5)	3.86	5	Sanciones por mala disposición
Nivel de información ambiental	¿Contribuye al cambio climático?	2.76	3	Sí
Percepción sobre la separación en la fuente	¿Genera costos adicionales para la ciudad?	2.81	3	Sí
Nivel de confianza en la gestión de residuos por autoridades	¿Genera sensación de inseguridad (presencia de vertederos)?	2.30	3	Sí
Percepción sobre la contaminación del relleno	¿Afecta la salud de la comunidad?	2.88	3	Sí

Nota. Elaboración propia. Las barras representan la media aritmética; las líneas de error indican la desviación estándar.

Con relación a las medidas indicadas en la Tabla 6, se observan los datos promedios y las frecuencias más importantes referenciadas por los ciudadanos, como se analiza en su disposición para separar, pero escépticos ante su disposición final adecuada. La barrera más mencionada que "todo se mezcla en el camión" no es un problema de cultura ciudadana, sino una falla estructural de la cadena de recolección, ese hallazgo reorienta el foco de intervención, transformando los esquemas operativos.

8.2 Resultados del análisis cualitativo: Grupo focal con expertos

El grupo focal se reunió el 7 de noviembre de 2025 en donde participaron siete especialistas dos ingenieros ambientales con experiencia en operación de rellenos sanitarios, un gerente de proyectos certificado PMP con trayectoria en proyectos ambientales, una especialista en políticas públicas ambientales, una representante del sector de recicladores organizados, una académica investigadora en economía circular, y un consultor en sostenibilidad corporativa, se llevó a cabo de manera virtual por Microsoft Teams, lo que permitió grabar con consentimiento informado de los participantes. La sesión duró 90 minutos y quedó grabada con autorización de todos para transcribirla y analizarla.

Las nueve preguntas detonadoras fueron validadas previamente por un experto metodológico externo al equipo de investigación, con el fin de asegurar su pertinencia y coherencia frente a los objetivos del estudio. Uno de los investigadores asumió el rol de moderador, mientras que el otro se encargó del registro de notas de campo. La grabación se transcribió íntegramente, generando un documento de unas 45 páginas que constituye el corpus para el análisis cualitativo (ver Anexo B).

El protocolo del grupo focal se estructuró en tres bloques temáticos alineados con las dimensiones del estándar P5:

El primer bloque, correspondiente a Producto y Proceso, abordó las brechas técnicas y operativas del sistema, capacidad de infraestructura, trazabilidad de materiales, tecnologías disponibles y eficiencia de procesos.

El segundo bloque, relacionado con Personas y Planeta, incluyó preguntas sobre impactos sociales y ambientales, participación ciudadana, inclusión de recicladores, afectaciones a comunidades vecinas, efectos sobre recursos naturales.

Finalmente, el tercer bloque, asociado con Prosperidad, examinó preguntas sobre viabilidad económica del modelo actual, oportunidades de generación de valor, barreras de financiamiento y sostenibilidad financiera de alternativas.

Una vez obtenidos los temas iniciales, estos fueron revisados para verificar la coherencia interna de cada categoría y su diferenciación frente a las demás. Fusión de las que se superponen y división de las que son demasiado amplias. Al final quedaron 12 categorías organizadas en las cinco dimensiones P5.

8.3 Hallazgos principales por dimensión

En las dimensiones Producto y Proceso, los expertos coincidieron en que una de las principales debilidades del sistema radica en la desarticulación entre sus etapas. Esta situación fue sintetizada por uno de los participantes al señalar, "Son procesos totalmente desarticulados, son procesos que no tienen un sentido lógico cuando se habla de disposición final" (Especialista 1, comunicación personal, 7 de noviembre de 2025). El problema es que, aunque la gente separe en casa, el camión mezcla todo. El esfuerzo del ciudadano se pierde en la recolección.

En la dimensión Personas, surgió de manera reiterada el reconocimiento a los recicladores de oficio. Una participante con experiencia en política pública lo dijo claro, "Un atributo muy grande... es toda la gestión que hacemos a través de los recicladores de oficio, porque yo creo que sin ellos no se reciclaría absolutamente nada" (Especialista 4,

comunicación personal, 7 de noviembre de 2025). Pero también se señaló la urgencia de mejorar sus condiciones en formalización, seguridad social, dignidad.

En cuanto a la dimensión Planeta, la preocupación central fue la falta de infraestructura de aprovechamiento. Un ingeniero ambiental planteó, "El problema mayor está en la generación de plásticos y algunos residuos que no son biodegradables y no está claro su destino" (Especialista 5, comunicación personal, 7 de noviembre de 2025). Sin plantas de reciclaje, compostaje o valorización energética, la separación en origen no tiene adónde llegar.

En la dimensión Prosperidad, los expertos señalaron la brecha entre normas e implementación. Una experta en gestión de calidad lo resume, "Tenemos normas que realmente en el papel se ven muy bonitas... pero realmente el esquema... no se da" (Especialista 3, comunicación personal, 7 de noviembre de 2025). Ese formalismo burocrático cumplir por cumplir, sin convicción termina frenando la innovación.

Finalmente, en la categoría de Innovación y Tecnología, los participantes resaltaron la subutilización de herramientas que ya existen. Un especialista en sostenibilidad corporativa expresó, "La inteligencia artificial... no se está utilizando de la manera adecuada... no hay una gestión de datos de información" (Especialista 2, comunicación personal, 7 de noviembre de 2025). De ahí la propuesta de incorporar trazabilidad con IoT y blockchain.

Tabla 7

Categorización del análisis temático del grupo focal

Macro categoría	Subcategoría	Código	Definición Operativa	Cita Representativa (Evidencia)
1. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL	1.1 Articulación de Procesos	DESART_PROC (De sarticulación de Procesos)	Percepción de falta de conexión lógica y operativa entre las etapas de generación, recolección y disposición.	"Son procesos totalmente desarticulados, son procesos que no tienen un sentido lógico cuando se habla de disposición final." (Especialista 1)
	1.2 Modelo Económico	ECON_LINEAL (Pre dominio Economía Lineal)	Persistencia del modelo "extraer-usar-tirar" frente a la ausencia de prácticas consolidadas de economía circular.	"No hay una clara proyección hacia un cambio de cultura desde la cultura lineal... al final la desechamos, la enterramos." (Especialista 2)
2. MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL	2.1 Brecha de Implementación	BRECHA_NORM (Brecha Norma-Realidad)	Existencia de una legislación robusta y reconocida ("en el papel") que no se refleja en la ejecución operativa.	"Tenemos normas que realmente en el papel se ven muy bonitas... pero realmente el esquema... no se da." (Especialista 3)
	2.2 Formalismo Burocrático	CUMP_REQ (Cumplimiento por Requisito)	La documentación y certificación se realizan por obligación legal y no por convicción o estrategia de mejora, limitando la innovación.	"Es más unas acciones... no tanto porque nazca del corazón, sino más por el cumplimiento... nos limita un poco en términos de innovación." (Especialista 2)
3. EFICIENCIA OPERATIVA	3.1 Logística de Recolección	FALLA_RECOL (Falla en Recolección Diferenciada)	Ineficacia en la separación debido a que la recolección mezcla los residuos previamente separados por el usuario.	"No tiene sentido que venga un solo recurso, que es un solo carro a recibir las 3 bolsas que nos pide la ley." (Especialista 1)
	3.2 Infraestructura y Materiales	RETO_MAT (Reto de Materiales Específicos)	Dificultades operativas derivadas del aumento de materiales no biodegradables (plásticos) y falta de infraestructura para compostaje.	"El problema mayor está en la generación de plásticos y algunos residuos que no son biodegradables y no está claro su destino." (Especialista 4)
4. INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA	4.1 Uso de Datos	DEFICIT_TEC (Déficit Tecnológico/IA)	Subutilización de herramientas modernas (IA, Big Data, Machine Learning) para optimizar flujos y procesos.	"La inteligencia artificial... no se está utilizando de la manera adecuada... no hay una gestión de datos de información." (Especialista 2)

5. DIMENSIÓN SOCIO-CULTURAL	5.1 Actores del Sistema	ROL_RECICL (Rol del Reciclador)	Reconocimiento de la labor fundamental de los recicladores de oficio como base del aprovechamiento actual.	<i>"Un atributo muy grande... es toda la gestión que hacemos a través de los recicladores de oficio, porque yo creo que sin ellos no se reciclaría absolutamente nada." (Especialista 5)</i>
	5.2 Cultura Ciudadana	CAMBIO_CULT (N ecesidad de Cambio Cultural)	Requerimiento de una transformación en la mentalidad del consumidor y del generador de residuos.	<i>"Depende de un cambio de cultura, de cultura ciudadana, de cultura de nosotros mismos." (Especialista 2)</i>

Nota. Elaboración propia según resultados obtenidos en grupo focal. Los nombres de los participantes se incluyen con su consentimiento informado.

Del análisis temático emergieron 5 categorías, organizadas en temas que coinciden con las dimensiones del estándar P5. La Tabla 7 las presenta con sus definiciones y citas representativas. Cada tema se desglosa en aspectos específicos descentralización, modelos económicos, brechas de implementación, trabas burocráticas. El propósito es tener un mapa claro de dónde están los problemas y dónde las oportunidades.

La Matriz P5IA, por su parte, es la herramienta metodológica central del estándar Green Project Management. Sirve para evaluar de manera sistemática cómo impacta un proyecto o sistema en las cinco dimensiones de sostenibilidad Producto, Proceso, Personas, Planeta y Prosperidad.

8.4 Resultados de la evaluación de impactos: Matriz P5IA

Se aplica la matriz P5IA en cuatro pasos, primero, compilación de toda la evidencia del diagnóstico encuestas, transcripción del grupo focal, informes institucionales y se organiza por dimensiones P5. Segundo, cada investigador evaluó de forma independiente todas las subcategorías, anotando su puntuación y por qué la asignaba. Tercero, discusión de las diferencias, luego un consenso sobre la puntuación final de cada ítem. Cuarto,

calcular los índices agregados por categoría y dimensión, identificando dónde estaban los impactos negativos más severos y dónde había margen de mejora. La matriz diligenciada está en el Anexo C.

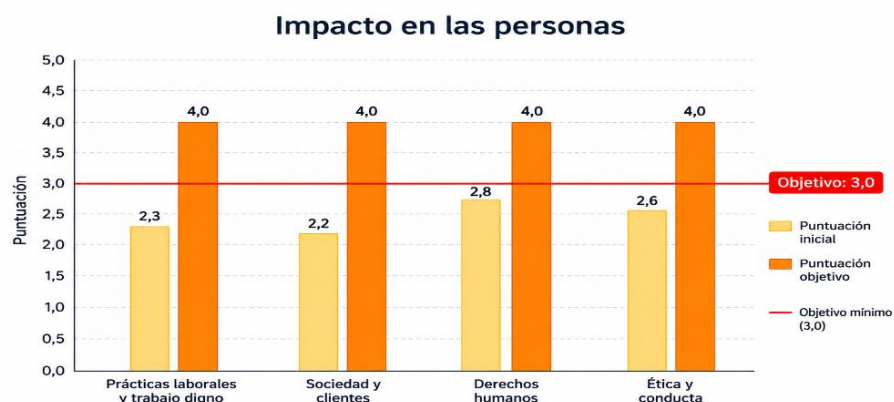
Aplicar la Matriz P5IA permitió convertir los hallazgos tanto los cuantitativos de la encuesta como los cualitativos del grupo focal en valoraciones sistemáticas de impacto. Se evalúa cada subcategoría de las dimensiones Personas, Planeta y Prosperidad usando la escala de -3 (impacto negativo alto) a +3 (impacto positivo alto). Las Figuras 3, 4 y 5 presentan los resultados agregados por subcategoría para cada dimensión.

Análisis de impactos en la dimensión Personas

la dimensión Personas presenta una mejora significativa después de aplicar las respuestas propuestas. En promedio, el puntaje inicial pasa de 2,41 a 4,01, con una mejora general de +1,61 puntos. Esto indica que, inicialmente, la gestión de impactos sociales, laborales, comunitarios y éticos estaba por debajo del nivel esperado, pero las acciones planteadas permiten llevar casi todos los aspectos por encima del objetivo mínimo de 3,0.

Figura 5

Resultados de la evaluación P5IA - Dimensión Personas



Nota. Elaboración propia mediante aplicación de GPM-P5 Impact Analysis

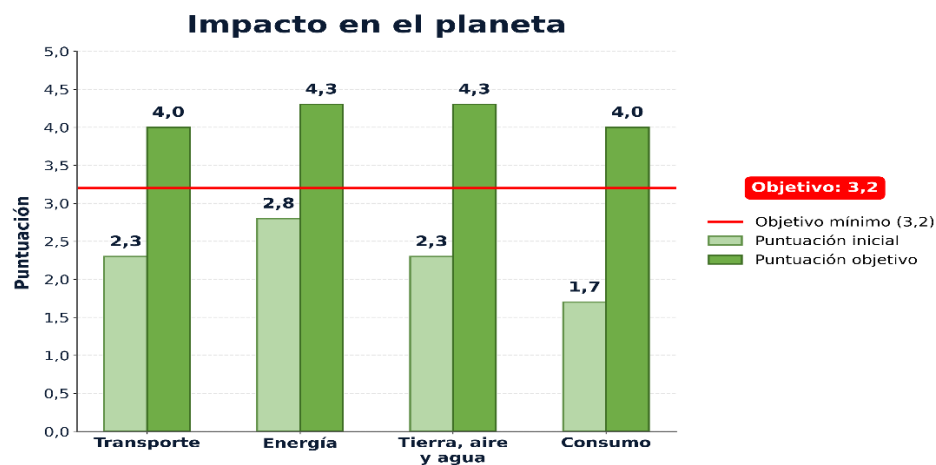
Template V7. Escala: -3 (impacto negativo alto) a +3 (impacto positivo alto).

8.5 Análisis de impactos en la dimensión Planeta

La dimensión Planeta presenta el balance más desfavorable de las tres evaluadas, con un índice agregado de -1,8 (Figura 6). Esos números reflejan un panorama desfavorable, el modelo actual se basa en enterrar masivamente, los lixiviados contaminan fuentes de agua, el metano se va a la atmósfera y los olores arruinan la vida de quienes viven cerca. En "Energía" el impacto fue de 1.5, porque el proyecto Biogás Colombia aprovecha parte del biogás para generar electricidad, aunque con capacidad subutilizada. El área de Consumo fue la que experimentó el mayor avance con un incremento de +2,3 puntos, a pesar de haber iniciado con la puntuación más baja (1,7), lo que evidencia un esfuerzo especialmente significativo en la reducción del impacto por hábitos de consumo.

Figura 6

Resultados de la evaluación P5IA - Dimensión Planeta



Nota. Elaboración propia mediante aplicación de GPM-P5 Impact Analysis Template V7.

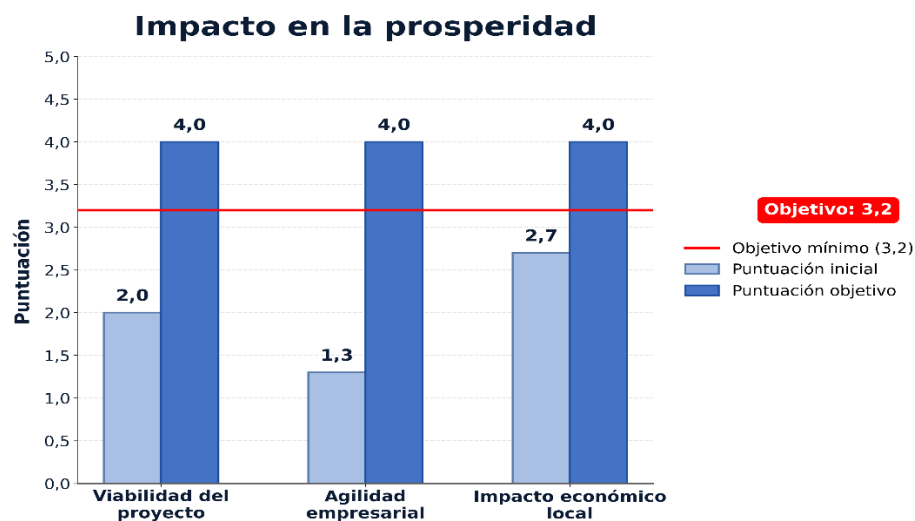
Análisis de impactos en la dimensión Prosperidad

La evaluación de la dimensión Prosperidad arroja resultados mixtos con un índice agregado de -0,9 (Figura 7). Las subcategorías con impactos negativos incluyen "Agilidad empresarial" (-1,3), reflejando la rigidez del modelo actual para adaptarse a cambios

regulatorios o tecnológicos; "Estimulación económica y del mercado" (-2,7), asociada al desaprovechamiento del valor económico de los materiales enterrados; y "Factibilidad del proyecto" (-2,0), señalando la insostenibilidad financiera de largo plazo del modelo de enterramiento, reconociendo que el sistema actual genera ingresos por tarifas de aseo que cubren los costos operativos, aunque sin incorporar plenamente los costos ambientales y sociales externos.

Figura 7

Resultados de la evaluación P5IA - Dimensión Prosperidad



Nota. Elaboración propia mediante aplicación de GPM-P5 Impact Analysis Template V7.

La integración de los resultados de la matriz P5IA permite identificar las áreas prioritarias de intervención para el modelo de gestión propuesto. Las subcategorías con impactos negativos superiores a -2,0 constituyen áreas críticas que requieren atención inmediata, gestión de residuos, calidad del aire, salud y seguridad ocupacional, sociedad y comunidad, calidad del agua y emisiones de GEI. Estas áreas se corresponden con los ejes estratégicos del modelo propuesto en la siguiente sección.

9. Análisis de resultados

En miras de lograr la confiabilidad del análisis, se empleó el método de triangulación de datos, contrastando la información del grupo focal con expertos, la encuesta ciudadana y la revisión documental de informes técnicos y normativa. Este enfoque aseguró resultados consistentes que reflejan una visión integral de la problemática desde perspectivas técnica, ciudadana e institucional.

La triangulación validó los hallazgos de cada instrumento, verificando la coherencia entre las brechas de sostenibilidad detectadas por expertos (dimensiones Producto y Proceso del P5), las percepciones ciudadanas sobre eficiencia del sistema, y los datos de disposición final de la UAESP. Este método garantizó la validez interna de la investigación, asegurando que el Modelo de Gestión Sostenible propuesto responda efectivamente a las necesidades del contexto bogotano dentro del marco del estándar P5 de Green Project Management.

9.1 Medidas de frecuencia Datos Demográficos

En la caracterización demográfica de la muestra (N=354) se observa un perfil claramente concentrado en población adulta y con niveles educativos altos, lo cual establece el tipo de lectura que deben tener los resultados del estudio. En primer lugar, la distribución por edad evidencia que el grupo más numeroso corresponde a personas entre 36 y 45 años (31,6%), seguido por el rango de 46 a 59 años (26,0%). En conjunto, cerca de tres cuartas partes de los encuestados (74,3%) se ubican entre los 29 y 59 años, es decir, población en etapa productiva y con alta probabilidad de tomar decisiones. En términos de género, la participación es relativamente equilibrada, con una mayoría femenina (55.4% mujeres en comparación con 43.8% hombres).

Los hallazgos más representativos de la caracterización demográfica señalan una muestra mayoritariamente adulta, con predominio femenino moderado, con alta escolaridad y con concentración en localidades específicas de Bogotá. Estas condiciones fortalecen la lectura del estudio para comprender prácticas domésticas y urbanas.

9.2 Medidas de frecuencia, Conocimiento y Practicas

Cerca de la mitad de los encuestados tiene conocimiento que en su comunidad se realiza separación de residuos, 49.4%, la frecuencia de separación es alta, con 47.5%. Sin embargo, la mayoría desconoce el tratamiento final de los mismos 43.8%, la entrega a recicladores y depósito en puntos de reciclaje son las prácticas más comunes para residuos reciclables, la percepción sobre la adecuada disposición final de residuos presenta un alto desconocimiento por parte de los participantes y la clasificación de residuos es común, con 85.6% clasificando reciclables, la gestión de residuos peligrosos y orgánicos también es significativa, la comunidad muestra esfuerzos por reciclar, pero hay brechas en conocimiento y comunicación, se necesitan estrategias para mejorar la educación ambiental y la transparencia en la gestión de residuos.

9.3 Medidas de frecuencia Percepción Ciudadana

La comunidad en su mayoría prioriza la implementación de programas de educación ambiental (39.5%) como medida fundamental para fortalecer y optimizar la gestión integral de residuos, seguida de la creación de incentivos que fomenten y promuevan el reciclaje (12.1%), así como de la necesidad de establecer un mayor control y supervisión por parte de las autoridades competentes sobre las actividades llevadas a cabo por empresas y entidades gubernamentales (12.1%). Un importante porcentaje de la población (84.7%) afirma que la inapropiada gestión de los residuos ocasiona importantes

gastos económicos. Además, un 81.1% considera que la disposición inadecuada de residuos contribuye de manera significativa al cambio climático, mientras que un 92.1% opina que esta problemática impacta de forma negativa la salud y bienestar de la comunidad. La presencia de vertederos al aire libre es considerada una seria amenaza para la seguridad por el 61.4% de las personas encuestadas y se reconoce la presencia de oportunidades económicas importantes en la reutilización de residuos, con un porcentaje considerable del 33.3% destacando el empleo como uno de los beneficios más relevantes de esta actividad.

9.4 Análisis de Tendencias Centrales

La tabla 8 muestra un contraste entre la autopercepción del ciudadano (positiva) y la valoración de las autoridades (negativa), destacando una alta preocupación por los impactos ambientales. Existe una brecha clara entre lo que el ciudadano hace y lo que percibe que hace la autoridad.

- Separación en la fuente: La moda es "Siempre" (3) y la media es 2.42. Esto indica que la mayoría de los encuestados afirma tener el hábito de separar residuos en sus hogares. Igualmente, La comunidad afirma conocer ("Sí") que se realiza separación en su barrio (Media 2.22).

- Recolección: Es el punto más crítico del estudio. La media es la más baja (1.82) y la respuesta más frecuente es un contundente "No" (Moda 1) ante la pregunta de si la recolección es eficiente.

- Disposición Final: La media de 1.86 y la moda "No sé" (2), el ciudadano no confía en el proceso final o simplemente desconoce qué pasa con su basura una vez se la llevan.

El dato más revelador se encuentra en la variable de Impacto Ambiental, media 3.86 (la más alta de la tabla), moda 5 (Valor máximo en la escala); la percepción del daño ambiental es máxima. El hecho de que la respuesta textual asociada a este valor alto sea "Sanciones" sugiere que la comunidad vincula la gravedad del problema con la necesidad de castigos o regulaciones estrictas.

La comunidad tiene una percepción homogénea sobre los efectos transversales de la mala gestión. Para todas las siguientes variables, la Moda es 3 ("Sí") y las medias oscilan entre 2.30 y 2.88; el cambio climático con (2.76), reconocen el vínculo global y las consecuencias de costos para la ciudad con (2.81), entendiendo que la ineficiencia golpea el bolsillo público. La salud obtuvo (2.88) percibiendo un riesgo sanitario directo y se asocian las basuras con inseguridad y deterioro del entorno social (2.30).

9.5 Análisis grupo focal enfoque Cualitativo

En términos de eficiencia operativa, se destaca la necesidad de mejorar la logística de recolección de residuos, identificando fallos en la separación diferenciada y la infraestructura utilizada. Además, se hace hincapié en el uso insuficiente de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial y el Big Data, lo que limita el aprovechamiento de los recursos disponibles y la optimización de los procesos. Finalmente, se señala la importancia de abordar los retos en el manejo de materiales específicos, como los biodegradables, y la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas que puedan reducir el déficit en infraestructura y capacidades operativas, mejorando así la eficiencia general del sistema.

- Saturación de Categorías: Se observa una fuerte saturación en la categoría "Marco Normativo vs. Realidad". Casi todos los participantes coinciden en que la ley existe, pero falla la ejecución.

- El código FALLA_RECOL es crítico. La desmotivación ciudadana nace de ver que el camión mezcla lo que ellos separaron.

- Oportunidad de Mejora: El código DEFICIT_TEC (mencionado por el Especialista 2) sugiere que la propuesta de implementación del estándar P5 podría enfocarse en cerrar la brecha tecnológica y de gestión de datos.

9.6 Análisis de Patrones (Focus Group)

Existe un consenso absoluto entre los expertos (Especialista 3, Especialista 2, Especialista 5), sobre una contradicción fundamental, Colombia tiene un exceso de normas de alta calidad, pero una capacidad de ejecución mínima.

- El Patrón: Los participantes describen el marco legal con adjetivos positivos ("robusta", "reconocida", "fuerte"), pero describen la realidad operativa con términos de carencia ("nos quedamos cortos", "no se cumple", "papel bonito").

El sistema sufre de una desconexión entre la planeación estratégica (leyes) y la operación logística. No es un problema de no saber qué hacer, sino de incapacidad para hacerlo. Se menciona la Constitución del 91 y decretos recientes, contrastados con la inexistencia de rutas de recolección selectiva real.

El término "Desarticulación" fue utilizado explícitamente por el especialista 1 y secundado por los demás. El patrón detectado es que el sistema funciona de forma independientes y no como un proceso continuo. El ciudadano separa (o intenta) y el camión mezcla.

- El Hallazgo: La cadena se rompe en la interfaz Recolección-Transporte. Al no haber recolección diferenciada (especialmente de orgánicos/compostables, como menciona Especialista 3), el esfuerzo de separación en la fuente se anula, perpetuando el modelo lineal (enterrar) sobre el circular (aprovechar).

El Especialista 2 introduce un patrón de comportamiento organizacional crítico, las empresas y entidades adoptan estándares (ISO, normas ambientales) no como herramientas de transformación cultural o innovación, sino como requisitos burocráticos ("checklists") para evitar sanciones o licitar. Esto genera una "falsa sensación de seguridad". Se tienen los documentos y los sellos, pero los procesos internos siguen siendo obsoletos y reactivos, limitando la innovación real.

Obsolescencia Tecnológica ante Nuevos Desafíos; se detecta un patrón de velocidad asimétrica, los problemas (nuevos materiales plásticos, volumen de residuos) crecen a velocidad exponencial, mientras que las soluciones (gestión de datos, IA) se mueven a velocidad lineal o estática. El Especialista 2 resalta la ausencia de Inteligencia Artificial y Big Data para optimizar rutas y procesos.

Se está gestionando un problema del siglo XXI (nuevos polímeros, cambio climático) con herramientas del siglo XX (camiones compactadores estándar, planillas manuales, enterramiento), desperdiciando el potencial de la tecnología para la toma de decisiones.

9.7 Análisis matriz P5IA

El programa parte de un escenario donde los principales frenos a la sostenibilidad no son “falta de intención”, sino fallas de ejecución, trazabilidad y gobernanza que afectan simultáneamente a las personas, al ambiente y a la viabilidad del sistema. En el impacto a

personas se repiten causas estructurales; ruptura de la cadena por mezcla en recolección y transporte, presión comunitaria e institucional, riesgos de SST en operación y tercerización, y brechas de capacidades (tecnología/datos, cultura de cumplimiento). Esto se traduce en impactos negativos iniciales (1–3) que, correctamente, se intentan revertir con respuestas de gestión (protocolos, interventoría, indicadores, formación, inclusión de recicladores, gestión del cambio). En impactos al planeta el patrón es el mismo, el mayor peso recae en disposición final, emisiones (metano y logística), lixiviados y calidad de aire/agua, con medidas propuestas orientadas a control (monitoreo, redundancias, contingencias) y a transición (separación efectiva, infraestructura de valorización, optimización logística y MRV). Finalmente, en impactos a la prosperidad la sostenibilidad económica se plantea con madurez, el problema no es solo el costo directo, sino el costo total del ciclo (TCO), los riesgos de continuidad y el valor social no capturado (SROI), por lo que las respuestas se enfocan en business case por escenarios, modelación/simulación, resiliencia y reportes verificables.

La proyección de la matriz permite evidenciar mejoras esperadas, cambios positivos y, sobre todo, identificar dónde la estrategia depende de condiciones críticas (trazabilidad real de rutas, capacidad institucional para auditoría, adopción de gobierno de datos, y cumplimiento operativo sostenido). Sin embargo, se vuelve visible si la intervención está corrigiendo lo central (reducción de disposición, control de lixiviados/olores, eficiencia logística y legitimidad social). La recomendación implícita es consolidar un ciclo de seguimiento de los KPIs medibles, responsables, claros y bajo evidencia auditable, para que el salto de puntajes no sea aspiracional, sino defendible ante comunidad, entes de control y toma de decisiones presupuestales.

10. Análisis del contexto institucional: Aplicación del marco PESTEL

El análisis del entorno mediante la herramienta PESTEL permite identificar los factores externos que condicionan la viabilidad e implementación del modelo de gestión sostenible propuesto. Esta metodología, ampliamente utilizada en la planificación estratégica y la evaluación de proyectos, examina sistemáticamente las dimensiones Política, Económica, Social, Tecnológica, Ecológica y Legal del contexto en el cual opera el sistema de gestión de residuos sólidos de Bogotá (Song et al., 2017; Kumar et al., 2021). El análisis PESTEL complementa los hallazgos del diagnóstico realizado mediante los instrumentos cualitativos y cuantitativos, aportando una perspectiva macro contextual que fundamenta la propuesta de intervención.

10.1 Dimensión Política

El contexto político presenta tanto oportunidades como riesgos para la implementación del modelo. En el ámbito nacional, la Política de Crecimiento Verde establecida mediante el CONPES 3934 de 2018 define lineamientos estratégicos para la transición hacia una economía baja en carbono que incluyen explícitamente el fortalecimiento de la gestión de residuos sólidos. El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia, potencia mundial de la vida" incorpora metas relacionadas con economía circular y reducción de la huella ambiental de las ciudades, creando un marco de política favorable para iniciativas de transformación del sistema de disposición final. Este marco normativo es coherente con los compromisos de Colombia ante el Acuerdo de París, en el que el país se comprometió a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 51% al año 2030 respecto a un escenario tendencial, siendo el sector de residuos uno de los contribuyentes identificados (CEPAL, 2024).

En el ámbito distrital, el Plan de Desarrollo 2024-2027 "Bogotá Camina Segura" establece como objetivo estratégico el ordenamiento territorial con justicia ambiental, incluyendo el programa 25 "Aumento de la resiliencia climática y reducción de la vulnerabilidad" que enmarca las acciones de gestión de residuos (Acuerdo 927, 2024). La voluntad política expresada de avanzar hacia el cierre progresivo del modelo de enterramiento y la implementación de alternativas de aprovechamiento constituye una oportunidad significativa. Sin embargo, el riesgo de discontinuidad política asociado a los ciclos electorales representa una amenaza para la sostenibilidad de largo plazo de las intervenciones, particularmente aquellas que requieren inversiones con períodos de maduración superiores a un período de gobierno.

La próxima finalización de los contratos de concesión de recolección, barrido y limpieza (RBL) representa una ventana de oportunidad crítica para rediseñar el sistema incorporando criterios de sostenibilidad desde la estructuración de los nuevos contratos. Esta coyuntura permitiría establecer obligaciones contractuales de recolección diferenciada, indicadores de desempeño ambiental y mecanismos de trazabilidad que actualmente no existen. La literatura sobre gobernanza ambiental urbana en América Latina documenta ampliamente cómo los cambios de administración han interrumpido programas de gestión de residuos en ciudades como Ciudad de México, Lima y Santiago (OCDE, 2024).

10.2 Dimensión Económica

El análisis económico revela un escenario de restricción fiscal combinado con oportunidades de diversificación de ingresos. El sistema actual de gestión de residuos opera fundamentalmente con recursos tarifarios provenientes del servicio público de aseo,

complementados con aportes del presupuesto distrital. Los costos de operación del Relleno Sanitario Doña Juana, transporte y disposición final ascienden aproximadamente a \$450.000 millones anuales, cifra que se incrementa progresivamente conforme aumentan las exigencias ambientales y se agotan las celdas disponibles (UAESP, 2024).

El valor económico desaprovechado de los materiales actualmente enterrados representa una oportunidad significativa. Según estimaciones del modelo de aprovechamiento de la UAESP (2021), el potencial de generación de ingresos por comercialización de materiales reciclables, venta de compost y valorización energética podría alcanzar entre \$150.000 y \$200.000 millones anuales, contribuyendo a la sostenibilidad financiera del sistema. Este potencial se enmarca en un contexto global favorable, el mercado mundial de materiales de embalaje reciclados fue valorado en USD 48.760 millones en 2024 y se proyecta que alcance los USD 73.710 millones hacia 2030, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 5,4%, lo que indica una demanda creciente y sostenida de materiales secundarios recuperados (Data Bridge Market Research, 2024).

Adicionalmente, los mecanismos de financiamiento climático (bonos verdes, fondos de adaptación, mercados de carbono) representan fuentes alternativas de recursos para la inversión en infraestructura de aprovechamiento. En cuanto a los mercados de carbono, Colombia contaba hasta septiembre de 2023 con 43 millones de bonos de carbono disponibles, siendo el sector de residuos uno de los de mayor potencial de generación de créditos verificables mediante la reducción de emisiones de metano en rellenos sanitarios y el desvío de residuos orgánicos (Ministerio de Ambiente, 2024).

Las condiciones macroeconómicas de inflación, tasas de interés y disponibilidad de crédito condicionan la viabilidad de las inversiones requeridas. La volatilidad de los precios internacionales de materiales reciclables (particularmente plásticos y papel) constituye un factor de riesgo para los modelos de negocio basados en la comercialización de materiales recuperados.

10.3 Dimensión Social

El tejido social asociado a la gestión de residuos presenta características particulares que deben considerarse en el diseño del modelo. La población de recicladores de oficio, estimada en aproximadamente 25.000 personas en Bogotá, constituye un actor fundamental cuya inclusión formal en el sistema es tanto un imperativo ético como una condición de viabilidad operativa (UAESP, 2021). Las organizaciones de recicladores han ganado reconocimiento jurídico y participación en el sistema tarifario mediante sentencias de la Corte Constitucional, estableciendo un precedente de inclusión que debe profundizarse.

Las comunidades aledañas al Relleno Sanitario Doña Juana, particularmente las veredas Mochuelo Alto y Mochuelo Bajo, han desarrollado una historia de movilización social y exigencia de compensaciones que configura un escenario de conflicto socioambiental latente. Los resultados de la encuesta ciudadana evidencian que el 92,1% de los bogotanos reconoce los impactos en salud derivados de la inadecuada gestión de residuos, lo que indica una base social favorable para transformaciones que mejoren las condiciones ambientales y sanitarias. Estudios de la CEPAL (2023) señalan que en el 85% de los casos analizados en ciudades latinoamericanas, los rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de residuos se ubican en zonas periurbanas habitadas por comunidades en

condición de vulnerabilidad socioeconómica, configurando lo que la literatura especializada denomina "racismo ambiental" o inequidad en la distribución de cargas ambientales (CEPAL, 2023).

La disposición ciudadana hacia la separación en la fuente (47,5% declara hacerlo regularmente) representa un capital social que el sistema actual desperdicia al no garantizar la recolección diferenciada. Este hallazgo sugiere que las barreras principales no radican en la falta de conciencia ambiental ciudadana, sino en las deficiencias estructurales del sistema de recolección y aprovechamiento.

10.4 Dimensión Tecnológica

El análisis tecnológico revela una brecha significativa entre las capacidades disponibles a nivel global y su adopción en el contexto bogotano. Las tecnologías de valorización de residuos han alcanzado niveles de madurez que las hacen técnicamente viables y económicamente competitivas en diversos contextos. Las plantas de digestión anaerobia para generación de biogás a partir de residuos orgánicos, los sistemas de clasificación automática mediante visión artificial para materiales reciclables, y las tecnologías de valorización energética con controles de emisiones avanzados constituyen alternativas probadas internacionalmente (Mutz et al., 2023). En términos cuantitativos, ciudades como Barcelona, Singapur y Seúl han reportado reducciones de entre el 15% y 30% en los costos de recolección mediante la implementación de sistemas IoT de monitoreo de llenado de contenedores, al optimizar las rutas y frecuencias de recolección en función de datos en tiempo real (Telefónica Tech, 2024).

Las tecnologías de trazabilidad basadas en Internet de las Cosas (IoT) permiten el monitoreo en tiempo real de los flujos de materiales, desde la generación hasta la

disposición final o aprovechamiento. Pardini et al. (2019) documentan experiencias exitosas de implementación de sensores en contenedores, vehículos de recolección y plantas de procesamiento que generan información para la optimización del sistema. La tecnología blockchain ofrece posibilidades para garantizar la transparencia y trazabilidad de la cadena de gestión de residuos, particularmente relevante en contextos donde la desconfianza ciudadana hacia las instituciones es elevada (Gopalakrishnan et al., 2021).

La subutilización de estas tecnologías en Bogotá, identificada como hallazgo crítico en el grupo focal con expertos, representa simultáneamente una debilidad del sistema actual y una oportunidad de mejora con alto potencial de impacto. Sin embargo, la adopción tecnológica requiere inversiones significativas, desarrollo de capacidades técnicas y marcos regulatorios que actualmente presentan vacíos.

La evaluación de prefactibilidad técnica identifica una brecha estructural entre el estado del arte tecnológico global y su adopción en el sistema de gestión de residuos de Bogotá, atribuible no a limitaciones propias de las tecnologías disponibles, sino a factores sistémicos de orden institucional, financiero y regulatorio. Las tecnologías evaluadas presentan niveles diferenciados de viabilidad técnica en el contexto local.

Los sistemas IoT de monitoreo y optimización de rutas registran la prefactibilidad más alta, dado que la infraestructura de telecomunicaciones de la ciudad es suficiente para soportarlos, los vehículos existentes son adaptables y su implementación es modular y escalable en el corto plazo. Las tecnologías de trazabilidad IoT y blockchain que permiten el seguimiento integral de flujos de materiales y garantizan transparencia en la cadena de gestión (Pardini et al., 2019; Gopalakrishnan et al., 2021) presentan viabilidad media, condicionada al desarrollo de plataformas de integración de datos y la resolución de vacíos

normativos. Las plantas de digestión anaerobia para generación de biogás (Mutz et al., 2023) son técnicamente pertinentes dado el alto volumen de fracción orgánica disponible, aunque su implementación está limitada por la disponibilidad de suelo y la escasez de personal especializado. Finalmente, los sistemas de clasificación automática mediante visión artificial presentan la prefactibilidad más baja en el corto plazo, por sus elevados requerimientos de inversión e infraestructura especializada.

De manera transversal, la implementación de cualquiera de estas tecnologías está condicionada al fortalecimiento de las capacidades técnicas institucionales, la construcción de una arquitectura de datos unificada e interoperable y la actualización del marco regulatorio vigente. En síntesis, la prefactibilidad técnica global es favorable, con horizontes de implementación que oscilan entre el corto y el largo plazo según la complejidad de cada solución, y cuya materialización depende de la articulación coherente entre inversión tecnológica, desarrollo institucional y habilitación normativa.

10.5 Dimensión Ecológica

Los factores ecológicos constituyen tanto drivers de cambio como restricciones para el modelo de gestión. El agotamiento progresivo de la capacidad del Relleno Sanitario Doña Juana representa una presión ambiental que obliga a la búsqueda de alternativas. Las estimaciones de vida útil remanente varían según escenarios de aprovechamiento, pero coinciden en que el modelo actual de disposición masiva no es sostenible en el mediano plazo sin ampliaciones adicionales que enfrentarían creciente oposición social y restricciones ambientales. Estudios de la Superintendencia de Servicios Públicos (2024) advierten que más del 60% de los rellenos sanitarios activos en Colombia presentan

proyecciones de agotamiento en menos de 10 años bajo los ritmos actuales de disposición, configurando una crisis sistémica.

Los compromisos climáticos asumidos por Colombia en el marco del Acuerdo de París y la Ley 2169 de 2021 de Acción Climática establecen metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que implican transformaciones en el sector de residuos sólidos. El metano generado en los rellenos sanitarios constituye una de las fuentes principales de emisiones del sector, lo que posiciona la valorización de residuos orgánicos (compostaje, digestión anaerobia) como medida de mitigación prioritaria.

Bogotá no es una ciudad cualquiera para gestionar residuos. Está enclavada en un altiplano andino, a más de 2.600 metros de altura, con un régimen de lluvias que tiene dos picos al año y una vulnerabilidad creciente a eventos climáticos extremos. Todo eso limita qué tecnologías pueden funcionar aquí y multiplica los riesgos operativos. Para muestra, los deslizamientos que ha sufrido Doña Juana a lo largo de su historia, ahí se ve cómo se combinan factores geotécnicos, climáticos y de operación que, si no se manejan de forma conjunta, terminan en desastre.

10.6 Dimensión Legal

En lo legal, Colombia no anda corta de normas sobre residuos sólidos. La Ley 142 de 1994 fija las reglas generales para el servicio de aseo. El CONPES 3874 de 2016 traza la política nacional con un enfoque declarado de economía circular. Este documento fijó metas concretas para 2030, aumentar la tasa de aprovechamiento nacional al 17,9%, reducir la disposición en rellenos sanitarios y promover la valorización energética de residuos no aprovechables (DNP, 2016).

En Bogotá, el Decreto 312 de 2006 adoptó el Plan Maestro de Residuos que todavía rige en parte, y el PGIRS 2024-2028 actualizó metas y estrategias, con disposición final como uno de sus catorce componentes (UAESP, 2024).

Dicho todo esto, el hallazgo más contundente del estudio no es la falta de normas, sino la distancia entre lo que dicen las leyes y lo que ocurre en la práctica. Los expertos del grupo focal lo resumieron con precisión, "tenemos normas que en el papel se ven muy bonitas, pero en la realidad el esquema no se da" (grupo focal con expertos en gestión de residuos, comunicación personal, 7 de noviembre de 2025). El problema no son vacíos legales; es que fallan los mecanismos para hacer cumplir, fiscalizar y sancionar. En América Latina, esta brecha es particularmente pronunciada, la CEPAL (2023) estima que en promedio solo el 35% de las disposiciones ambientales adoptadas por países de la región se implementan efectivamente dentro de los plazos previstos, debido a déficits de capacidad institucional, recursos financieros insuficientes y débiles mecanismos de sanción (CEPAL, 2023).

10.7 Síntesis del análisis PESTEL: Oportunidades y amenazas

La Tabla 8 resume la lectura cruzada, clasificando cada factor como oportunidad o amenaza y estimando qué tanto puede pesar en la implementación.

Tabla 8

Síntesis del análisis PESTEL: Oportunidades y amenazas para el modelo de gestión sostenible

Dimensión	Factor	Clasificación	Impacto
Política	Plan de Desarrollo Distrital con metas de economía circular	Oportunidad	Alto
	Finalización de contratos RBL como ventana de rediseño	Oportunidad	Alto
	Riesgo de discontinuidad política por ciclos electorales	Amenaza	Alto
	Voluntad política expresada de cierre progresivo del enterramiento	Oportunidad	Medio

Económica	Potencial de ingresos por valorización de materiales	Oportunidad	Alto
	Acceso a financiamiento climático y bonos verdes	Oportunidad	Medio
	Restricción fiscal del Distrito	Amenaza	Medio
Social	Volatilidad de precios de materiales reciclables	Amenaza	Medio
	Capital social de recicladores organizados	Oportunidad	Alto
	Disposición ciudadana hacia la separación en la fuente	Oportunidad	Medio
	Conflicto socioambiental con comunidades aledañas al RSDJ	Amenaza	Alto
Tecnológica	Desconfianza ciudadana hacia el sistema actual	Amenaza	Medio
	Disponibilidad de tecnologías probadas de valorización	Oportunidad	Alto
	Potencial de IoT y blockchain para trazabilidad	Oportunidad	Alto
	Brecha de capacidades técnicas para adopción tecnológica	Amenaza	Medio
Ecológica	Costos de inversión en infraestructura tecnológica	Amenaza	Medio
	Agotamiento de capacidad del RSDJ como generador de cambio	Oportunidad	Alto
	Compromisos climáticos que priorizan reducción de emisiones	Oportunidad	Medio
	Vulnerabilidad a eventos climáticos extremos	Amenaza	Medio
Legal	Pasivos ambientales acumulados en zona de influencia	Amenaza	Alto
	Marco normativo robusto para economía circular	Oportunidad	Medio
	Brecha persistente entre legislación e implementación	Amenaza	Alto
	Mecanismos de fiscalización y sanción débiles	Amenaza	Medio

Nota. Elaboración propia con base en el análisis documental y los hallazgos de la

investigación. RSDJ = Relleno Sanitario Doña Juana; RBL = Recolección, Barrido y Limpieza.

En balance, el contexto ofrece más oportunidades que amenazas. Pero sería ingenuo subestimar las amenazas que sí aparecen, porque son de esas que pueden tumbar un proyecto si no se atienden a tiempo la brecha entre lo que dice la ley y lo que se cumple, la tendencia de cada gobierno a empezar de cero, y el conflicto acumulado con las comunidades que llevan décadas conviviendo con Doña Juana. Para sortear esos riesgos, el modelo necesita gobernanza sólida, institucionalización que sobreviva los cambios de administración, y participación real de quienes tienen intereses en juego.

11. Propuesta de solución: Modelo de Gestión Sostenible basado en el Estándar P5

La propuesta, como eje central de esta investigación, integra los resultados del diagnóstico, el análisis PESTEL, los hallazgos de la encuesta y los aportes del grupo focal, con el fin de estructurar un modelo de gestión sostenible para la disposición final de residuos sólidos en Bogotá. Este modelo no se plantea como un ejercicio meramente teórico, sino como un instrumento operativo que articula componentes, fases, responsables, recursos e indicadores claramente definidos.

11.1 Síntesis de la situación actual

Antes de formular una propuesta, es necesario comprender la información obtenida a partir de la triangulación de fuentes cuantitativas, cualitativas y documentales. Este análisis permite identificar un sistema predominantemente lineal, con brechas estructurales de sostenibilidad que no pueden resolverse únicamente mediante ajustes marginales.

En relación con las dimensiones de Producto y Proceso, el sistema evidencia una desarticulación crítica entre las etapas de separación en la fuente, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final. Esta situación se fundamenta en el enfoque de gestión sostenible de residuos propuesto por UNEP e ISWA (2024), según el cual los sistemas deben avanzar hacia modelos integrados, circulares y de cero residuos, donde los materiales sean gestionados como recursos y no como desechos. Desde esta perspectiva, cuando la ciudadanía separa los residuos, pero la recolección se realiza de manera mezclada, se rompe la continuidad operativa del sistema y se limita la reincorporación de materiales al ciclo productivo. Por tanto, la desarticulación no es solo logística, sino estructural, ya que impide convertir el potencial de circularidad en resultados efectivos de sostenibilidad.

El relleno sanitario Doña Juana recibe aproximadamente 6.500 toneladas de residuos al día, de las cuales cerca del 80% podría ser aprovechado mediante procesos de reutilización, reciclaje o valorización energética. Sin embargo, aunque el 47,5% de los ciudadanos afirma separar los residuos en la fuente, la recolección continúa realizándose de manera mezclada. En consecuencia, el esfuerzo ciudadano se pierde durante la etapa de transporte y recolección. La tasa de aprovechamiento efectivo no alcanza el 19%, lo que refleja un desperdicio significativo del potencial de circularidad del sistema.

En la dimensión de Personas, el modelo actual genera impactos negativos sobre diversos grupos de interés. Las comunidades de Mochuelo Alto y Mochuelo Bajo asumen las consecuencias de vivir en las inmediaciones del relleno sanitario, enfrentando problemas asociados a olores ofensivos, presencia de vectores y afectaciones respiratorias. A su vez, los recicladores de oficio, cerca de 25.000 personas, desarrollan su labor mayoritariamente en condiciones de informalidad, sin acceso suficiente a seguridad social ni a condiciones laborales dignas. Asimismo, la ciudadanía manifiesta una baja confianza en el sistema, reflejada en una percepción de eficiencia de la recolección de apenas 1,82 sobre 5.

En la dimensión de Planeta, los impactos ambientales son considerables. La descomposición anaerobia de la materia orgánica genera emisiones de gases de efecto invernadero; los lixiviados representan un riesgo para las fuentes hídricas; y la calidad del aire en la zona de influencia se ve deteriorada. Aunque el proyecto Biogás Colombia permite aprovechar una parte del metano generado, su capacidad instalada resulta insuficiente frente al volumen total de emisiones producidas por el relleno.

Finalmente, en la dimensión de Prosperidad, el modelo actual evidencia ineficiencias económicas relevantes. Se siguen enterrando materiales con valor residual, mientras aumentan los costos de operación y mantenimiento del relleno sanitario. Además, las externalidades ambientales y sociales no se incorporan plenamente en las tarifas. En este sentido, el 84,7% de los encuestados reconoce que la gestión inadecuada de los residuos genera costos adicionales para la ciudad.

11.2 Oportunidades identificadas

Sin embargo, el diagnóstico no evidencia solamente limitaciones. El análisis PESTEL y los resultados obtenidos, también permiten identificar oportunidades estratégicas que respaldan la viabilidad del modelo propuesto.

En primer lugar, se tiene un marco de política pública favorable. El Plan Distrital de Desarrollo 2024-2027, establece metas explícitas para la transición hacia la economía circular; el CONPES 3874 define lineamientos nacionales para la gestión integral de residuos sólidos; y la Ley 2232 de 2022, promueve la reducción progresiva de los plásticos de un solo uso. Esta convergencia normativa crea un entorno favorable para la aplicación de modelos innovadores de gestión sostenible.

En segundo lugar, la coyuntura contractual supone una oportunidad clave. La próxima finalización de los contratos de concesión de recolección, barrido y limpieza, abre una ventana institucional para rediseñar desde sus bases el sistema. En este marco, se puede prever la inclusión de criterios de sostenibilidad, indicadores de desempeño ambiental, objetivos de aprovechamiento y obligaciones de recogida selectiva en los nuevos esquemas contractuales.

De igual forma, Bogotá tiene un capital social importante para impulsar la transformación del sistema. La existencia de ciudadanos dispuestos a separar los residuos, de organizaciones consolidadas de recicladores y de comunidades activas frente a los impactos del modelo actual es una base social que puede canalizarse a la construcción colectiva de una gestión más inclusiva y sostenible.

Por último, la madurez tecnológica alcanzada permite su aplicación en el contexto urbano. Los sistemas de trazabilidad por medio de IoT, las tecnologías de clasificación automática, las plantas de valorización energética con controles avanzados de emisiones y las plataformas de gestión de datos, son alternativas técnicamente factibles para fortalecer la eficiencia, la transparencia y la capacidad de aprovechamiento del sistema de residuos en Bogotá.

11.3 Arquitectura del modelo de gestión sostenible

El modelo de gestión sostenible se estructura como un sistema integrado que articula cinco ejes estratégicos correspondientes a las dimensiones del estándar P5, operacionalizados mediante componentes específicos con responsables, recursos e indicadores definidos. La arquitectura del modelo se representa en la Tabla 9.

Tabla 9

Arquitectura del modelo de gestión sostenible: Ejes estratégicos y componentes

Dimensión P5	Eje estratégico	Componentes	Objetivo
Producto	Diseño para la circularidad	Política de Responsabilidad Extendida del Productor; Sistema de información de materiales; Incentivos a ecodiseño	Reducir la generación de residuos no aprovechables mediante intervención en el diseño de productos y empaques
Proceso	Operación circular integrada	Recolección diferenciada efectiva; Sistema de trazabilidad IoT-blockchain; Infraestructura	Transformar el proceso lineal de disposición en un sistema circular de aprovechamiento con trazabilidad completa

		distribuida de aprovechamiento; Optimización logística	
Personas	Inclusión y participación	Formalización de recicladores; Compensación a comunidades afectadas; Educación ambiental; Veeduría ciudadana	Garantizar la inclusión socioeconómica de actores vulnerables y la participación efectiva de la ciudadanía
Planeta	Mitigación y restauración ambiental	Control de emisiones GEI; Gestión de lixiviados; Monitoreo de calidad ambiental; Cierre progresivo de celdas	Reducir los impactos ambientales del sistema y restaurar las condiciones de los ecosistemas afectados
Prosperidad	Sostenibilidad económica	Diversificación de ingresos; Modelo de costos de ciclo de vida; Acceso a financiamiento climático; Generación de empleos verdes	Garantizar la viabilidad financiera del modelo mediante generación de valor económico, social y ambiental

Nota. Elaboración propia con base en GPM Global (2019).

11.4 Desarrollo de los ejes estratégicos

Eje 1: Diseño para la circularidad (Dimensión Producto)

Este eje aborda el problema desde su origen, al intervenir sobre las características de los productos y empaques que ingresan al mercado y que, posteriormente, se convierten en residuos. Su propósito es promover el diseño para la circularidad, es decir, productos y materiales concebidos desde el inicio para facilitar su reutilización, reciclaje, reparación, retorno o valorización, reduciendo así la presión sobre el sistema de recolección, aprovechamiento y disposición final.

Para ello, se propone como primer componente la formulación e implementación de una Política Distrital de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), orientada a que fabricantes, importadores, comercializadores y demás actores de la cadena asuman una mayor responsabilidad sobre el ciclo de vida completo de los productos que ponen en circulación. Esta política permitiría trasladar parte de la carga de gestión de residuos desde el Estado y la ciudadanía hacia quienes toman decisiones sobre diseño, materiales, empaques y distribución. De esta manera, se fortalecería el principio de corresponsabilidad

y se incentivaría la reducción de materiales difíciles de aprovechar, especialmente aquellos de baja reciclabilidad, alto impacto ambiental o corta vida útil.

Un segundo componente corresponde a la creación de un sistema distrital de información y trazabilidad de materiales, que permita identificar los tipos, volúmenes y características de los productos y empaques que ingresan al mercado bogotano. Esta herramienta sería clave para reconocer materiales problemáticos, priorizar acciones regulatorias, orientar campañas de consumo responsable y establecer metas progresivas de reducción, sustitución o aprovechamiento. Además, permitiría tomar decisiones basadas en evidencia y no únicamente en estimaciones generales sobre la composición de los residuos.

Como tercer componente, se plantea el establecimiento de incentivos tributarios, reconocimientos públicos y mecanismos de diferenciación positiva para las empresas que demuestren avances verificables en ecodiseño, reducción de empaques, uso de materiales reciclados, aumento de la reciclabilidad o implementación de sistemas de retorno. Estos incentivos no solo tendrían un efecto económico, sino también reputacional, al promover una cultura empresarial orientada a la sostenibilidad y a la innovación circular.

No obstante, es importante precisar que la implementación de una Política Distrital de Responsabilidad Extendida del Productor constituye una recomendación de política pública que supera las competencias exclusivas de la UAESP. Su desarrollo requiere coordinación interinstitucional con entidades como el Concejo de Bogotá, la Secretaría Distrital de Ambiente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y otros actores del orden nacional y territorial. Por esta razón, dentro del modelo propuesto, este eje se

entiende como un componente de incidencia, articulación y orientación estratégica, más que como una intervención de control directo por parte de la UAESP.

Eje 2: Operación circular integrada (Dimensión Proceso)

Este eje constituye el núcleo técnico-operativo del modelo, ya que plantea la transición de un esquema lineal, centrado en la recolección y disposición final de residuos, hacia un sistema circular orientado al aprovechamiento, la trazabilidad y la valorización de materiales. En este sentido, el objetivo no es únicamente reducir la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario, sino transformar la forma en que la ciudad gestiona sus flujos de materiales, reconociéndolos como recursos con valor ambiental, económico y social.

El componente más determinante de este eje es la implementación efectiva de la recolección diferenciada. Esta no debe entenderse como una declaración formal o una campaña aislada, sino como una transformación real del sistema operativo de recolección. Para ello, se requieren rutas, frecuencias, vehículos y protocolos diferenciados para residuos orgánicos, materiales reciclables y residuos ordinarios no aprovechables. Además, estas rutas deben diseñarse de acuerdo con los patrones de generación de cada zona de la ciudad, considerando variables como densidad poblacional, actividad comercial, presencia de plazas de mercado, conjuntos residenciales, instituciones educativas, industrias y zonas de alta generación de residuos orgánicos. Sin esta separación logística, cualquier esfuerzo ciudadano de separación en la fuente pierde efectividad, pues la mezcla posterior en el transporte contamina los materiales aprovechables y limita su reincorporación al ciclo productivo.

De manera complementaria, el modelo propone un sistema de trazabilidad basado en tecnologías digitales, mediante la integración de sensores IoT y registros soportados en blockchain. Los sensores permitirían capturar información en tiempo real sobre peso, volumen, ubicación, tiempos de recolección, rutas recorridas, capacidad de los vehículos y condiciones operativas del servicio. Por su parte, el uso de blockchain permitiría generar registros seguros, verificables e inalterables sobre cada etapa del proceso, desde la generación del residuo hasta su aprovechamiento, tratamiento o disposición final. Esta combinación tecnológica fortalecería la transparencia del sistema, reduciría la opacidad en los datos de aprovechamiento, facilitaría el seguimiento de metas contractuales y mejoraría la toma de decisiones por parte de las entidades responsables.

Asimismo, la trazabilidad permitiría una rendición de cuentas más clara frente a los diferentes grupos de interés, incluyendo ciudadanía, recicladores de oficio, operadores del servicio, entidades públicas, órganos de control y comunidades ubicadas en zonas de influencia del relleno sanitario. Al contar con información confiable y verificable, sería posible identificar inefficiencias, corregir desviaciones operativas, optimizar recursos, reducir impactos ambientales y mejorar el cumplimiento de los principios del estándar P5, especialmente en lo relacionado con sostenibilidad ambiental, eficiencia del proceso, impacto social y gobernanza del proyecto.

Finalmente, este eje requiere el desarrollo de infraestructura de aprovechamiento distribuida en diferentes puntos estratégicos de la ciudad. Esto implica avanzar hacia una red descentralizada de plantas de compostaje, centros de clasificación, estaciones de transferencia especializadas y unidades de valorización energética con controles ambientales rigurosos. La distribución territorial de esta infraestructura permitiría reducir

distancias de transporte, disminuir emisiones asociadas a la logística, mejorar la eficiencia operativa y descongestionar la presión sobre el relleno sanitario Doña Juana. La experiencia del modelo altamente centralizado ha demostrado sus limitaciones; por ello, la propuesta plantea un sistema más flexible, cercano a las fuentes de generación y articulado con las dinámicas urbanas de Bogotá.

Eje 3: Inclusión y participación (Dimensión Personas)

Un modelo de gestión de residuos que no incorpore de manera explícita la dimensión social corre el riesgo de reproducir las desigualdades existentes o incluso profundizarlas. Por ello, este eje parte del principio de justicia ambiental y busca que la transformación del sistema no se limite a mejorar la eficiencia operativa, sino que también beneficie a los actores que históricamente han asumido los mayores costos sociales, económicos y ambientales del modelo actual, los recicladores de oficio y las comunidades ubicadas en el área de influencia del relleno sanitario.

En este sentido, el programa de formalización de recicladores constituye un componente central del modelo. Su propósito es vincular progresivamente a 15.000 recicladores que actualmente desarrollan su labor en condiciones de precariedad, informalidad y baja protección social. En este marco, la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), como entidad rectora del servicio público de aseo en Bogotá, es la responsable de gestionar y formalizar dicha vinculación laboral, garantizando que los recicladores de oficio sean incorporados al sistema de aprovechamiento bajo condiciones dignas y reguladas.

Esta formalización no debe entenderse únicamente como un proceso administrativo, sino como una estrategia de inclusión productiva y reconocimiento laboral, plenamente viable en el contexto del mercado laboral colombiano. El marco normativo vigente que incluye la Ley 142 de 1994, la Resolución 1407 de 2018 y los lineamientos del CONPES 3874 respalda la incorporación de los recicladores como prestadores del servicio público de aprovechamiento, lo que les otorga legitimidad jurídica y operativa dentro del sistema. Asimismo, la creciente demanda de materiales reciclables por parte de la industria nacional y el fortalecimiento de la economía circular en Colombia generan condiciones favorables para que esta vinculación sea sostenible en el tiempo y no dependa exclusivamente de subsidios estatales.

La formalización implica asignación de rutas, remuneración justa por el servicio prestado, dotación de equipos de protección, acceso a seguridad social, capacitación técnica y participación en los esquemas de aprovechamiento de la ciudad. No se trata de una medida asistencialista, sino del reconocimiento de una actividad esencial para la sostenibilidad urbana, para el funcionamiento de la economía circular y para la consolidación de un mercado laboral más equitativo e incluyente en el país.

De igual manera, el modelo reconoce la deuda social y ambiental existente con las comunidades de Mochuelo Alto, Mochuelo Bajo y sectores aledaños, que durante décadas han soportado los impactos asociados a la operación del relleno sanitario, tales como olores ofensivos, presencia de vectores, afectaciones en la salud, deterioro de la calidad de vida y estigmatización territorial. Para estas comunidades se proponen mecanismos de compensación y reparación progresiva, orientados a mejorar sus condiciones de bienestar. Entre ellos se incluyen programas de atención y seguimiento en salud, inversión en

infraestructura comunitaria, fortalecimiento de equipamientos sociales, monitoreo ambiental participativo y prioridad en los empleos directos e indirectos que genere el nuevo sistema de gestión de residuos.

La educación ambiental se plantea como otro componente estratégico, dado que la sostenibilidad del modelo depende también de cambios culturales y comportamientos ciudadanos consistentes. En este sentido, se propone alcanzar a 500.000 ciudadanos en un periodo de cinco años mediante procesos de formación práctica sobre separación en la fuente, consumo responsable, economía circular y corresponsabilidad en la gestión de residuos. Esta educación no debe limitarse a campañas informativas, sino que debe traducirse en herramientas claras, pedagogía territorial, acompañamiento comunitario y retroalimentación sobre los resultados obtenidos.

Finalmente, para evitar que estos compromisos queden reducidos a declaraciones programáticas, el modelo incorpora una veeduría ciudadana como mecanismo permanente de control social, seguimiento y rendición de cuentas. Esta instancia permitiría la participación de organizaciones sociales, ambientales, académicas, comunitarias y de recicladores, con capacidad para monitorear avances, revisar indicadores, alertar sobre incumplimientos y formular recomendaciones. De esta manera, el eje social fortalece la legitimidad del modelo, promueve la transparencia institucional y garantiza que la transición hacia una gestión sostenible de residuos sea también una transición justa e inclusiva.

Eje 4: Mitigación y restauración ambiental (Dimensión Planeta)

El relleno sanitario Doña Juana ha generado impactos ambientales acumulados que no pueden ser ignorados dentro de un modelo de gestión sostenible. Por ello, este eje se

orienta a mitigar los daños existentes, reducir las presiones ambientales actuales y evitar que el sistema continúe trasladando sus costos ecológicos a las comunidades, los ecosistemas y las generaciones futuras.

En materia de gases de efecto invernadero, el modelo plantea una estrategia integral basada en tres frentes de acción. El primero consiste en fortalecer la captura, tratamiento y aprovechamiento del biogás generado en el relleno sanitario, especialmente del metano, dado su alto potencial de contribución al calentamiento global. Aunque actualmente existe infraestructura para su aprovechamiento, esta debe ampliarse y optimizarse para reducir las emisiones fugitivas y aumentar la generación de energía a partir del biogás capturado.

El segundo frente corresponde al aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante procesos como compostaje, biodigestión o valorización biológica. Esta medida es fundamental, ya que la disposición de materia orgánica en rellenos sanitarios constituye una de las principales fuentes de generación de metano. Al desviar los residuos orgánicos del enterramiento, no solo se reducen emisiones, sino que también se generan productos útiles, como compost o biofertilizantes, que pueden reincorporarse a cadenas agrícolas, paisajísticas o de restauración ambiental.

El tercer frente se relaciona con la optimización de la logística de recolección y transporte. La planificación eficiente de rutas, el uso de tecnologías de georreferenciación, la renovación progresiva de la flota y la ubicación estratégica de infraestructura de aprovechamiento permitirían disminuir los kilómetros recorridos, el consumo de combustibles y las emisiones asociadas a la operación del sistema.

En cuanto a los lixiviados, entendidos como líquidos altamente contaminantes que se generan por la descomposición de los residuos y la infiltración de agua a través de la masa de basura, se requiere fortalecer la capacidad técnica y operativa de las plantas de tratamiento existentes. Esto implica mejorar los procesos de captación, tratamiento, control de calidad y disposición segura, así como implementar un monitoreo continuo y transparente sobre los vertimientos, especialmente aquellos relacionados con el río Tunjuelo y su área de influencia. La gestión de lixiviados debe asumirse como un componente crítico de protección hídrica y no únicamente como una obligación operativa del relleno.

Finalmente, el eje plantea una meta estructural, avanzar hacia el cierre progresivo de celdas de disposición final, de manera articulada con la apertura y consolidación de alternativas reales de aprovechamiento, tratamiento y valorización. La reducción del 70% de los residuos enterrados para 2035 representa una meta ambiciosa, pero necesaria para disminuir la dependencia histórica de Bogotá frente al relleno sanitario Doña Juana. Esta transición debe realizarse de forma gradual, técnica y socialmente responsable, garantizando que la reducción del enterramiento esté respaldada por infraestructura, financiamiento, trazabilidad, participación ciudadana y control ambiental efectivo.

Eje 5: Sostenibilidad económica (Dimensión Prosperidad)

Ningún modelo de gestión sostenible puede consolidarse si no cuenta con una estructura financiera viable, diversificada y capaz de sostenerse en el tiempo. Por ello, este eje busca reducir la dependencia exclusiva de las tarifas de aseo y del presupuesto distrital, fuentes que suelen estar sujetas a presiones fiscales, restricciones políticas y limitaciones de inversión. La sostenibilidad financiera del modelo debe entenderse, entonces, como una

condición habilitante para garantizar su continuidad operativa, su escalabilidad y su capacidad de generar impactos ambientales y sociales de largo plazo.

En este sentido, el modelo plantea la diversificación de fuentes de ingreso a partir de recursos que actualmente se desaprovechan dentro del sistema. Entre estas fuentes se encuentran la venta de compost certificado a viveros, agricultores, proyectos de restauración ecológica y programas de reverdecimiento urbano; la comercialización de materiales reciclables previamente separados y clasificados; la generación de energía eléctrica a partir del biogás capturado en el relleno sanitario; y la producción de biometano como combustible alternativo para flotas de transporte público, vehículos de recolección u otros usos urbanos. Estos ingresos permiten transformar residuos que hoy representan costos operativos y ambientales en activos económicos capaces de financiar parcialmente la operación del nuevo sistema.

A estas fuentes se suman los ingresos potenciales derivados de bonos de carbono, asociados a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante el aprovechamiento de orgánicos, la captura de metano, la sustitución de combustibles fósiles y la disminución de residuos enviados a disposición final. Asimismo, el modelo podría acceder a fondos nacionales e internacionales de financiamiento climático, economía circular e infraestructura sostenible, cada vez más orientados a proyectos urbanos que demuestren reducción de emisiones, inclusión social, trazabilidad y beneficios ambientales verificables.

Desde el lado de los incentivos, se propone la implementación progresiva de tarifas diferenciadas bajo el principio de “quien separa mejor, paga menos”. Este mecanismo permitiría alinear los incentivos económicos de los hogares, comercios e instituciones con

los objetivos del sistema, promoviendo una separación en la fuente más efectiva y reduciendo la carga operativa sobre la recolección, clasificación y disposición final. La tarifa dejaría de ser únicamente un instrumento de cobro para convertirse también en una herramienta de cambio de comportamiento y corresponsabilidad ciudadana.

Finalmente, el modelo genera un retorno social que, aunque no siempre aparece reflejado en los balances financieros tradicionales, resulta fundamental para su sostenibilidad política e institucional, la creación de aproximadamente 25.000 empleos verdes, directos e indirectos. Estos empleos estarían asociados a actividades de recolección diferenciada, clasificación, reciclaje, compostaje, valorización energética, operación tecnológica, monitoreo ambiental y educación ciudadana. Este impacto no solo fortalece la economía local, sino que también aumenta la legitimidad del modelo, mejora su aceptación social y lo blinda frente a cambios políticos, al convertir la gestión de residuos en una fuente de inclusión productiva, innovación y desarrollo sostenible para la ciudad.

11.5 Plan de implementación por fases

Transformar un sistema tan complejo como la gestión de residuos de una ciudad de ocho millones de habitantes no se logra en corto tiempo. Se requiere un enfoque progresivo que permita aprender, demostrar resultados y construir legitimidad para las intervenciones de mayor alcance. Por eso el modelo se implementa en tres fases con horizontes temporales distintos, cuya ejecución real y financiera se encuentra a cargo del Distrito Capital, a través del presupuesto asignado a la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), entidad responsable de la planeación, supervisión y financiación de las acciones vinculadas al servicio público de aseo y aprovechamiento de residuos en Bogotá.

Fase 1: Fundamentos y pilotos (Años 1-2: 2025-2026)

Esta primera fase se dedica a establecer las condiciones habilitantes y a validar los componentes del modelo mediante experiencias piloto en territorios acotados.

En el eje de *Producto*, se diseña e implementa un sistema de información de materiales que permita caracterizar qué flujos ingresan al mercado bogotano, cuáles tienen mayor potencial de circularidad y cuáles presentan problemas de reciclabilidad.

Paralelamente, se adelanta la formulación de la Política Distrital de Responsabilidad Extendida del Productor mediante un proceso participativo con gremios, organizaciones de consumidores y entidades ambientales.

En el eje de *Proceso*, se implementan pilotos de recolección diferenciada en cuatro localidades seleccionadas por criterios de heterogeneidad socioeconómica, capacidad institucional local y disposición comunitaria en Usaquén, Kennedy, Suba y Ciudad Bolívar. Esos pilotos operan con rutas y vehículos dedicados para orgánicos, reciclables y ordinarios, con frecuencias que se ajustan a las características de generación de cada zona. Al mismo tiempo, se desarrolla la plataforma de trazabilidad IoT en las rutas piloto, con sensores de peso y GPS en los vehículos y puntos de pesaje en los sitios de transferencia.

En el eje de *Personas*, se realiza un censo actualizado de recicladores de oficio en las localidades piloto y se avanza en la formalización de 3.000 de ellos con vinculación a organizaciones reconocidas, asignación de rutas, dotación de equipamiento y afiliación a seguridad social. Se implementa también un programa de educación ambiental intensiva con meta de alcanzar 100.000 ciudadanos capacitados.

En el eje de *Planeta*, se fortalecen los sistemas de monitoreo ambiental en la zona de influencia de Doña Juana, estableciendo líneas base actualizadas de calidad de aire,

agua y suelo. Se optimiza la operación del proyecto Biogás Colombia para capturar y aprovechar más metano.

En el eje de *Prosperidad*, se estructura el modelo financiero del sistema, se identifican las fuentes de ingreso potenciales y los mecanismos de acceso a financiamiento climático. Se desarrollan los estudios de factibilidad para las plantas de aprovechamiento proyectadas.

Fase 2: Escalamiento y consolidación (Años 3-5: 2027-2029)

En esta segunda fase, los componentes validados en los pilotos se extienden al conjunto de la ciudad y se avanza en la construcción de infraestructura de aprovechamiento.

En el eje de *Producto*, se expide e implementa la Política Distrital de REP, con obligaciones para fabricantes e importadores de empaques, envases, productos electrónicos y otros flujos prioritarios. Se crea el Sello Verde Bogotá como mecanismo de reconocimiento a empresas con desempeño destacado en ecodiseño.

En el eje de *Proceso*, la recolección diferenciada se extiende a las 20 localidades, alcanzando cobertura del 80% de la población. La plataforma de trazabilidad cubre el 100% de las rutas y se integra con tecnología blockchain para garantizar transparencia e inmutabilidad de los registros. Se construyen y entran en operación las tres primeras plantas de compostaje distrital, con capacidad conjunta de 500.000 toneladas/año, ubicadas estratégicamente en las zonas norte, occidente y sur.

En el eje de *Personas*, se alcanza la meta de 10.000 recicladores formalizados con condiciones laborales dignas. Se implementan los mecanismos de compensación a las comunidades de la zona de influencia de Doña Juana con atención en salud, mejoramiento

de infraestructura comunitaria y empleo prioritario. Se institucionaliza la veeduría ciudadana con participación de organizaciones sociales, ambientales y académicas.

En el eje de *Planeta*, se inicia el cierre progresivo de las celdas más antiguas, con medidas de clausura, cobertura final y monitoreo post-cierre. Se reduce en 40% la cantidad de residuos enterrados respecto a la línea base de 2024.

En el eje de *Prosperidad*, se consolidan los ingresos por venta de compost certificado y materiales reciclados. Se accede a mecanismos de financiamiento climático (bonos verdes, fondos de adaptación). Se generan 18.000 empleos verdes directos e indirectos.

Fase 3: Transformación sistémica (Años 6-10: 2030-2035)

Esta última fase completa la transformación hacia un modelo de economía circular consolidado.

En el eje de *Producto*, el 40% de los productos en el mercado bogotano cuenta con certificación de ecodiseño o compostabilidad. Se implementa la prohibición progresiva de materiales problemáticos no reciclables, según la Ley 2232 de 2022.

En el eje de *Proceso*, se completa la infraestructura de aprovechamiento con dos plantas de compostaje adicionales (capacidad total de 1.200.000 ton/año de orgánicos), tres centros de aprovechamiento de reciclables con clasificación automática, y una planta de valorización energética para residuos no reciclables. La tasa de aprovechamiento efectivo supera el 80%.

En el eje de *Personas*, se alcanza la meta de 15.000 recicladores formalizados. Se institucionaliza el modelo de participación ciudadana con mecanismos de gobernanza colaborativa. El índice de satisfacción de las comunidades aledañas supera el 80%.

En el eje de *Prosperidad*, los ingresos por valorización de materiales cubren el 35% de los costos operativos del sistema. Se generan 25.000 empleos verdes. La relación beneficio-costosocial del modelo alcanza 1,8.

Cronograma de implementación del modelo de gestión sostenible

Componente	2025	2026	2027	2028	2029	2030-2035
Eje Producto						
Sistema de información de materiales	Diseño	Implementación	Operación	Operación	Operación	Operación
Política REP	Formulación	Expedición	Implementación gradual	→	→	Consolidación
Sello Verde Bogotá	—	Diseño	Lanzamiento	Operación	→	→
Eje Proceso						
Recolección diferenciada	4 localidades piloto	→	12 localidades	20 localidades	Optimización	Consolidación
Plataforma trazabilidad IoT	Desarrollo	Piloto	Escalamiento	Cobertura 100%	→	Integración blockchain
Plantas de compostaje	Estudios	Construcción 2 plantas	Operación 2 plantas	Construcción 3 plantas adicionales	Operación 5 plantas	Optimización
Centros de reciclables	Estudios	—	Construcción	Operación 1 centro	Operación 3 centros	Optimización
Planta valorización energética	—	Estudios	Diseño	Construcción	→	Operación
Eje Personas						
Formalización recicladores	1.500	3.000	5.000	7.500	10.000	15.000
Educación ambiental (acumulado)	50.000	100.000	200.000	300.000	400.000	600.000
Compensación comunidades	Diseño	Implementación	→	→	→	Consolidación
Veeduría ciudadana	Conformación	Operación	→	Institucionalización	→	→
Eje Planeta						

Reducción residuos enterrados	5%	15%	25%	35%	40%	70%
Cierre de celdas	Monitoreo	Preparación	Inicio Fase 1	→	Fase 2	Completar
Reducción emisiones GEI	5%	12%	20%	28%	35%	60%
Eje Prosperidad						
Ingresos por valorización (% costos)	5%	8%	12%	16%	20%	35%
Empleos verdes generados	10.000	12.000	14.000	16.000	18.000	25.000

Nota. Elaboración propia.

11.6 Estructura de gobernanza del modelo

Para garantizar que el modelo no dependa exclusivamente del ciclo político ni se debilite con los cambios de administración, se requiere una estructura de gobernanza sólida, estable y orientada al largo plazo. La experiencia de múltiples iniciativas urbanas demuestra que los proyectos de sostenibilidad fracasan cuando carecen de continuidad institucional, coordinación entre actores, mecanismos de seguimiento y reglas claras de responsabilidad. Por ello, la gobernanza del modelo debe concebirse como una condición estructural para su sostenibilidad, no como un componente administrativo secundario.

Esta estructura debe permitir coordinar de manera efectiva a las entidades distritales, operadores del servicio, recicladores de oficio, comunidades, sector privado, academia y ciudadanía, bajo objetivos comunes, indicadores verificables y canales formales de rendición de cuentas. En línea con el enfoque de coherencia de políticas para el desarrollo sostenible, la toma de decisiones debe apoyarse en información técnica, evidencia territorial y seguimiento permanente de resultados, evitando que las intervenciones queden sujetas únicamente a prioridades coyunturales o cambios de gobierno.

En este sentido, se propone una arquitectura de gobernanza en tres niveles. El nivel estratégico será responsable de definir la visión de largo plazo, las metas del modelo, los lineamientos de política pública y la articulación interinstitucional. El nivel táctico tendrá a su cargo la coordinación de la ejecución, la gestión de recursos, el seguimiento de indicadores, la solución de cuellos de botella y la articulación entre entidades y operadores. Finalmente, el nivel operativo ejecutará las acciones en territorio, incluyendo la recolección diferenciada, el aprovechamiento, la formalización de recicladores, la educación ciudadana, el monitoreo ambiental y la atención a comunidades.

De esta manera, la gobernanza propuesta busca blindar el modelo frente a los vaivenes políticos, fortalecer la transparencia, asegurar la continuidad de las intervenciones y consolidar una gestión de residuos basada en corresponsabilidad, evidencia y sostenibilidad institucional.

Mecanismos de participación y control social

La Veeduría Ciudadana del Modelo se constituye como instancia permanente de control social, conformada por representantes de organizaciones ambientales, juntas de acción comunal de la zona de influencia del RSDJ, organizaciones de recicladores, universidades, gremios empresariales, y ciudadanos voluntarios seleccionados mediante convocatoria pública. La Veeduría tiene acceso completo a la información del modelo a través del tablero de control público, puede solicitar información adicional a la Gerencia del Programa, emite informes semestrales de seguimiento con recomendaciones, y puede activar alertas públicas ante situaciones que comprometan los objetivos del modelo.

Las Audiencias Públicas de Rendición de Cuentas se realizan semestralmente, convocando a la ciudadanía en general para presentar los avances del modelo, los resultados de los indicadores, los desafíos enfrentados y las proyecciones.

11.7 Estimación presupuestal y fuentes de financiamiento

La implementación del modelo de gestión sostenible requiere inversiones significativas en infraestructura, tecnología, fortalecimiento institucional y programas sociales, así como recursos de operación recurrentes. La estimación presupuestal se presenta diferenciada por tipo de gasto (inversión y operación), por fase de implementación y por fuente de financiamiento.

Estimación de inversiones por componente

Las inversiones requeridas para la implementación del modelo durante el período 2025-2035 se estiman en \$2,8 billones de pesos colombianos, distribuidos según se detalla en la Tabla 11.

Tabla 11

Estimación de inversiones por componente del modelo (millones de pesos colombianos)

Componente	Fase 1 (2025-2026)	Fase 2 (2027-2029)	Fase 3 (2030-2035)	Total
Eje Producto				
Sistema de información de materiales	8.000	4.000	6.000	18.000
Programa de incentivos a ecodiseño	2.000	15.000	25.000	42.000
Eje Proceso				
Vehículos de recolección diferenciada	45.000	120.000	60.000	225.000
Plataforma de trazabilidad IoT-blockchain	25.000	35.000	20.000	80.000
Plantas de compostaje (5 unidades)	80.000	280.000	140.000	500.000
Centros de aprovechamiento reciclables (3)	15.000	180.000	105.000	300.000
Planta de valorización energética	—	200.000	800.000	1.000.000
Estaciones de transferencia	20.000	60.000	40.000	120.000
Eje Personas				

Programa de formalización de recicladores	25.000	50.000	45.000	120.000
Infraestructura para educación ambiental	8.000	15.000	12.000	35.000
Compensación a comunidades (infraestructura)	15.000	45.000	40.000	100.000
Eje Planeta				
Clausura y post-clausura de celdas	10.000	80.000	110.000	200.000
Red de monitoreo ambiental	5.000	8.000	7.000	20.000
Transversal				
Fortalecimiento institucional y gobernanza	12.000	18.000	10.000	40.000
TOTAL INVERSIONES	270.000	1.110.000	1.420.000	2.800.000

Nota. Valores en millones de pesos colombianos de 2025. Elaboración propia a

partir de la información obtenida en, (CRA, 2025), (Avance Jurídico Casa Editorial S.A.S., s. f.), Presupuesto General UAESP (2026).

Estimación de costos de operación

Los costos de operación recurrentes del modelo se estiman en función de los componentes implementados y su escalamiento progresivo. La Tabla 12 presenta la proyección de costos operativos anuales.

Tabla 12

Proyección de costos operativos anuales del modelo (millones de pesos colombianos)

Concepto	2026	2029	2035
Recolección diferenciada (adicional a esquema actual)	45.000	180.000	220.000
Operación de plantas de compostaje	15.000	80.000	120.000
Operación de centros de reciclables	—	25.000	60.000
Operación de planta de valorización energética	—	—	150.000
Mantenimiento de plataforma tecnológica	8.000	15.000	20.000
Programa de educación ambiental (operación)	12.000	25.000	30.000
Compensaciones a recicladores formalizados	30.000	100.000	150.000
Gerencia del programa y gobernanza	8.000	12.000	15.000
Monitoreo y evaluación	3.000	5.000	6.000
TOTAL COSTOS OPERATIVOS ANUALES	121.000	442.000	771.000

Nota. Valores en millones de pesos colombianos de 2025. Elaboración propia a partir de la información obtenida en CGR (2025), Superservicios (2018), Cámara Argentina de la Construcción. (2023).

Fuentes de financiamiento

El modelo de financiamiento del programa combina recursos de diversas fuentes para garantizar la viabilidad y reducir la dependencia de una única fuente. Las fuentes identificadas incluyen:

Recursos tarifarios del servicio de aseo: El componente de aprovechamiento de la tarifa de aseo, actualmente subutilizado, puede direccionarse hacia el financiamiento de las actividades de recolección diferenciada, operación de plantas de aprovechamiento y formalización de recicladores. Se estima un potencial de \$150.000 a \$200.000 millones anuales con la optimización de este componente.

Presupuesto distrital: Las inversiones en infraestructura pública (plantas de compostaje, centros de aprovechamiento, red de monitoreo) y los programas sociales (educación ambiental, compensación a comunidades) se financian con recursos del presupuesto de la UAESP y otras entidades distritales. Se estima una contribución de \$80.000 a \$120.000 millones anuales.

Alianzas público-privadas (APP): La planta de valorización energética y los centros de aprovechamiento de reciclables pueden estructurarse bajo esquemas de APP que atraigan inversión privada con retribución basada en el desempeño. Se estima un potencial de inversión privada de \$800.000 a \$1.200.000 millones durante el período de implementación.

Financiamiento climático internacional: Los fondos de adaptación y mitigación del cambio climático (Fondo Verde del Clima, fondos bilaterales de cooperación) ofrecen recursos para proyectos de reducción de emisiones en el sector de residuos. La reducción

proyectada de 60% de emisiones de GEI posiciona al proyecto como elegible para estos mecanismos. Se estima un potencial de \$100.000 a \$200.000 millones.

Bonos verdes y sostenibles: La emisión de bonos verdes por parte del Distrito Capital o de los operadores del sistema puede captar recursos del mercado de capitales para financiar inversiones con beneficios ambientales verificables. Se estima un potencial de \$200.000 a \$400.000 millones.

Ingresos por valorización de materiales: La venta de compost certificado, materiales reciclados clasificados, energía eléctrica y biometano genera ingresos que contribuyen a la sostenibilidad financiera del sistema. Las proyecciones estiman ingresos crecientes desde \$50.000 millones anuales en 2029 hasta \$270.000 millones anuales en 2035, cubriendo el 35% de los costos operativos.

Bonos de carbono: La reducción verificada de emisiones de GEI habilita la generación de certificados de reducción de emisiones comercializables en mercados voluntarios o regulados. Con un precio conservador de USD 15 por tonelada de CO₂eq y una reducción proyectada de 1 millón de toneladas anuales al 2035, se estiman ingresos potenciales de \$60.000 millones anuales.

11.8 Sistema de indicadores clave de desempeño (KPIs)

La operacionalización del modelo de gestión sostenible requiere un sistema de indicadores que permita el seguimiento, evaluación y mejora continua de su implementación. Los indicadores clave de desempeño (KPIs) se estructuran en correspondencia con los cinco ejes estratégicos del modelo, siguiendo los principios de medición del estándar P5 relevancia para las partes interesadas, mensurabilidad objetiva, comparabilidad temporal, y orientación a la acción (GPM Global, 2019).

La Tabla 13 presenta la matriz de indicadores del modelo, especificando para cada KPI el eje estratégico al que corresponde, la definición operacional, la línea base (situación actual), la meta a cinco y diez años, la frecuencia de medición, la fuente de verificación y el responsable del reporte.

Tabla 13

Matriz de indicadores clave de desempeño (KPIs) del modelo de gestión sostenible

Eje	Indicador	Definición	Línea base (2024)	Meta 2029	Meta 2035	Frecuencia	Fuente	Responsable
Producto	Tasa de productos con ecodiseño certificado	% de productos en el mercado bogotano con certificación de reciclabilidad o compostabilidad	5% (est.)	20%	40%	Anual	Registro de certificaciones SDA	Secretaría de Ambiente
Producto	Reducción de empaques de un solo uso	% de reducción respecto a línea base de empaques plásticos de un solo uso comercializados	0%	30%	60%	Anual	Sistema de información de materiales	UAESP
Proceso	Tasa de recolección diferenciada efectiva	% de residuos recolectados de manera diferenciada (orgánicos, reciclables, ordinarios)	15%	60%	85%	Mensual	Reportes de operadores de recolección	UAESP - Subdirección de RBL
Proceso	Cobertura de trazabilidad	% de flujos de materiales con registro completo en sistema IoT desde generación hasta destino final	0%	70%	100%	Trimestral	Plataforma de trazabilidad	UAESP - Unidad de Datos
Proceso	Eficiencia logística	Kilómetros recorridos por tonelada	8,5 km/ton (est.)	6,5 km/ton	5,0 km/ton	Mensual	Telemetría vehicular	Operadores de recolección

**MODELO DE GESTIÓN SOSTENIBLE PARA LA DISPOSICIÓN
FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN BOGOTÁ CON LA
IMPLEMENTACIÓN DEL ESTÁNDAR P5 DE GPM**

111

		de residuo gestionado						
Personas	Recicladores formalizados	Número de recicladores de oficio con vinculación formal, remuneración estable y seguridad social	3.500	10.00 0	15.00 0	Semestr al	Registro de organizaciones de recicladores	UAESP - Subdirección de Aprovechami ento
Personas	Cobertura de educación ambiental	Número acumulado de ciudadanos capacitados en separación en la fuente y economía circular	200.0 00	400.0 00	600.0 00	Anual	Registros de programas de capacitación	SDA - Oficina de Participación
Personas	Satisfacción de comunidades aledañas	Índice de satisfacción de habitantes de zona de influencia del RSDJ (escala 1-5)	2,1	3,5	4,2	Anual	Encuesta de percepción comunitaria	UAESP - Gestión Social
Personas	Índice de confianza ciudadana	Calificación promedio de eficiencia percibida del sistema de gestión de residuos (escala 1-5)	1,82	3,2	4,0	Anual	Encuesta de percepción ciudadana	UAESP - Planeación
Planeta	Reducción de residuos enterrados	% de reducción de toneladas dispuestas en RSDJ respecto a línea base 2024	0%	40%	70%	Mensual	Reportes de disposición RSDJ	UAESP - Subdirección Disposición Final
Planeta	Tasa de aprovechami ento de orgánicos	% de residuos orgánicos generados que son compostados o valorizados energéticame nte	8%	50%	80%	Mensual	Reportes de plantas de aprovechami ento	UAESP - Subdirección de Aprovechami ento
Planeta	Reducción de emisiones GEI	% de reducción de emisiones de CO ₂ eq respecto a línea base (1,8 M ton/año)	0%	35%	60%	Anual	Inventario de emisiones	SDA - Oficina de Cambio Climático

Planeta	Cumplimiento de estándares de calidad ambiental	% de cumplimiento de parámetros normativos de calidad de aire y agua en zona de influencia	72%	90%	100%	Trimestral	Monitoreo ambiental	SDA - Red de Monitoreo
Prosperidad	Ingresos por valorización	% de costos operativos del sistema cubiertos con ingresos por venta de productos valorizados	5%	20%	35%	Anual	Estados financieros del sistema	UAESP - Subdirección Financiera
Prosperidad	Empleos verdes generados	Número de empleos directos e indirectos generados por la cadena de aprovechamiento	8.000	18.000	25.000	Anual	Censo de empleo del sector	UAESP / DANE
Prosperidad	Relación beneficio-costeo social	Ratio de beneficios totales (económicos, sociales, ambientales) sobre costos de implementación	N/A	1,3	1,8	Anual	Evaluación de retorno social de inversión (SROI)	UAESP - Planeación

Nota. RSDJ = Relleno Sanitario Doña Juana; SDA = Secretaría Distrital de Ambiente; UAESP = Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos; RBL = Recolección, Barrido y Limpieza; GEI = Gases de Efecto Invernadero. Las líneas base marcadas como (est.) corresponden a estimaciones por ausencia de medición sistemática actual. Elaboración propia.

11.9 Mecanismos de seguimiento y control

El sistema de indicadores se complementa con mecanismos de seguimiento que garantizan el uso efectivo de la información para la toma de decisiones. El tablero de control (dashboard) consolida los KPIs en una plataforma digital de acceso público que

permite visualizar el desempeño del sistema en tiempo real, comparar tendencias históricas e identificar alertas tempranas de desviaciones respecto a las metas. Los informes trimestrales de gestión documentan el avance de los indicadores, analizan las causas de las desviaciones y proponen acciones correctivas. La auditoría anual externa, realizada por una entidad independiente, verifica la confiabilidad de los datos reportados y evalúa la efectividad de las estrategias implementadas. La rendición de cuentas pública, convocada semestralmente, presenta los resultados a la ciudadanía y recoge retroalimentación para el mejoramiento continuo del modelo.

12. Discusión

La presente sección analiza los hallazgos de la investigación en diálogo con el marco teórico y los antecedentes revisados, identificando las implicaciones del estudio para la comprensión de la gestión sostenible de residuos sólidos y los aportes específicos del modelo propuesto.

12.1 Interpretación de los hallazgos principales

El diagnóstico del sistema de gestión de residuos sólidos en Bogotá, construido mediante la triangulación sistemática de fuentes cuantitativas, cualitativas y documentales, converge en un hallazgo estructural de alto poder explicativo. La principal barrera para la transición hacia un modelo sostenible no es actitudinal sino sistémica, y su punto crítico de ruptura se localiza en la interfaz entre la separación en la fuente y la recolección diferenciada. Las tres fuentes de evidencia datos de encuesta, percepciones de especialistas, y análisis documental apuntan de manera independiente y convergente hacia esta misma conclusión, lo que fortalece sustancialmente la validez interna de los hallazgos.

La percepción ciudadana de que "no sirve de nada separar porque todo se mezcla en el camión", expresada por el 67% de los encuestados, representa un hallazgo central que reorienta la comprensión del problema. Este dato cuantitativo, obtenido mediante instrumento de encuesta estructurada aplicado a una muestra representativa de la población, no constituye un indicador aislado, sino que adquiere plena significación cuando se articula con los testimonios cualitativos recogidos en el grupo focal, en el cual los participantes describieron experiencias reiteradas de inconformidad ante la observación directa de camiones recolectores que mezclan los residuos previamente clasificados en el punto de origen. Esta convergencia metodológica entre los hallazgos cuantitativos que

permiten establecer la magnitud y generalización del fenómeno y los hallazgos cualitativos que aportan densidad interpretativa, fortalece la validez y confiabilidad de las conclusiones alcanzadas, en tanto ambas aproximaciones apuntan de manera consistente hacia la misma dirección explicativa.

Desde el enfoque cuantitativo, el porcentaje señalado revela una tendencia estadísticamente significativa que trasciende la variabilidad individual y permite inferir un patrón estructural en la relación entre el ciudadano y el sistema de gestión de residuos. Sin embargo, el dato numérico por sí solo resultaría insuficiente para comprender las razones profundas que subyacen a dicha percepción. Es aquí donde el enfoque cualitativo aporta una dimensión explicativa indispensable, los relatos de los participantes evidencian que la desconfianza no emerge de la ignorancia ambiental ni de la indiferencia frente a la sostenibilidad, sino de una racionalidad práctica construida a partir de la observación de las fallas operativas del sistema. En otras palabras, el ciudadano no carece de conciencia ambiental; carece de evidencia empírica que justifique modificar su comportamiento dentro de un sistema que percibe como incoherente e ineficiente.

Mientras los enfoques tradicionales de gestión de residuos han enfatizado la necesidad de transformación cultural y educación ambiental de los ciudadanos perspectiva que, desde una lectura cuantitativa superficial, podría verse respaldada por indicadores de bajo cumplimiento en la separación en la fuente, los resultados de esta investigación sugieren que las barreras principales son de carácter estructural y operativo, no actitudinal. Esta reinterpretación resulta posible precisamente gracias a la complementariedad metodológica adoptada, mientras los datos cuantitativos permitieron identificar qué ocurre y con qué frecuencia, los datos cualitativos permitieron comprender por qué ocurre y bajo

qué condición se reproduce. Así, la triangulación de ambos enfoques revela que atribuir el problema exclusivamente a déficits culturales de la ciudadanía constituye una lectura reduccionista que desplaza la responsabilidad hacia el eslabón más débil de la cadena, invisibilizando las fallas de los actores institucionales y operativos.

Esta interpretación es consistente con los planteamientos de Ghisellini et al. (2016), quienes argumentan que la efectividad de las estrategias de economía circular depende de la articulación sistémica de todos los eslabones de la cadena, no de intervenciones aisladas en componentes específicos. Desde esta perspectiva teórica, tanto los datos cuantitativos como los cualitativos convergen en señalar que cualquier política pública orientada a mejorar las tasas de separación en la fuente deberá necesariamente intervenir de forma simultánea sobre la infraestructura de recolección, los protocolos operativos de las empresas prestadoras del servicio y los mecanismos de rendición de cuentas institucional, antes de exigir al ciudadano un comportamiento que el propio sistema no está en condiciones de sostener ni de validar.

La evidencia cualitativa complementa y profundiza los hallazgos cuantitativos al revelar que, si bien Colombia cuenta con un marco normativo avanzado en materia de residuos sólidos, este carece de los mecanismos operativos, financieros e interinstitucionales necesarios para generar transformaciones reales. Esta valoración se ve respaldada por los índices agregados de la matriz P5IA, que registran impactos negativos significativos en las dimensiones de Planeta (-1,8), Personas (-1,2) y Prosperidad (-0,9), jerarquización que coincide tanto con los problemas documentados de agotamiento del Relleno Sanitario Doña Juana, precariedad laboral de los recicladores y pérdida de valor de materiales recuperables como con el orden de prioridades expresado espontáneamente por

los especialistas entrevistados, configurando así una convergencia de alta solidez interpretativa.

12.2 Contraste con el marco teórico y antecedentes

Los resultados de la investigación dialogan con varios cuerpos de literatura que fundamentan el marco teórico. En relación con la gerencia de proyectos sostenibles, los hallazgos confirman los planteamientos de Silvius y Schipper (2014, 2020) sobre la necesidad de integrar criterios de sostenibilidad en el ciclo de vida de los proyectos, no como complemento sino como eje estructurante. La aplicación del estándar P5 en el contexto de la gestión de residuos sólidos de Bogotá demuestra su utilidad para identificar sistemáticamente los impactos en las cinco dimensiones y orientar la formulación de estrategias de mitigación y mejora.

Respecto a la economía circular, la investigación evidencia las tensiones entre los principios conceptuales y su operacionalización práctica que han sido documentadas por la Ellen MacArthur Foundation (2015) y Ghisellini et al. (2016). El caso de Bogotá ilustra cómo un marco normativo formalmente alineado con los principios de economía circular puede coexistir con un sistema operativo predominantemente lineal, cuando no se garantizan las condiciones de infraestructura, gobernanza y coordinación institucional necesarias para la transición efectiva.

Los hallazgos sobre la exclusión de los recicladores de oficio y las condiciones de vulnerabilidad que enfrentan son consistentes con la literatura regional documentada por la CEPAL (2021) y el Stockholm Environment Institute (2025). El modelo propuesto recoge estas evidencias al estructurar un eje específico de inclusión y participación que contempla

la formalización de 15.000 recicladores como condición de viabilidad social y operativa del sistema.

El análisis PESTEL aplicado en el marco de esta investigación constituyó una herramienta metodológica de carácter estratégico que permitió contextualizar de manera integral y sistemática los hallazgos derivados del diagnóstico situacional, inscribiéndolos dentro del espectro más amplio y complejo de factores externos que operan como condicionantes estructurales para la implementación del modelo de gestión propuesto. A diferencia de los instrumentos de diagnóstico interno, cuyo alcance se circunscribe a las dinámicas operativas y organizacionales del sistema objeto de estudio, el análisis PESTEL trasciende dichos límites al examinar de forma articulada y multidimensional las variables del entorno que, de manera directa o indirecta, ejercen influencia sobre la viabilidad, sostenibilidad y efectividad de cualquier intervención de gestión en contextos complejos.

En su dimensión política, el análisis permitió identificar el conjunto de disposiciones gubernamentales, lineamientos de política pública y marcos normativos institucionales que regulan y orientan la gestión de residuos en el territorio, reconociendo en ellos tanto oportunidades de apalancamiento institucional como posibles restricciones derivadas de la inestabilidad o ambigüedad regulatoria. Desde la perspectiva económica, se examinaron las condiciones macroeconómicas prevalecientes, incluyendo la disponibilidad de recursos financieros, los esquemas de inversión pública y privada, los costos asociados a la operación del sistema y las dinámicas del mercado de materiales recuperables, factores que determinan en gran medida la factibilidad económica del modelo y la sostenibilidad financiera de sus componentes estratégicos. El factor social, por su parte, aportó una comprensión profunda del tejido comunitario, los patrones culturales

de consumo y disposición de residuos, el nivel de apropiación ciudadana frente a los procesos de separación en la fuente y la percepción colectiva sobre la responsabilidad ambiental, elementos que resultan determinantes para el éxito de cualquier estrategia que dependa de la participación activa de la comunidad.

En lo que respecta al componente tecnológico, el análisis exploró el estado de desarrollo e incorporación de tecnologías aplicables a los procesos de recolección, tratamiento, valorización y disposición final de residuos, así como las brechas tecnológicas existentes y las oportunidades de innovación que podrían potenciar la eficiencia del sistema. El eje ecológico o ambiental permitió dimensionar las implicaciones ambientales del modelo, considerando las condiciones ecosistémicas del territorio, los impactos acumulados por prácticas inadecuadas de manejo de residuos y los compromisos adquiridos en materia de sostenibilidad ambiental y cambio climático, los cuales otorgan sentido y urgencia a las estrategias propuestas. Finalmente, la dimensión legal posibilitó una revisión exhaustiva del marco jurídico vigente, identificando las obligaciones normativas, los instrumentos de control y sanción, así como los vacíos regulatorios que pueden representar tanto riesgos como márgenes de acción para la implementación del modelo.

Este enfoque analítico, ampliamente recomendado por Song et al. (2017) y Kumar et al. (2021) para el estudio y diseño de sistemas de gestión de residuos en contextos de alta complejidad institucional y ambiental, aportó una perspectiva macrocontextual de naturaleza holística que no solo complementa el diagnóstico operativo realizado en fases previas de la investigación, sino que lo enriquece sustancialmente al revelar las fuerzas del entorno que condicionan, habilitan o restringen la acción estratégica. De este modo, la

integración del análisis PESTEL en el proceso investigativo garantizó que las estrategias propuestas no respondan exclusivamente a las necesidades internas del sistema, sino que se encuentren debidamente fundamentadas en una lectura rigurosa y actualizada del contexto externo, dotándolas así de mayor pertinencia, coherencia y solidez técnica frente a los desafíos reales que plantea su implementación.

12.3 Implicaciones del estudio

Los hallazgos de la investigación tienen implicaciones tanto para la comprensión teórica de la gestión sostenible de residuos como para la práctica profesional en gerencia de proyectos ambientales.

Desde la perspectiva teórica, el estudio aporta evidencia empírica sobre la aplicabilidad del estándar P5 de GPM en el contexto de la gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina. Los resultados sugieren que el enfoque de cinco dimensiones (Producto, Proceso, Personas, Planeta, Prosperidad) proporciona un marco suficientemente comprehensivo para capturar la complejidad de estos sistemas y orientar intervenciones integrales. Esta contribución es relevante dado que la literatura sobre aplicación del P5 en el sector público latinoamericano es aún incipiente, como señalan Henao-Rodríguez et al. (2024).

Desde la perspectiva práctica, la investigación ofrece un modelo de gestión con componentes, indicadores y mecanismos de gobernanza definidos que puede servir como referencia para otras ciudades de la región que enfrentan desafíos similares. La identificación de la recolección diferenciada como punto crítico de intervención orienta la priorización de inversiones y el diseño de nuevos esquemas contractuales. La caracterización de la disposición ciudadana favorable hacia la separación en la fuente

contradice narrativas que culpabilizan a los ciudadanos por las deficiencias del sistema, reorientando la responsabilidad hacia las autoridades y operadores.

12.4 Aportes del modelo propuesto

El modelo de gestión sostenible estructurado en esta investigación realiza aportes específicos en varios ámbitos.

En el ámbito metodológico, la investigación demuestra la viabilidad de combinar enfoques cuantitativos (encuesta ciudadana), cualitativos (grupo focal con expertos) y de evaluación de impactos (matriz P5IA) en un diseño mixto que fortalece la validez de los hallazgos mediante triangulación. El análisis PESTEL complementa el diagnóstico operativo con una perspectiva macro contextual que fundamenta la viabilidad institucional de las propuestas.

En el ámbito técnico, el modelo estructura una arquitectura de cinco ejes estratégicos con componentes específicos, indicadores de seguimiento y responsables definidos que trasciende el nivel conceptual para ofrecer un instrumento operativo. La matriz de KPIs establece líneas base, metas a cinco y diez años, frecuencias de medición y fuentes de verificación que permiten el monitoreo y la rendición de cuentas.

En el ámbito de política pública, el modelo se articula con el marco normativo vigente (Plan de Desarrollo Distrital, CONPES 3874, Ley 2232) y aprovecha la ventana de oportunidad que representa la próxima renovación de contratos de concesión.

13. Conclusiones

La presente investigación se propuso como objetivo general diseñar un modelo de gestión sostenible para la disposición final de residuos sólidos de la ciudad de Bogotá, mediante la aplicación del estándar P5 de Green Project Management, que integre las dimensiones de personas, planeta, prosperidad, procesos y productos para orientar la transición hacia un sistema de economía circular. A partir de los hallazgos obtenidos mediante la triangulación de fuentes cuantitativas, cualitativas y documentales, se presentan las conclusiones que dan respuesta a los objetivos específicos y validan las proposiciones de la hipótesis de trabajo.

13.1 Conclusiones respecto al primer objetivo específico

El diagnóstico de las brechas de sostenibilidad en la operación actual del Relleno Sanitario Doña Juana, desde las dimensiones de Producto y Proceso del estándar P5, permitió identificar una desarticulación estructural entre los componentes del sistema que limita su efectividad. El hallazgo central consiste en que la brecha crítica no se ubica en la fase de generación ciudadana, donde el 47,5% de la población declara realizar separación en la fuente, sino en la interfaz entre recolección y transporte, donde la ausencia de vehículos diferenciados y rutas específicas anula el esfuerzo de separación realizado en origen.

De esta evidencia se deriva una deducción crítica de fondo, la ineficiencia del sistema no es un problema de comportamiento ciudadano, sino de diseño operativo e institucional. Esto implica que las intervenciones centradas exclusivamente en campañas de cultura ciudadana tienen un impacto marginal si no van acompañadas de transformaciones estructurales en los esquemas de recolección. En consecuencia, los

nuevos contratos de concesión del servicio de aseo deberían incluir obligaciones explícitas de recolección diferenciada, indicadores de desempeño vinculados al porcentaje de materiales separados y mecanismos de trazabilidad verificables, como condición mínima para el cumplimiento de los objetivos del PGIRS.

Respecto al cumplimiento cualitativo de los objetivos, el modelo propuesto demuestra coherencia con el propósito de articular sostenibilidad, inclusión social y eficiencia operativa, al integrar el estándar P5, la formalización de recicladores de oficio y el aprovechamiento tecnológico como ejes complementarios de una misma estrategia. Si bien la validación cuantitativa excede el alcance del presente trabajo, los fundamentos normativos, técnicos y conceptuales desarrollados permiten sostener la viabilidad estructural de la propuesta.

Finalmente, se identificó que tecnologías como IoT, inteligencia artificial y blockchain permanecen subutilizadas en el sistema actual. Su incorporación no solo optimizaría la logística operativa, sino que reconstruiría la confianza ciudadana al garantizar trazabilidad verificable sobre el destino final de los materiales separados. En este sentido, se proponen como líneas de investigación futura; la evaluación técnica de plataformas de trazabilidad aplicadas al servicio de aseo en contextos urbanos de alta densidad y el estudio del impacto socioeconómico de la formalización de recicladores sobre los indicadores de pobreza y empleo en Bogotá.

13.2 Conclusiones respecto al segundo objetivo específico

La aplicación de la Matriz P5IA y el análisis PESTEL no solo permitió cuantificar los impactos del sistema actual, sino que aportó una base analítica rigurosa para priorizar las intervenciones con mayor potencial de transformación sistémica.

La dimensión Planeta registró el índice más negativo (-1,8), con los peores resultados en gestión de residuos, calidad del aire, emisiones de gases de efecto invernadero y calidad del agua. La dimensión Personas obtuvo una valoración de (-1,2), con impactos críticos en la salud y seguridad de los trabajadores y en las comunidades aledañas al relleno. La dimensión Prosperidad registró (-0,9), evidenciando el desperdicio económico que representa enterrar materiales con valor recuperable. De estos resultados se deduce que el sistema actual opera bajo una lógica de disposición final que externaliza costos ambientales y sociales, trasladando cargas desproporcionadas a las poblaciones más vulnerables, lo cual constituye una falla estructural que ninguna intervención parcial puede resolver de manera aislada.

El análisis PESTEL complementó este diagnóstico al revelar que, si bien el contexto presenta más oportunidades que amenazas, las amenazas identificadas son de alto impacto y baja gobernabilidad, la brecha persistente entre el marco normativo y su implementación real, la discontinuidad de las políticas públicas asociada a los ciclos electorales de cuatro años, y el conflicto latente con las comunidades afectadas por el Relleno Sanitario Doña Juana. Esta deducción es crítica, un modelo técnicamente sólido puede fracasar si no incorpora mecanismos de blindaje institucional y participación comunitaria desde su diseño.

En términos del cumplimiento cualitativo de los objetivos, la priorización derivada de ambos instrumentos orientó de manera coherente el diseño del modelo, cuya meta central es reducir en un 70% los residuos enterrados para 2035, acompañada de una reducción del 60% en emisiones de GEI, la formalización de 15.000 recicladores y la creación de 25.000 empleos verdes. Estas metas no son arbitrarias, sino el resultado directo

de los hallazgos diagnósticos, lo que otorga al modelo una trazabilidad lógica entre el problema identificado y la solución propuesta.

Como líneas de investigación futura, se recomienda; el desarrollo de estudios longitudinales que evalúen la evolución de los índices P5IA tras la implementación de intervenciones específicas, la construcción de modelos de gobernanza que reduzcan la vulnerabilidad de las políticas de residuos ante la alternancia política y investigaciones participativas con comunidades aledañas al relleno que permitan incorporar su perspectiva en el diseño de soluciones territoriales sostenibles.

13.3 Conclusiones respecto al tercer objetivo específico

La estructuración del Plan de Gestión de Sostenibilidad (SMP) como instrumento operativo del modelo representa uno de los aportes más significativos de esta investigación, en tanto traduce un marco conceptual en una arquitectura de gestión accionable y verificable.

La definición de cinco ejes estratégicos alineados con las dimensiones del estándar P5 diseño para la circularidad (Producto), operación circular integrada (Proceso), inclusión y participación (Personas), mitigación y restauración ambiental (Planeta) y sostenibilidad económica (Prosperidad) no constituye únicamente una organización temática, sino una decisión metodológica deliberada. De esta estructura se deriva una deducción crítica, la sostenibilidad en sistemas de gestión de residuos urbanos no puede abordarse de manera sectorial; requiere intervenciones simultáneas y articuladas en todas sus dimensiones, dado que el rezago en cualquiera de ellas compromete el desempeño del conjunto.

La matriz de 17 KPIs, con línea base, metas a cinco y diez años, frecuencia de medición, fuente de verificación y responsable del reporte, constituye el mecanismo que garantiza la trazabilidad entre los objetivos estratégicos y los resultados medibles. En términos del cumplimiento cualitativo de los objetivos, este sistema de seguimiento responde directamente al propósito de dotar al modelo de condiciones reales de implementación, superando la limitación común de los marcos propositivos que carecen de instrumentos de evaluación continua. La incorporación de mecanismos de gobernanza tablero de control público, informes trimestrales, auditoría anual externa y rendición de cuentas ciudadana añade una dimensión de legitimidad social que reconoce que la sostenibilidad de un sistema de esta escala depende tanto de su eficiencia técnica como de la confianza de la ciudadanía en su funcionamiento.

Como líneas de investigación futura, se propone; el desarrollo de estudios de implementación piloto del SMP en una localidad específica de Bogotá que permita validar empíricamente los KPIs propuestos y ajustar sus umbrales de medición, la investigación sobre modelos de gobernanza participativa aplicados a servicios públicos de aseo en contextos latinoamericanos, con énfasis en mecanismos de rendición de cuentas ciudadana y el análisis comparado de sistemas de indicadores de sostenibilidad basados en el estándar P5 en ciudades con características demográficas y operativas similares a Bogotá, con el fin de identificar buenas prácticas transferibles y fortalecer la base empírica del modelo propuesto.

13.4 Validación de la hipótesis

Los resultados obtenidos permiten validar de manera abierta y argumentada la hipótesis de trabajo formulada, en la medida en que evidencian que la adopción de un

modelo de gestión sostenible para la disposición final de residuos sólidos en Bogotá, fundamentado en el estándar P5 de Green Project Management, constituye una alternativa metodológica pertinente para orientar la transición del actual esquema lineal de gestión hacia un sistema con mayor enfoque de circularidad. El modelo diseñado, al apoyarse en las cinco dimensiones del P5 Producto, Proceso, Personas, Planeta y Prosperidad permitió realizar una lectura integral del sistema de residuos sólidos, superando una visión exclusivamente operativa o técnica de la disposición final, e incorporando variables ambientales, sociales, económicas, institucionales y de gobernanza que inciden directamente en la sostenibilidad del sistema.

En este sentido, la aplicación del estándar P5 facilitó la identificación, clasificación y priorización de brechas de sostenibilidad asociadas a la gestión de residuos sólidos en Bogotá. Entre estas brechas se destacan la alta dependencia del Relleno Sanitario Doña Juana, las limitaciones en la separación efectiva en la fuente, la insuficiente articulación entre actores institucionales y operativos, la necesidad de fortalecer la inclusión de recicladores de oficio, la baja trazabilidad sobre el destino final de los residuos aprovechables y la limitada consolidación de mecanismos económicos que incentiven la valorización por encima de la disposición final. Estos hallazgos confirman que la problemática no puede ser abordada únicamente desde la ampliación de infraestructura o desde el cumplimiento normativo, sino que requiere una estructura sistémica de gestión que articule los distintos componentes del ciclo de vida del residuo.

Asimismo, los resultados demuestran que el modelo propuesto contribuye a estructurar estrategias alineadas con los principios de la economía circular, al promover acciones orientadas a la separación en la fuente, la recolección diferenciada, el

aprovechamiento de materiales, la valorización de residuos orgánicos y reciclables, la reducción progresiva de residuos enviados a disposición final y el fortalecimiento de esquemas de trazabilidad. De esta manera, el modelo no solo plantea una mejora en la eficiencia operativa del sistema, sino que también propone una transformación en la lógica de gestión, pasando de un enfoque centrado en recolectar, transportar y disponer, hacia uno orientado a prevenir, recuperar, reincorporar y generar valor a partir de los residuos.

Otro aporte relevante del modelo consiste en la definición de indicadores de seguimiento y evaluación, los cuales permiten medir el desempeño ambiental, social y económico del sistema de gestión de residuos sólidos. Estos indicadores resultan fundamentales para verificar el avance hacia objetivos de sostenibilidad, establecer mecanismos de control, facilitar la rendición de cuentas y apoyar la toma de decisiones basada en evidencia. En consecuencia, el modelo fortalece la capacidad institucional para monitorear variables como la reducción de residuos dispuestos en relleno sanitario, el incremento del aprovechamiento, la participación ciudadana, la inclusión de recicladores, la eficiencia en la recolección diferenciada y la generación de beneficios económicos asociados a la valorización de materiales.

El estándar P5 demostró ser un marco metodológico pertinente y robusto para abordar la complejidad de la gestión de residuos urbanos, dado que integra de manera sistemática los componentes técnicos, sociales, ambientales y económicos dentro de una estructura coherente de análisis, planificación y propuesta. Su aplicación permitió evidenciar que la sostenibilidad de un proyecto o modelo de gestión no depende únicamente del resultado final, sino también de los impactos generados durante sus procesos, de la relación con los actores involucrados, de los efectos sobre el entorno

natural y de la capacidad para producir beneficios económicos y sociales sostenibles en el tiempo.

En el caso específico de Bogotá, la aplicación del estándar P5 aporta una perspectiva innovadora para analizar la gestión de residuos sólidos desde la gerencia de proyectos sostenibles, especialmente en un contexto urbano caracterizado por altos volúmenes de generación de residuos, presión sobre la infraestructura de disposición final, conflictos socioambientales asociados al relleno sanitario y retos significativos en materia de gobernanza e inclusión social. Por tanto, los resultados obtenidos permiten sostener que el modelo diseñado no solo responde a una necesidad práctica de la ciudad, sino que también contribuye al debate académico sobre la incorporación de estándares internacionales de sostenibilidad en proyectos públicos ambientales.

13.5 Limitaciones del estudio

Toda investigación presenta fronteras metodológicas que es necesario reconocer con transparencia, no como debilidades que invalidan los hallazgos, sino como condiciones que delimitan el alcance interpretativo de los resultados y orientan el desarrollo de futuras investigaciones.

La primera limitación se relaciona con el instrumento de recolección de datos primarios. El uso de un formulario digital como canal principal de la encuesta generó una sobrerrepresentación de personas con alto nivel educativo y acceso fluido a tecnología. En consecuencia, las percepciones recopiladas sobre separación en la fuente, confianza institucional y disposición al cambio de comportamiento no reflejan necesariamente la realidad del conjunto de la población bogotana, y en particular de los sectores con menor conectividad digital, que con frecuencia coinciden con las comunidades más expuestas a

los impactos negativos del sistema de gestión de residuos. Esta asimetría implica que los datos de percepción ciudadana deben leerse como una aproximación parcial, válida para el segmento poblacional alcanzado, pero insuficiente para generalizar conclusiones sobre el comportamiento ambiental de la ciudad en su totalidad.

La segunda limitación concierne a la composición del grupo focal. Si bien los participantes presentaron diversidad en sus trayectorias profesionales, la mayoría contaba con vinculación académica, lo que pudo haber orientado la discusión hacia marcos analíticos y teóricos, en detrimento de perspectivas operativas, comunitarias y territoriales. Las voces de operadores logísticos del servicio de aseo, recicladores de oficio, líderes comunales de zonas aledañas al Relleno Sanitario Doña Juana y funcionarios de nivel técnico de la UAESP habrían enriquecido significativamente el análisis con una dimensión práctica que el perfil académico predominante no logra capturar en su totalidad.

La tercera limitación, y la más crítica en términos de alcance del estudio, es la ausencia de vinculación formal de los actores principales del sistema, los operadores directos del Relleno Sanitario Doña Juana y las comunidades locales que habitan en su área de influencia. Esta limitación no es menor. El modelo propuesto fue diseñado predominantemente a partir de interesados externos al sistema operativo y de referentes teóricos, lo que implica que las soluciones formuladas, aunque técnicamente fundamentadas, carecen de la validación que solo puede provenir de quienes viven y operan el problema en su cotidianidad. Los operadores del relleno poseen conocimiento técnico de primera mano sobre las restricciones logísticas, los cuellos de botella operativos y las condiciones reales de trabajo que ningún marco normativo o académico puede reemplazar. Por su parte, las comunidades aledañas son las receptoras directas de los

impactos ambientales y sanitarios del sistema, y su exclusión del proceso de diseño reproduce, paradójicamente, la misma lógica de invisibilización que el modelo busca transformar. En consecuencia, los resultados deben interpretarse como una propuesta estratégica de carácter conceptual, cuya implementación real requiere necesariamente un proceso de co-construcción con estos actores. Se propone formalmente como línea de investigación futura el desarrollo de una fase participativa que incorpore talleres territoriales con comunidades afectadas, mesas técnicas con operadores del servicio y espacios de validación con recicladores de oficio, garantizando que el modelo evolucione desde una propuesta académica hacia una solución legítima, pertinente y apropiada por quienes deben implementarla.

La cuarta limitación corresponde al alcance geográfico e institucional de la propuesta. El modelo fue diseñado específicamente para Bogotá, considerando sus particularidades normativas Ley 142 de 1994, Resolución 1407 de 2018, CONPES 3874, su estructura institucional centrada en la UAESP y sus dinámicas culturales y territoriales propias de una metrópoli de ocho millones de habitantes. Su transferencia a otros contextos urbanos no puede realizarse de manera directa, sino que requeriría procesos de adaptación que consideren la capacidad institucional local, el marco regulatorio vigente, las condiciones socioeconómicas de la población y la infraestructura disponible. En este sentido, el modelo debe entenderse como un referente metodológico y estratégico, no como una fórmula replicable de manera acrítica, lo cual abre una línea de investigación relevante orientada al desarrollo de versiones adaptadas para ciudades intermedias colombianas o contextos latinoamericanos con desafíos similares en materia de gestión de residuos sólidos urbanos.

13.6 Trabajo futuro y recomendaciones

Los hallazgos de esta investigación abren varias líneas de trabajo para quien quiera continuar explorando el tema.

Lo primero sería poner a prueba el modelo en la práctica. Un piloto en una o dos localidades de Bogotá permitiría validar si los componentes propuestos funcionan en terreno y afinar los indicadores de desempeño con datos reales.

También hace falta investigación sobre las tecnologías de trazabilidad. La combinación IoT-blockchain aplicada a residuos es un campo emergente en América Latina, y quedan preguntas abiertas sobre costos, capacidades técnicas necesarias y gobernanza de los datos que se generen.

Un análisis comparado de cómo se ha implementado el estándar P5 en otros proyectos ambientales de la región ayudaría a identificar qué funciona y qué no, y por qué.

Se le recomendaría a la UAESP considerar estos hallazgos cuando estructure los nuevos contratos de concesión del servicio de aseo. Eso implica incluir obligaciones de recolección diferenciada, indicadores de sostenibilidad y mecanismos de trazabilidad que permitan verificar si se cumple o no.

La implementación del modelo no tiene que ser todo o nada. priorizar los ejes de mayor impacto operación circular integrada, mitigación ambiental permitiría generar aprendizajes y demostrar resultados tempranos que fortalezcan el compromiso institucional y ciudadano con la transformación del sistema.

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2006). *Decreto 312 de 2006: Por el cual se adopta el Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos para Bogotá Distrito Capital*. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21059>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). *Decreto 349 de 2014: Por el cual se reglamenta la imposición y aplicación del Comparendo Ambiental en el Distrito Capital*. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=59241>
- Aldridge, E. (2026). PMBOK® 7 vs PMBOK® 8: What project managers need to know. Project Management Academy. <https://projectmanagementacademy.net/resources/blog/pmbok-7-vs-pmbok-8-differences/>
- Armenia, S., Dangelico, R. M., Nonino, F., & Pompei, A. (2019). Sustainable project management: A conceptualization-oriented review and a framework proposal for future studies. *Sustainability*, 11(9), 2664. <https://doi.org/10.3390/su11092664>
- Avance Jurídico Casa Editorial S.A.S. (s. f.). Gestor Normativo de la CRA - Concepto 16241 de 2021 CRA. © Avance Jurídico Casa Editorial S.A.S., Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA. https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/concepto_cra_0016241_2021.htm
- Biogás Colombia. (2025). *Proyecto Biogás Doña Juana: Energía renovable a partir de residuos*. <https://www.biogascalombia.com/>
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Cámara Argentina de la Construcción. (2023). Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Recuperado el 3 de junio de 2026, de <https://www.camarco.org.ar/wp-content/uploads/2023/07/07-RSU.pdf>
- Carboni, J., Duncan, W., González, M., Milsom, P., & Young, M. (2024). *Sustainable project management: The GPM reference guide* (3rd ed.). GPM Global.
- Castro, E. B. (s. f.). *Colombia: claves económicas para inversionistas*. PwC. <https://www.pwc.com/co/es/pwc-insights/colombia-claves-economicas-para-inversionistas.html>

- Centro de Gerenciamiento de Residuos Doña Juana S.A. E.S.P. (2025). Informe AEGR CGR Doña Juana S.A. E.S.P. Recuperado el 3 de junio de 2026, de <https://www.cgr-bogota.com/wp-content/uploads/2025/11/30062025-Informe-AEGR-CGR-DONA-JUANA-SA-ESP.pdf>
- CEPAL. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe: Oportunidad para una recuperación transformadora*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47309-economia-circular-america-latina-caribe-oportunidad-recuperacion-transformadora>
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA). (2025). Estudio extenso de recolección y transporte CEO 17. https://www.cra.gov.co/sites/default/files/documents/2025-07/Estudio_Extenso%20de%20Recolecci%C3%B3n%20y%20Transporte%20CEO%2017.pdf
- Concejo de Bogotá, D. C. (2008). *Acuerdo 344 de 2008: Por el cual se ordena diseñar el programa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos*. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=34284>
- Congreso de Colombia. (2008). *Ley 1259 de 2008: Por medio de la cual se instaure en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=34388>
- Congreso de Colombia. (2016). *Ley 1801 de 2016: Código Nacional de Seguridad y Convivencia Ciudadana*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=80801>
- Congreso de Colombia. (2022). *Ley 2232 de 2022: Por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/ley-2232-de-2022/>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2000). *Resolución 2133 de 2000: Por la cual se otorga una Licencia Ambiental Única para la zona VIII del Relleno Sanitario Doña Juana*. https://www.uaesp.gov.co/images/LICENCIA_Res2133_2000.pdf

- Cunningham, W. P. (2023). *Principios de Ciencias Ambientales Plus*. McGrawHill - Plus.
<https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=34322>
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Documento CONPES 3874: Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*.
<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). *Informe Anual de Avance en la Implementación de los ODS en Colombia 2023*.
https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/INFORME_DE_AVANANCE_ANUAL_ODS_2023_junio_2024.pdf
- Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone Publishing.
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition>
- Eurostat. (2024). *EU exported 32 million tonnes of waste in 2022*. European Commission.
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20240118-1>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Gopalakrishnan, P. K., Hall, J., & Behdad, S. (2021). Cost analysis and optimization of Blockchain-based solid waste management traceability system. *Waste Management*, 120, 594-607. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.027>
- GPM Global. (2019). *The GPM P5 Standard for Sustainability in Project Management* (Version 2.0). Green Project Management.
<https://www.greenprojectmanagement.org/the-p5-standard>
- GPM Global. (2023). *GPM Global Survey 2022: State of sustainability in project management*. <https://gpm.org/>
- Greenpeace Colombia. (2024). *Relleno Sanitario Doña Juana: Una bomba de tiempo para las comunidades y el ambiente*.

- <https://www.greenpeace.org/colombia/noticia/campanas/contaminacion/relleno-sanitario-dona-juana-una-bomba-de-tiempo-para-las-comunidades-y-el-ambiente/>
- Grisales, M., Suárez, J. M., & Forero, D. R. (2021). *Análisis de impactos ambientales en proyectos de gran envergadura en Colombia acorde al estándar P5®* [Trabajo de grado, Universidad EAN]. Repositorio Institucional Universidad EAN.
- Henao-Rodríguez, C., Arias-Pérez, J., & Lozada, N. (2024). Green project management practices and environmental performance: Evidence from Colombian organizations. *Journal of Cleaner Production*, 434, 139856. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139856>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- Juchniewicz, M., Rzempala, J., & Skweres-Kuchta, M. (2021). Initiating and defining a sustainable project on the example of rare disease therapy. *European Research Studies Journal*, XXIV(3), 663-681. <https://doi.org/10.35808/ersj/2467>
- Kartina, J., & Turan, F. M. (2016). Industrial training approach using GPM P5 Standard for sustainability in project management: A framework for 21st century sustainability competencies. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 160, 012075. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/160/1/012075>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kenzhebayeva, A., Mukamedzhanova, A., Sulimenov, G., & Iztayeva, A. (2025). Sustainable project management: Principles and standards. *Public Administration and Public Service*, (2), 45-58. <https://journal.apa.kz/index.php/path/article/view/1615>
- Kumar, S., Smith, S. R., Fowler, G., Velis, C., Kumar, S. J., Arya, S., Rena, R., Kumar, R., & Cheeseman, C. (2021). Challenges and opportunities associated with waste management in India. *Royal Society Open Science*, 8(3), 201432. <https://doi.org/10.1098/rsos.201432>

Larson, E. W., & Gray, C. F. (2021). *Project management: The managerial process* (8th ed.). McGraw-Hill.

Ley 2294 de 2023 - Gestor Normativo. (s. f.). Función Pública.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=209510>

Martens, M. L., & Carvalho, M. M. (2017). How to integrate sustainability in project management: A systematic review. *International Journal of Project Management*, 35(6), 1095-1108. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.04.004>

Miguel, C. de, Martínez, K., Pereira, M., & Kohout, M. (2021). *Oportunidades para la circularidad de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47309>

Ministry of the Environment Japan. (2023). *Annual report on the environment in Japan 2023*. <https://www.env.go.jp/en/wpaper/>

Mohd, T. F., Kartina, J., & Nur Atiqah, O. (2018). Development of a sustainability assessment method for hydroelectric energy in the Malaysian context. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 319, 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/319/1/012006>

Molano Camargo, F. (2019). El relleno sanitario Doña Juana en Bogotá: La producción política de un paisaje tóxico, 1988-2019. *Historia Crítica*, (74), 127-149. <https://doi.org/10.7440/histcrit74.2019.06>

Mora-LeMus, G. (2025). Discursos subalternos sobre los conflictos ambientales por la basura: el caso del Relleno Sanitario Doña Juana. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, (48), 423-443.

Moutinho, V., Costa, C., & Bento, J. P. (2025). Circular economy projects and the P5 standard: Implementation challenges and success factors in Portugal. *Journal of Cleaner Production*, 438, 140632. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140632>

Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

Observatorio Ambiental de Bogotá. (2024). *Residuos dispuestos en Parque Innovación Doña Juana (PIDJ) provenientes de Bogotá*.

- <https://oab.ambientebogota.gov.co/residuos-dispuestos-en-parque-innovacion-dona-juana-pidj-provenientes-de-bogota/>
- Pardini, K., Rodrigues, J. J., Kozlov, S. A., Kumar, N., & Furtado, V. (2019). IoT-based solid waste management solutions: A survey. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/jsan8010005>
- Parlamento Europeo. (2022). *Gestión de residuos en la UE: Datos y cifras*. <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180328STO00751>
- Parlamento Europeo. (2023). *Economía circular: Definición, importancia y beneficios*. <https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20151201STO05603/economia-circular-definicion-importancia-y-beneficios>
- PICVISA. (2024). *Los 6 países europeos que más reciclan y cómo lo hacen*. <https://picvisa.com/es/los-6-paises-europeos-que-mas-reciclan/>
- PNUMA. (2024). *Global waste management outlook 2024*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>
- Porras Barajas, N. (2017). La sostenibilidad ambiental urbana en la gestión de residuos sólidos. *Desarrollo, Economía y Sociedad*, 6(1), 328-344. [http://www.spentamexico.org/v12-n3/A20.12\(3\)328-344.pdf](http://www.spentamexico.org/v12-n3/A20.12(3)328-344.pdf)
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)* (7th ed.). PMI.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). *Estrategia de crecimiento verde para Bogotá*. <https://www.ambientebogota.gov.co/>
- Silvius, A. J. G., & Schipper, R. (2014). Sustainability in project management: A literature review and impact analysis. *Social Business*, 4(1), 63-96. <https://doi.org/10.1362/204440814X13948909253866>
- Silvius, A. J. G., & Schipper, R. (2020). *Sustainability in project management*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429452383>
- Silvius, A. J. G., Schipper, R., Planko, J., Van den Brink, J., & Köhler, A. (2012). *Sustainability in project management*. Gower Publishing.

- Silvius, A. J. G. (2017). Sustainability as a new school of thought in project management. *Journal of Cleaner Production*, 166, 1479–1493.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.056>
- Soliz, M. F. (2016). *Ecología política de la basura: Pensando los residuos desde el Sur*. Abya-Yala.
- Song, Q., Li, J., & Zeng, X. (2017). Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy. *Journal of Cleaner Production*, 104, 199-210.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.027>
- Stanitsas, M., Kirytopoulos, K., & Leopoulos, V. (2021). Integrating sustainability indicators into project management: The case of construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123774. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123774>
- Stockholm Environment Institute. (2025). *Circular economy in Latin American cities: Barriers and opportunities*. SEI. <https://www.sei.org/>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2022). *Informe nacional de disposición final de residuos sólidos 2022*. <https://www.superservicios.gov.co/>
- Telefónica Tech. (s.f.). Gestión de residuos inteligente: Soluciones IoT para ciudades inteligentes. Telefónica Tech. <https://telefonicatech.com/soluciones/iot-conectividad/ciudades-inteligentes/gestion-de-residuos>
- Torres, X. F., Villacres, P. X., & Morán, E. E. (2017). Gestión de residuos sólidos urbanos: Análisis de la estrategia jerárquica de la Unión Europea. *Revista de Investigación Académica*, 12(3), 45-62.
- UAESP. (2021). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de Bogotá 2016-2027: Actualización 2021*. Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. <https://www.uaesp.gov.co/transparencia/planeacion-presupuesto-informes/politicas-lineamientos-manuales>
- UAESP. (2024). *Informe de gestión 2023*. Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. <https://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/informes-gestion>
- Unidad Administrativa de Servicios Públicos. (2022). *Informe de gestión del servicio de aseo en Bogotá 2022*. <https://www.uaesp.gov.co/>

Yency Contreras Ortiz. (2021). Gestión de residuos sólidos en América Latina: Desafíos y oportunidades. *Revista Latinoamericana de Estudios Ambientales*, 15(2), 78-95.

Anexos

Anexo A. Cuestionario Encuesta

ENCUESTA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS

1. Edad: _____
2. Género:
 - Masculino
 - Femenino
 - Otro
3. Nivel educativo:
 - Primaria
 - Secundaria
 - Técnico / Tecnólogo
 - Universitario
 - Posgrado
4. Localidad a la cual pertenece: _____
5. ¿Conoce si en su comunidad/barrio se realiza algún tipo de separación de residuos?
 - Sí
 - No
 - No estoy seguro/a
6. ¿Separa los residuos en su hogar?
 - Siempre
 - A veces
 - Nunca
7. ¿Cómo clasifica los residuos en su hogar? (marque todas las que apliquen)
 - Orgánicos
 - Reciclables (papel, plástico, vidrio, etc.)
 - Peligrosos (pilas, medicamentos, electrónicos, etc.)
 - No los clasifico
8. ¿Qué hace con los residuos reciclables?
 - Los entrego a recicladores
 - Los deposito en puntos de reciclaje
 - Los deposito con el resto de la basura
 - Otros: _____
9. ¿Considera que la recolección de residuos en su zona es eficiente?
 - Sí
 - No
 - No estoy seguro/a
10. ¿Cree que los residuos en su comunidad reciben una disposición final adecuada?
 - Sí
 - No
 - No sé

11. ¿Conoce qué tipo de tratamiento o disposición final reciben los residuos en su ciudad?

- Relleno sanitario
- Compostaje
- Incineración
- Otro: _____
- No lo sé

12. ¿Qué considera más importante para mejorar la disposición final de residuos en su comunidad? (Marque máximo 2)

- Más educación ambiental
- Mejor infraestructura (puntos de reciclaje, contenedores)
- Mayor control a empresas y gobierno
- Incentivos para reciclar
- Sanciones por mala disposición

13. En una escala de 1 (muy bajo) a 5 (muy alto), ¿cómo calificaría el impacto de la disposición inadecuada de residuos en su localidad?

1 2 3 4 5

14. ¿Cree que la disposición final de residuos contribuye al cambio climático o a generación de gases de efecto invernadero en Bogotá?

- Sí
- No
- No lo sé

15. En su opinión, ¿la mala disposición de residuos en Bogotá genera costos adicionales para el Distrito y los ciudadanos (por ejemplo, limpieza, sanciones, pérdidas, remediación ambiental)?

- Sí
- No
- No lo sé

16. ¿Cree que existe una oportunidad económica cuando los residuos se manejan correctamente en Bogotá?, si su respuesta es afirmativa por favor indicar cual.

- No
- Sí, empleo
- Sí, reciclaje
- Sí, valorización
- Sí, reutilización

17. ¿La presencia de vertederos, puntos de disposición de residuos o zonas de acopio cerca de su lugar de residencia le genera sensación de inseguridad, deterioro en el entorno o pérdida de calidad de vida?

- Sí
- No
- A veces

18. ¿Cree que la inadecuada disposición final de residuos tiene implicaciones en la salud de las personas a causa de (por ejemplo, vectores, olores, contaminación, enfermedades) en su localidad?

- Sí

- No
- No lo sé

Anexo B. Grupo Focal con Expertos

Perfil de los especialistas participantes

El grupo focal se realizó el 7 noviembre de 2025 con la participación de siete especialistas seleccionados mediante muestreo intencional según los criterios de formación profesional, experiencia en el sector y vinculación con actores relevantes del sistema de gestión de residuos. La Tabla B1 presenta el perfil detallado de cada participante.

Perfil de especialistas participantes en el grupo focal

Participante	Formación académica	Cargo/vinculación actual	Experiencia relevante	Relación con el problema
Especialista 1	Ingeniero Industrial, Magíster en Gerencia de Proyectos, Doctor en Proyectos	Docente investigador Universidad EAN; Director de trabajo de grado	10 años en investigaciones de energías renovables	Investigación en sostenibilidad y gestión de proyectos ambientales
Especialista 2	Ingeniero Ambiental, Especialista en Gestión de Calidad, MBA	Consultor senior en sostenibilidad corporativa	15 años en sistemas de gestión ambiental; auditor líder ISO 14001	Asesoría a empresas en economía circular y huella ambiental
Especialista 3	Ingeniera Ambiental, Magíster en Desarrollo Sostenible	Profesional especializada UAESP (actualmente pensionada)	12 años en la UAESP en áreas de aprovechamiento y disposición final	Conocimiento directo de la operación del sistema distrital
Especialista 4	Politóloga, Especialista en Políticas Públicas Ambientales	Asesora de la Secretaría Distrital de Ambiente	12 años en formulación de políticas ambientales distritales	Participación en formulación del PGIRS y políticas de economía circular
Especialista 5	Ingeniero Ambiental, Magíster en Ingeniería Sanitaria	Coordinador técnico de proyectos ambientales	10 años en operación de sistemas de disposición final	Experiencia directa en operación del RSDJ
Especialista 6	Trabajadora Social, Especialista en Gestión Comunitaria	Representante de organización de recicladores (Asociación de Recicladores de Bogotá - ARB)	14 años en el sector de reciclaje; lideresa comunitaria	Conocimiento de las condiciones de los recicladores de oficio
Especialista 7	Administradora ambiental, Especialista en seguridad industrial y Master en energías renovables y sostenibilidad	Profesor titular Universidad Nacional de Colombia	10 años de investigación en valorización de residuos y economía circular	Publicaciones académicas sobre gestión de residuos en Colombia

Nota. RSDJ = Relleno Sanitario Doña Juana; UAESP = Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos; PGIRS = Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Elaboración propia con base en información proporcionada por los participantes.

Anexo C. Matriz P5IA

Acceso a la Matriz P5IA del proyecto	
Elemento	Descripción
Nombre del archivo	P5IA_Modelo_Gestion_Sostenible_RSDJ_2024.xlsx
Ubicación	Anexo digital adjunto al documento / Repositorio institucional Universidad EAN Matriz P5 de Análisis de Impactos: Anexo C Matriz P5IA
Formato	Microsoft Excel (compatible con GPM-P5 Impact Analysis Template V7)
Contenido	Evaluación completa de impactos en las cinco dimensiones P5 con justificaciones y evidencia de soporte

Nota. En caso de que el enlace no sea accesible, contactar a los autores para solicitar acceso al archivo. Elaboración propia.