



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,
VINCULACIÓN Y POSGRADO**

DIRECCIÓN DE POSGRADO

“Análisis de la sostenibilidad económica entre el sistema de recolección de residuos sólidos puerta a puerta y el de almacenamiento temporal”

Trabajo de titulación para optar al título de Magíster en: Ingeniería Civil con
mención en Gestión de la Construcción

AUTOR:

Cárdenas Averos, Reny Jesús

TUTOR:

Ing. Arellano Barriga, Alfonso Patricio Mgs.

Riobamba, Ecuador. 2025



Riobamba, 26 de noviembre de 2025

Declaración de Autoría y Cesión de Derechos

Yo **Reny Jesús Cárdenas Averos** con número único de identificación **0250300274**, declaro y acepto ser responsable de las ideas, doctrinas, resultados y lineamientos alternativos realizados en el presente trabajo de titulación denominado: **“Análisis de la sostenibilidad económica entre el sistema de recolección de residuos sólidos puerta a puerta y el de almacenamiento temporal”**, previo a la obtención del grado de Magister en ingeniería civil con mención en gestión de la construcción.

- Declaro que mi trabajo investigativo pertenece al patrimonio de la Universidad Nacional de Chimborazo de conformidad con lo establecido en el artículo 20 literal j) de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES.
- Autorizo a la Universidad Nacional De Chimborazo que pueda hacer uso del referido trabajo de titulación y a difundirlo como estime conveniente por cualquier medio conocido, y para que sea integrado en formato digital al Sistema De Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor, dando cumplimiento de esta manera a lo estipulado en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior LOES

Riobamba, 26 de noviembre de 2025

Atentamente,



Ing. Reny Jesús Cárdenas Averos
CI: 0250300274



Dirección de
Posgrado

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN,
VINCULACIÓN Y POSGRADO



ACTA DE CULMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

En la ciudad de Riobamba, a los 24 días del mes de noviembre del año 2025, los miembros del Tribunal designado por la Comisión de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo, reunidos con el propósito de analizar y evaluar el Trabajo de Titulación bajo la modalidad Proyecto de titulación con componente investigación aplicada y/o desarrollo, CERTIFICAMOS lo siguiente:

Que, una vez revisado el trabajo titulado: "**ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA ENTRE EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PUERTA A PUERTA Y EL DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL**", perteneciente a la línea de investigación: **Ingeniería, industria y construcción**, presentado por el maestrante Reny Jesús Cárdenas Averos, portador de la cédula de ciudadanía No. 0250300274, estudiante del programa de **Maestría en ingeniería civil con mención en Gestión de la construcción**, se ha verificado que dicho trabajo cumple al 100% con los parámetros establecidos por la Dirección de Posgrado de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Es todo cuanto podemos certificar, en honor a la verdad y para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**ALFONSO PATRICIO
ARELLANO BARRIGA**
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Alfonso
Arellano, Mgs.

TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS SEBASTIAN
SALDANA GARCIA**
Validar únicamente con FirmaEC

Ing. Carlos Saldaña,
Mgs.

**MIEMBRO DEL
TRIBUNAL 1**



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS WLADIMIR
IZURIETA RECALDE**
Validar únicamente con FirmaEC

Eco. Carlos Izurieta,
Mgs.

**MIEMBRO DEL
TRIBUNAL 2**



Campus La Dolorosa
Av. Eloy Alfaro y 10 de Agosto
Teléfono (593-3) 373-0880, ext. 2002
Riobamba - Ecuador

Unach.edu.ec
en movimiento



Riobamba, 25/11/2025

CERTIFICADO

De mi consideración:

Yo Ing. **Alfonso Patricio Arellano Barriga**, certifico que **Reny Jesús Cárdenas Averos** con cédula de identidad No. **0250300274** estudiante del programa de **Maestría en ingeniería civil con mención en gestión de la construcción**, cohorte tercera (2023-2024) presentó su trabajo de titulación bajo la modalidad de Proyecto de titulación con componente de investigación aplicada y/o desarrollo denominado: **"ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA ENTRE EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PUERTA A PUERTA Y EL DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL"**, el mismo que fue sometido al sistema de verificación de similitud de contenido COMPILATION identificando el porcentaje de similitud **1%** en el texto y el porcentaje de similitud **9%** en inteligencia artificial.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**ALFONSO PATRICIO
ARELLANO BARRIGA**
Validar únicamente con FirmaBC

Ing. Alfonso Patricio Arellano Barriga, Mgs.

CI: 060182331-3

Adj.-

- Resultado del análisis de similitud (Compilation)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Nacional De Chimborazo, y a la unidad de posgrado por su formación académica de calidad, la cual ha contribuido enormemente en mi desarrollo profesional.

También quiero agradecer infinitamente a mi tutor, Ing. Alfonso Arellano, por su paciencia, conocimiento y colaboración en el desarrollo de esta investigación

A los diferentes colaboradores que aportaron para el desarrollo de esta investigación, independientemente de cuán grande o pequeña haya sido la contribución para este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi amada madre Marcia, cuyo apoyo siempre ha sido mi mayor fortaleza, a mis queridos hermanos Rosa y David, y a mi adorada sobrina Dannita, por estar siempre para mí, apoyándome en cada proyecto de mi vida con su cariño incondicional.

A mis apreciados amigos y eternos colaboradores, Belén y Cristian. Por su constante retroalimentación, confianza y amistad de muchos años.

Índice de contenido

Resumen.....	7
Abstract.....	8
Capítulo I. Introducción.....	9
1.1. Antecedentes.....	9
1.2. Planteamiento del problema.....	11
1.3. Justificación.....	11
1.4. Objetivos.....	12
1.4.1. Objetivo general	12
1.4.2. Objetivos Específicos	12
Capítulo II Estado del Arte.....	13
2.1. Investigaciones previas.....	13
2.2. Fundamentación legal.....	19
Capítulo III Metodología.....	20
3.1. Tipo de Investigación.....	20
3.2. Enfoque de la investigación.....	20
3.3. Área de estudio	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos.....	21
3.5. Instrumentos y técnicas para el procesamiento de datos	21
3.6. Población y muestra.....	21
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.....	24
4.1. Factores que intervienen en un sistema de recolección puerta a puerta y los sustentos teóricos.....	24
4.2. Factores que intervienen en un sistema de recolección por almacenamiento temporal.....	29
4.3. Estructura comparativa de costos en una hoja de cálculo.....	31
4.3.1. Estructura de costos para el sistema de recolección puerta a puerta.....	31
4.3.2. Estructura de costos para el sistema de recolección con contenedores. ...	38
4.4. Análisis de factores sociales	42
4.5. Análisis de factores ambientales.....	47
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.....	52
5.1. Conclusiones.....	52
5.2. Recomendaciones	54
Referencias Bibliográficas.....	56
Anexos:.....	59

Índice de tablas.

Tabla 1: Investigaciones relacionadas a caracterización de residuos sólidos en diferentes localidades.	14
Tabla 2: Matriz de revisión bibliográfica sobre factores que influyen en un sistema de recolección de residuos sólidos.	15
Tabla 3: Resumen de investigaciones sobre costos.	18
Tabla 4: Rangos poblacionales establecidos.	22
Tabla 5: Localidades con estudios previos de caracterización de residuos sólidos.	22
Tabla 6: Localidades seleccionadas según el tamaño poblacional.	23
Tabla 7: Factores que intervienen en un sistema de recolección de residuos sólidos. .	24
Tabla 8: Resultados considerando la simulación con el plan de recolección puerta a puerta.	26
Tabla 9: Resultados considerando la simulación con el plan de recolección mediante contenedores.	29
Tabla 10: Estructura de costos para el sistema de recolección puerta a puerta.	31
Tabla 11: Indicadores operativos y económicos del sistema de recolección puerta a puerta por localidad.	36
Tabla 12: Estructura de costos para el sistema de recolección mediante contenedores	38
Tabla 13: Indicadores operativos y económicos del sistema de recolección con contenedores, por localidad.	40
Tabla 14: Ponderación de criterios sociales.	45
Tabla 15: Escala para el índice de gestión de residuos sólidos urbanos desde la perspectiva social.	46
Tabla 16: Ponderación de criterios ambientales.	50
Tabla 17: Escala para el índice de gestión de residuos sólidos urbanos desde la perspectiva ambiental.	51
Tabla 18: Consideraciones realizadas para la asignación de recursos.	72

Índice de figuras.

Figura 1: Factores en sistemas de recolección, identificados bibliográficamente.	16
Figura 2: Relación entre producción máxima diaria, número de manzanas atendidas y número de viajes necesarios.	27
Figura 3: Relación entre el tiempo de trabajo, número de viajes necesarios y distancia total recorrida por el camión recolector.....	28
Figura 4: Relación entre el volumen de residuos sólidos al día (m ³ /día) y número de contenedores	30
Figura 5: Indicador dólares por tonelada recolectada (\$/T) y dólares por kilómetro recorrido \$/km, considerando el sistema puerta a puerta.	36
Figura 6: Indicador dólares por tonelada recolectada (\$/T) y dólares por kilómetro (\$/km), considerando el sistema mediante contenedores.....	40
Figura 7: Percepción de factores sociales del sistema de recolección por contenedores.	42
Figura 8: Percepción de factores ambientales del sistema de recolección por contenedores	47

Índice de Anexos.

Anexo 1: Formulario utilizado.....	59
Anexo 2: Ciudadela tipo, utilizada en la simulación.	66
Anexo 3: Datos de la encuesta socioambiental.	66
Anexo 4: Análisis multicriterio.....	67
Anexo 5: Estructura de costos.....	67
Anexo 6: Exceso de recurso humano.	67
Anexo 7: Malas condiciones de los contenedores.....	68
Anexo 8: Encuesta	68

Resumen.

Esta investigación consideró la sostenibilidad económica de los sistemas de recolección de residuos sólidos por almacenamiento temporal con contenedores y mediante recolección puerta a puerta, con un enfoque técnico, económico, social y ambiental, de una ciudadela prototípica en cuatro localidades del Ecuador: Riobamba, Guaranda, Guamote y Penipe.

La metodología fue mixta entre revisión bibliográfica y simulación operacional para cada sistema. La estructura de costos se desarrolló en Microsoft Excel. Mientras que para la percepción ciudadana se empleó una encuesta, donde se estimó el índice de gestión de residuos sólidos (INGERSU).

Se identificó que algunos factores incidentes son demográficos como el número de personas por vivienda y el número de personas por manzana, socioeconómicos como la producción per cápita de residuos sólidos, densidad suelta de residuos sólidos, y técnico-operativos como la capacidad del camión recolector y las distancias recorridas por las rutas de recolección.

El sistema puerta a puerta presenta menores costos por tonelada recolectada (entre \$18.48 / T – \$55.14 / T) comparado con el sistema de contenedores (entre \$33.86 / T – \$94.54 / T). Asimismo, el costo por kilómetro recorrido en el sistema puerta a puerta es inferior (entre \$5.14 / km y \$5.99 / km) en comparación al sistema por contenedores (\$9.41 / km – \$10.96 / km), debido principalmente a la menor inversión en equipamiento, como la adquisición de contenedores y de un camión recolector con mayor tecnología.

Social y ambientalmente el INGERSU fue calificado como “malo”, alcanzando solamente 24.57/100 y 28.57/100 respectivamente.

Palabras clave: Residuos sólidos, sostenibilidad, recolección puerta a puerta, contenedores, costos, índice de gestión.

ABSTRACT

This research analyzed the economic sustainability of solid waste collection systems using temporary container storage and door-to-door collection, with a technical, economic, social, and environmental focus in a prototypical residential complex, based on four locations in Ecuador, including Riobamba, Guaranda, Guamote, and Penipe.

A mixed-method approach was implemented, combining a literature review with operational simulation for each system. The cost structure was developed using Microsoft Excel. Additionally, a survey was conducted to evaluate citizen perception and estimate the Solid Waste Management Index (INGERSU).

Several influencing factors were identified, including demographic variables such as the number of people per household and per city block; socioeconomic factors such as per capita solid waste generation and loose waste density; and technical-operational factors such as collection truck capacity and the distances covered along collection routes.

The door-to-door system showed lower costs per ton collected (USD 18.48/T – USD 55.14/T) compared to the container system (USD 33.86/T – USD 94.54/T). Similarly, the price per kilometer traveled was lower in the door-to-door system (USD 5.14/km – USD 5.99/km) than in the container system (USD 9.41/km – USD 10.96/km), mainly due to reduced equipment investment requirements, such as container acquisition and the need for more technologically advanced collection trucks.

Social and environmental performance, assessed through INGERSU, was rated as “poor,” achieving scores of 24.57/100 and 28.57/100, respectively.

Keywords: Solid waste, sustainability, door-to-door collection, container system, costs, management index.



Reviewed by:

Mgs. Kelly Jhoanna Lara Velarde

ENGLISH PROFESSOR

C.I. 0603935776

Capítulo I. Introducción.

1.1. Antecedentes.

La gestión de residuos sólidos es una de las metas mundiales en relación con el acceso a servicios adecuados, seguros y asequibles de recolección de residuos sólidos, alineados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) números 3 y 11, los cuales promueven la vida saludable y las ciudades sostenibles. Para ello, la Organización de Naciones Unidas (ONU) propone indicadores como los costos por tonelada recolectada.

Según la perspectiva de la ONU sobre la gestión de residuos como punto de partida hacia un desarrollo sostenible, es necesario un cambio en el paradigma sobre los residuos (mal llamados basura). Durante años los esfuerzos se han enfocado a su eliminación y no en explorar maneras de reutilizarlos como recursos que puedan contribuir al desarrollo sostenible en sus tres dimensiones: Ambiental y cambio climático, Social, y Financiera, para encaminarse hacia una economía circular.

En América Latina y el Caribe existen varios modelos de prestación de servicio de recolección y transporte, entre los más importantes se encuentran el servicio municipal directo, contrato de servicios y un mixto entre municipal directo y contrato.

Según la ONU (2020), la financiación pública para la gestión de residuos en América Latina y el Caribe (ALC), recae sobre el presupuesto municipal, el cual en algunos casos se financia con tasas impuestas directamente a los usuarios, pero generalmente es asumido a fondo perdido. Estos recursos se emplean para cubrir los costos de operación y funcionamiento de los sistemas. Sin embargo, para recuperar estos costos es necesario que los valores cobrados cubran los costos reales de la prestación del servicio. En Ecuador, predomina el cobro del servicio a través de la planilla de energía eléctrica, que en principio logra altos niveles de recaudación. No obstante, la ONU recomienda trabajar en metodologías y herramientas para estimar el valor que la municipalidad debe cobrar por concepto de recolección.

Según INEC (2023), el 53% de los GADM cobran por el servicio de recolección mediante la planilla eléctrica, el 18.2 % mediante la de agua potable, el 17.3% de forma combinada entre energía eléctrica y facturación directa por el municipio, el 4.5% es mediante

facturación directa del municipio y finalmente el 2.3% lo hacen mediante el impuesto predial.

En este contexto, esta investigación se enfocará en la sostenibilidad económica asociada a los sistemas de recolección más comunes: es decir el sistema puerta a puerta y el que incluye almacenamiento temporal con contenedores, mediante una estructura de costos y una perspectiva social y ambiental.

La metodología incluye la identificación de factores que intervienen en estos dos sistemas mediante una revisión bibliográfica, simulaciones, y el desarrollo de una estructura comparativa de los costos asociados a cada sistema en el programa Microsoft Excel, lo que permitirá estimar un valor de costo por cada sistema. Además, se calculará un índice de gestión de residuos sólidos (INGERSU) desde una perspectiva social y ambiental. La investigación utilizará datos de estudios previos relacionados sobre la caracterización urbanística, socioeconómica y de residuos sólidos. Estos estudios fueron implementados en varias ciudades y cantones del país y se basaron en la “Técnica de muestreo y caracterización de residuos sólidos para poblaciones menores 150000 habitantes” y en el “Método de caracterización urbanística y socioeconómica” de Arellano et al., (2013). También se empleará la herramienta de estructura de costos en cuatro localidades de diferentes tamaños poblacionales, incluyendo a Riobamba como la localidad más grande y Penipe la más pequeña. Finalmente, por medio de una encuesta y un análisis multicriterio se obtendrá un valor para el INGERSU.

El propósito final de esta tesis es brindar una herramienta práctica que permita estimar los costos asociados a cada sistema de recolección. Dicha herramienta podrá ser mejorado mediante el uso de datos detallados y actualizado provenientes de registros municipales. De esta manera, se busca aportar positivamente en la toma de decisiones, apostando por una gestión integral de residuos sólidos eficiente y sostenible, desde un punto de vista financiero, social y ambiental.

1.2. Planteamiento del problema.

En el Ecuador, el cobro por la recolección de residuos sólidos urbanos se lo hace en función al consumo de otros servicios como el de electricidad, agua potable o por una tasa establecida por el municipio. Sin embargo, no existe una metodología que permita estimar los costos reales que conlleva un sistema de recolección tradicional (Puerta a Puerta) y un sistema moderno utilizando contenedores.

Según la información de la asociación de municipalidades del Ecuador (AME) en 2023 el costo total por la gestión de residuos sólidos a nivel nacional fue de 21 millones de dólares, de los cuales se recuperaron 9 millones por cobro de tasas y el restante fue subsidiado por los municipios, esta información sugiere una importante brecha financiera en la sostenibilidad del servicio de recolección.

Otras investigaciones como la de Aguirre & Ortega (2022), señalan que algunos municipios del país no están estimando correctamente los costos operativos reales, lo que impide cumplir con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 11, referente a ciudades sostenibles. Los déficits en el presupuesto que se detectaron en dicha investigación reflejan una falsa sostenibilidad, respaldada artificialmente por subsidios.

Por su parte, el INEC (2021) advierte que la gestión de residuos sólidos es uno de los problemas que enfrentan la mayoría de las ciudades del Ecuador. A pesar de ello, no recibe mucha atención por parte de las autoridades locales, aunque absorbe gran parte del presupuesto de las ciudades.

Ante esta situación, es necesario evaluar los sistemas de recolección más utilizados, para identificar cual representa una mejor alternativa.

1.3. Justificación.

La búsqueda de una adecuada gestión de residuos es importante para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en especial para garantizar ciudades sostenibles e inclusivas, considerando las 3 dimensiones (Ambiental, Social y Financiero). Además, permitirá, a futuro, proponer tarifas fijas o variables en relación con los costos reales que conlleva el servicio.

Desde el punto de vista académico y técnico, esta investigación aporta al análisis detallado de los costos asociados a los 2 sistemas de recolección más comunes del país, utilizando datos disponibles de investigaciones previas sobre caracterización de residuos sólidos y caracterización urbanística y socioeconómica desarrolladas en varias localidades del Ecuador.

1.4. Objetivos.

1.4.1. *Objetivo general*

Analizar la sostenibilidad económica entre el sistema de recolección de residuos sólidos puerta a puerta y el de almacenamiento temporal.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Identificar los factores que intervienen en un sistema de recolección puerta a puerta y los sustentos teóricos.
- Identificar los factores que intervienen en un sistema de recolección por almacenamiento temporal y los sustentos teóricos.
- Desarrollar una estructura comparativa de costos en una hoja de cálculo.
- Determinar cuál de los sistemas de recolección tiene mayor nivel de sostenibilidad económica

Capítulo II Estado del Arte

2.1. Investigaciones previas.

Según la obra de Arellano et al. (2024), el consumo per cápita de agua potable y producción per cápita de residuos sólidos urbanos son similares. El autor encontró que, en las ciudades estudiadas, las características socioeconómicas de las personas tienen relación con la rutina diaria que llevan, así como en los servicios y bienes que consumen y dependen del tamaño de la ciudad.

Por ejemplo, las personas que se transportan desde sus trabajos hacia sus hogares producen mayor cantidad de residuos sólidos y consumen mayor cantidad de agua; en cambio aquellas personas con una capacidad económica alta prefieren consumir bienes y servicios fuera de casa, lo que provoca que su producción de residuos sólidos sea mucho menor en comparación con otros estratos socioeconómicos. Por lo tanto, el tamaño poblacional de una ciudad y su situación socioeconómica inciden directamente en la producción de residuos sólidos.

En el contexto de residuos sólidos, se han desarrollado varias investigaciones enfocadas en determinar las características urbanísticas y socioeconómicas, y de residuos sólidos urbanos. En estas investigaciones se estimaron el número de manzanas urbanas el total y su distribución según la estratificación socioeconómica, el promedio de habitantes por vivienda, el número de habitantes por manzana, la producción per cápita ponderada y la densidad suelta de los residuos sólidos.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los resultados más relevantes de varias investigaciones realizadas siguiendo la misma metodología, aplicada a localidades como Penipe, San Luis, Las Naves, Cevallos, Chambo, Guamote, Priorato, Baños, Puerto Ayora, Guano – la matriz, Tena, Guaranda, Macas, Otavalo y Riobamba.

Tabla 1:

Investigaciones relacionadas a caracterización de residuos sólidos en diferentes localidades.

UBICACIÓN	POBLACION	MZS URBANAS	Número de manzanas por estrato				Habitantes / vivienda				hab/vivienda (PROMEDIO)	hab/mz	PPC_kg/hab /dia	densidad S_kg/m3	COORDENADA DE RELLENO SANITARIO		COORDENADA DEL PARQUEADERO	
			MZ A	MZ B	MZ C	MZ D	A	B	C	D					X	Y	X	Y
PENIPE	1228	61	0 0.00 %	4 6.56 %	31 50.82 %	26 42.62 %	0	3.6	4	3.6	2.80	20.13	0.38	212.52	767586.1	9815839.0	774900.2	9826383.0
SAN LUIS	1926		- 0.00 %	- 46.43 %	- 39.29 %	- 14.28 %	-	-	-	-	-	-	0.66	247.58	767586.1	9815839.0	759491.6	9815655.0
LAS NAVES	1984	119	12 10.08 %	77 64.71 %	21 17.65 %	9 7.56 %	4	3.76	3.11	3.5	3.59	16.67	0.45	263.71	673487.4	9844695.5	687443.0	9857831.0
CEVALLOS	2501	72	3 4.17 %	7 9.72 %	52 72.22 %	10 13.89 %	4	4	3.58	4.86	4.11	34.74	0.62	210.86	766517.0	9850734.0	767431.7	9849370.9
CHAMBO	4639	134	1 0.75 %	84 62.69 %	47 35.07 %	2 1.49 %	3.5	3.8	4.2	5.5	2.99	34.62	0.32	155.82	767586.1	9815839.0	767380.1	9808622.9
GUAMOTE	7000	123	3 2.44 %	34 27.64 %	51 41.46 %	35 28.46 %	4	3.65	3.85	5	4.13	56.91	0.48	205.49	749846.0	9772998.2	755357.0	9786549.0
PRIORATO	9643	182	0 0.00 %	20 10.99 %	82 45.05 %	80 43.96 %	4	3.6	4.23	4.53	4.09	52.98	0.42	266.94	818124.0	43419.0	820457.0	39315.0
BAÑOS	12292	207	1 0.48 %	71 34.30 %	105 50.72 %	30 14.49 %	-	-	-	-	-	59.38	0.505	201.62	781190.6	9843564.3	787170.0	9846123.0
PUERTO AYORA	12696	223	0 0.00 %	42 18.83 %	112 50.22 %	69 30.94 %	-	3.71	3.65	3.96	3.77	56.93	0.55	200.6	797715.9	9920863.1	798134.2	9918017.1
GUANO-LA MATRIZ	13576	213	5 2.35 %	77 36.15 %	107 50.23 %	24 11.27 %	3.5	3.56	4.342	3.778	3.79	63.74	0.6	234.18	767863.3	9825254.5	762125.0	9822735.9
TENA	23307	373	1 0.27 %	99 26.54 %	254 68.10 %	19 5.09 %	3.3	4	4.33	5.25	4.21	62.49	0.57	190.72	198096.6	9879764.1	186758.5	9890753.8
GUARANDA	25000	307	1 0.33 %	54 17.59 %	217 70.68 %	35 11.40 %	-	4.18	3.4	4.91	4.16	81.43	0.59	186.58	721794.0	9818807.0	723554.4	9823748.5
MACAS	27084	103	5 4.85 %	45 14.66 %	43 14.01 %	10 3.26 %	4	4.22	4.05	5.22	4.37	262.95	0.71	150.27	819013.6	9741439.7	820976.7	9744352.1
OTAVALO	44536	703	24 3.41 %	402 57.18 %	227 32.29 %	50 7.11 %	4.4	4.51	4.95	5.67	4.88	63.35	0.63	187.09	804995.8	30126.8	805100.6	25973.4
RIOBAMBA	146324	1970	42 2.13 %	1333 67.66 %	550 27.92 %	45 2.28 %	-	-	-	-	4.94	74.28	0.65	233.25	767586.1	9815839.0	759491.6	9815655.0

(Cárdenas,2025)

La **Tabla 2** muestra el resumen de la revisión bibliográfica en relación con los factores que influyen en un sistema de recolección de residuos sólidos.

Tabla 2:

Matriz de revisión bibliográfica sobre factores que influyen en un sistema de recolección de residuos sólidos.

Autor/año	Tema	Factores estudiados	Hallazgo
Cerna et al., (2022)	Prediction of solid household waste generation with Machine learning in a rural area of puno	• Socioeconómicos • Demográficos	Influyen directamente son el ingreso per cápita, el tamaño familiar, los servicios del hogar y las costumbres de consumo.
(Ali & Ahmad, 2019)	Forecasting MSW generation using artificial neural network time series model: a study from metropolitan city	• Socioeconómicos • Demográficos	Son responsables directos o indirectos de la generación de RS.
(Toro et al., 2021a)	Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios	• Socioeconómicos • Demográficos • Técnicos operativos	La eficiencia de un sistema de recolección depende de la armonía entre algunos factores como, por ejemplo: la cantidad de RS, la capacidad de los vehículos recolectores, el número de trabajadores, el tamaño del sector y de las características de los RS.
(Rodríguez Guerra, 2022)	Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): análisis de una década de gestión en países de Europa y América	• Económicos • Demográficos	El investigador identificó que el incremento demográfico, el incremento económico, la expansión urbana y la relación entre ingreso per cápita y la generación de RS están vinculados directamente a economía lineal y la gestión de RS.
(Romero, 2024)	Gestión de residuos sólidos a escala global	• Demográficos • Socioeconómicos	Encontró que a generación de residuos sólidos está relacionada con el tamaño de la ciudad, el índice de desarrollo humano, el crecimiento poblacional y crecimiento económico.
(Asfaw et al., 2024)	Perceived social, economic, environmental and health effects of solid waste management	• Socioeconómicos • Ambientales • Gestión	El autor determinó que la población en estudio carece de prácticas de gestión de RS debido a la deficiencia en infraestructura y educación pública. Aunque los

practices in logia
town, afar, ethiopia

ciudadanos conocen de la importancia de una correcta gestión de RS, esta no se lleva a cabo en su entorno. Como resultado, se evidencian efectos ambientales, sociales y económicos para la comunidad por la deficiente gestión pública.

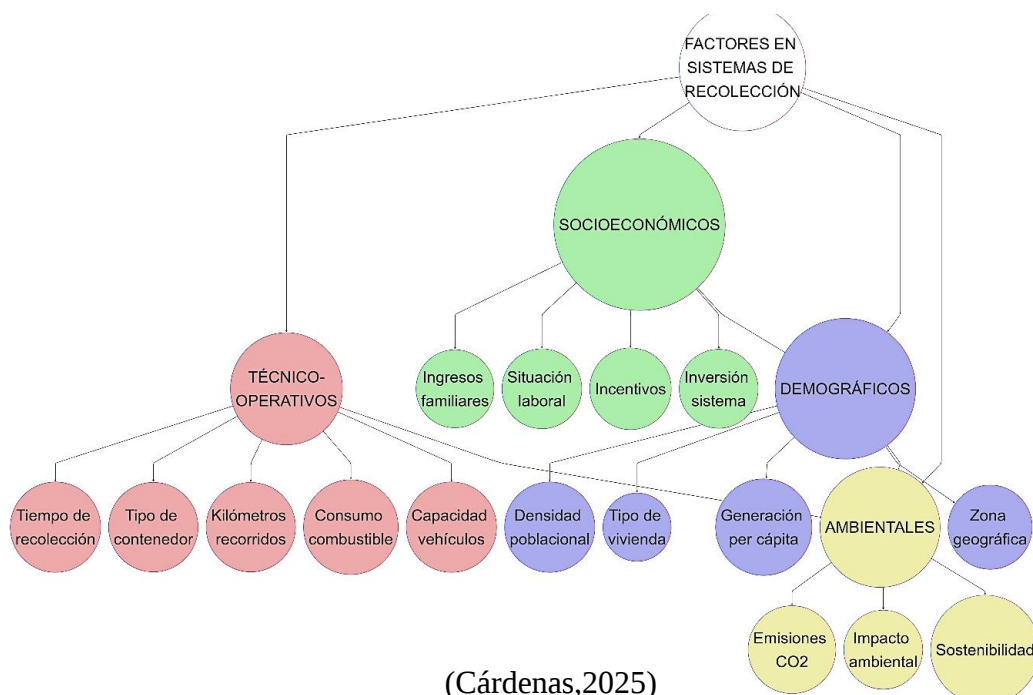
(Wang, 2024)	Evaluación social-económica de recicladores integrados en el sistema municipal de gestión de residuos sólidos: Un caso de Tianjin en China	Socioeconómicos	Halló que una integración de los recicladores al sistema municipal de gestión de RS permitiría reducir el gasto de gestión de RS por tonelada y además permitiría el análisis a largo plazo considerando no solo beneficios económicos sino también sociales.
(Chikowore, 2020)	Factors influencing household waste management practices in Zimbabwe	Sociodemográficos.	Encontró que los ingresos, la situación laboral, la ocupación y el género son algunos factores socioeconómicos que inciden en las prácticas de la gestión de RS domésticos.

(Cárdenas,2025)

Lo que podría representarse gráficamente de la siguiente manera:

Figura 1:

Factores en sistemas de recolección, identificados bibliográficamente.



(Cárdenas,2025)

En cuanto a la sostenibilidad económica de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe, se han desarrollado estructuras de costos del servicio y estimaciones de los recursos financieros necesarios para el cumplimiento de los Objetivos de desarrollo Sostenible. El BID estima preliminarmente que los recursos requeridos en la región para lograr una buena requieren un incremento progresivo de inversión, pasando de \$45/T en el año 2018, hasta \$68/T para el año 2030. De esta manera, considerando una familia tipo conformada por cuatro personas, el costo mensual por el servicio se estima en aproximadamente \$8.50 por vivienda, lo que representaría que los recursos necesarios para los 26 países clientes del BID equivaldrían al 0.2% del PIB.

El estudio de Pincay et al. (2023) estimó el costo del tratamiento de desechos sólidos para el GAD Sevilla de Oro, ubicado en la provincia de Azuay – Ecuador, Este estudio determinó que es fundamental que el GAD mantenga un control adecuado y detallado de la inversión realizada para prestar el servicio, así como la necesidad de contar con herramientas para estimar los gastos específicos, debido a que la administración tiene la responsabilidad de generar ingresos que permitan al menos la recuperación del costo. En este sentido, se realizó una estimación porcentual de costos asociados a la prestación del servicio público, donde la mano de obra directa e indirecta representa el 39% anualmente; el combustible y mantenimiento el 37%; las prendas de protección, suministros y herramientas el 8% y finalmente, la disposición final el 16%.

El plan de gestión integral municipal de residuos y desechos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios de Quito (2022-2032), realizó un estudio de costos de producción asociados a los diferentes servicios que presta la empresa EMGIRS EP. En dicho estudio encontró que la “Recolección, transporte y disposición final de residuos” genera pérdidas entre (-\$7.31 / T y -\$11.46 / T) debido a la tasa por servicio está ligada al consumo de energía eléctrica y la distribución de dicha tasa no corresponde a los costos reales de operación. Además, se identificó la inexistencia de un estudio técnico que defina el costo real del servicio.

Tabla 3:

Resumen de investigaciones sobre costos.

Año/ Autor	Costos
(BID, 2023)	\$45 / T - \$68 / T para el año 2030
(Ministerio del ambiente Perú, 2022).	Promedio de \$57 / T.
Pincay et al. (2023)	• Mano de obra directa e indirecta representa el 39% • Mantenimiento el 37%, • Prendas de protección, suministros y herramientas el 8% • Disposición final el 16%.
(Guerra et al., 2022).	(-\$7.31 / T y -\$11.46 / T) debido a la tasa por servicio está ligada al consumo de energía eléctrica.
(Cárdenas,2025)	

2.2. Fundamentación legal.

Desde el punto de vista legal, esta investigación se fundamenta en la Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 264, correspondiente al título V, que hace referencia a la organización territorial, aquí se establece que los gobiernos municipales tendrán la competencia de “prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezcan la ley” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

También se asocia con el COOTAD en su artículo 137, referente al ejercicio de competencia de prestación de servicios públicos, establece que las competencias de prestación de servicios como alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental las ejecutan los gobiernos autónomos descentralizados municipales, procurando que la provisión de estos servicios responda a los principios de solidaridad, obligatoriedad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad (COOTAD, 2019).

Y finalmente se alinea con regulación Nro. DIR-ARCA-RG-006-2017, de las municipalidades, donde se encuentra normativa para la estimación de costos previo a la fijación de tarifas. En su artículo 7 se establece que la estructura de costos de los servicios públicos básicos es la distribución ordenada de costos directos e indirectos relacionados a la prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento ambiental.

Capítulo III Metodología

3.1. Tipo de Investigación

Se propone para la investigación un diseño exploratorio. Se explorarán los diferentes aspectos relacionados con los sistemas de recolección de residuos sólidos urbanos más comunes, direccionado en los costos operativos que se encuentran asociados, así como la perspectiva social y ambiental.

3.2. Enfoque de la investigación

Esta investigación adopta un enfoque mixto (cuantitativo y comparativo), ya que se analiza numéricamente variables financieras, sociales y ambientales relacionadas con los dos sistemas de recolección de residuos sólidos. Con el objetivo de estimar, comparar y evaluar la sostenibilidad económica de ambos sistemas.

3.3. Área de estudio

Se desarrolló considerando una ciudadela prototípica con uso de suelo residencial como escenario de análisis para la simulación de los sistemas de recolección de residuos sólidos. La ciudadela está conformada por 54 manzanas regulares de 84.00m x 84.00m, configuradas por cuatro lados, con un promedio de siete viviendas residenciales por cada lado, de esta manera se garantiza uniformidad en la configuración y densidad del modelo.

Si bien la distribución física de la ciudadela se mantiene como estándar, la información poblacional, socioeconómica, urbanística y de generación de residuos sólidos son reales, considerando investigaciones previas de la **Tabla 1** para las localidades seleccionadas donde se supone se localiza la ciudadela prototípica, de esta manera se integra variables que permitan que el modelo sea representativo.

Es decir, el modelo prototípico funciona como escenario controlado y homogéneo, ya que los datos reales aseguran que los resultados de la simulación reflejen una estimación de la variabilidad y heterogeneidad de los contextos urbanos reales. Y, por otro lado, facilita el análisis de la recolección de residuos sólidos manipulando diversas variables, pero mantiene consistencia espacial y estructural del modelo prototípico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

Se emplearán varias técnicas e instrumentos como la revisión documental y bibliográfica sobre planes de gestión de residuos sólidos, ordenanzas municipales, investigaciones y literatura científica nacional e internacional. También se usarán hojas de cálculo propias para estimar los costos de cada sistema, considerando algunos parámetros o variables incontroladas que serán manipuladas, en la ciudadela prototípica que ya se describió. Finalmente se aplicará encuestas dirigidas a usuarios del sistema de recolección de contenedores con preguntas cerradas para evaluar la percepción ciudadana, considerando un análisis multicriterio (AHP) para estimar un índice de gestión de residuos sólidos (INGERSU) sobre sostenibilidad ambiental y social.

3.5. Instrumentos y técnicas para el procesamiento de datos

El procesamiento de los datos se realizará en hojas de cálculo electrónicas diseñadas para simular los dos sistemas de recolección, asignar recursos, estimar los costos y definir indicadores como dólares por tonelada y dólares por kilómetro. Los resultados se representan en gráficos y tablas, en cuanto al análisis de sostenibilidad social y ambiental igualmente se empleará hojas electrónicas, los datos serán procesados estadísticamente para obtener porcentajes, ponderaciones y estimar el índice de gestión de residuos sólidos considerando la perspectiva de los ciudadanos. Para ello se aplicará las fórmulas y supuestos que se encuentran en el (**Anexo 1**).

3.6. Población y muestra.

El muestreo es del tipo no probabilístico por conveniencia, debido al acceso de investigaciones previas sobre caracterización de residuos sólidos en poblaciones de varios tamaños. Estas investigaciones fueron desarrolladas utilizando métodos de caracterización urbanística y socioeconómica para poblaciones menores a 150 000 habitantes, así como las técnicas de muestreo y caracterización de residuos sólidos para poblaciones menores que 150 000 habitantes, según lo planteado por (Arellano & Montoya Gavilanes, 2013).

Rangos poblacionales.

Para este estudio se seleccionó 4 ciudades de diferente tamaño poblacional considerando la clasificación de Arellano et al. (2018) de la siguiente manera:

Tabla 4:

Rangos poblacionales establecidos.

	Rango 1	Rango 2	Rango 3	Rango 4
Número de habitantes	Menores a 500	Entre 500 y 8 000	Entre 8 000 y 30 000	Entre 30000 y 150000

(Arellano et al., 2018)

Localidades con información disponible.

En la **Tabla 5**, se presentan localidades del Ecuador que sí cuentan con estudios previos. Estas han sido clasificadas según los rangos poblacionales de la **Tabla 4**.

Tabla 5:

Localidades con estudios previos de caracterización de residuos sólidos.

Localidad	Rango de población	Población
PENIPE	Rango 2	2089
SAN LUIS	Rango 2	1926
LAS NAVES	Rango 2	1984
CEVALLOS	Rango 2	2501
CHAMBO	Rango 2	4639
GUAMOTE	Rango 2	3762
PRIORATO	Rango 3	9643
BAÑOS	Rango 3	12292
PUERTO AYORA	Rango 3	12696
GUANO-LA MATRIZ	Rango 3	13576
TENA	Rango 3	23307
GUARANDA	Rango 3	23874
MACAS	Rango 3	27084
OTAVALO	Rango 4	44536
RIOBAMBA	Rango 4	146324

(Cárdenas,2025)

El tamaño poblacional será considerado como una variable vinculada al costo del sistema de recolección de residuos sólidos. Por lo tanto, el estudio sobre las estructuras de costos se realizará considerando 4 ciudades distribuidas en diferentes rangos poblacionales.

Sin embargo, se hará una excepción en el rango 2, seleccionando dos localidades en este rango debido a la ausencia de información disponible para el rango poblacional 1.

En consecuencia, este estudio se centra en las localidades de Penipe, Guamote, Guaranda y Riobamba como se muestra a continuación:

Tabla 6:

Localidades seleccionadas según el tamaño poblacional.

Localidad	Rango de población	Población
PENIPE	Rango 2	2089
GUAMOTE	Rango 2	3762
GUARANDA	Rango 3	23874
RIOBAMBA	Rango 4	146324

(Cárdenas,2025)

Cabe mencionar que Penipe, Guamote y Riobamba pertenecen a la provincia de Chimborazo y se ubican en la región sierra, mientras que Guaranda, aunque también se sitúa en la región sierra, pertenece a la provincia de Bolívar.

Para la aplicación de la encuesta socio-ambiental mencionada, la muestra responde a la fórmula para población finita. Considerando que se aplicará en la ciudad de Riobamba, se estimó una muestra mínima de 118 personas, como se muestra a continuación.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

N=146332

Z= 1.96

p=0.5

e=0.09

$$n= 118$$

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados.

4.1. Factores que intervienen en un sistema de recolección puerta a puerta y los sustentos teóricos.

La **Tabla 7** muestra los factores que fueron manipulados en la investigación para analizar su influencia, considerando que, para Arellano et al. (2024), estos factores son de naturaleza demográfica y socioeconómica.

Tabla 7:

Factores que intervienen en un sistema de recolección de residuos sólidos.

0.0 INFORMACIÓN GEOGRÁFICA						
	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE	UNIDAD	TIPO DE FACTOR
1.0 DATOS URBANÍSTICOS						
1.1 Promedio de personas por familia	4.94	4.16	4.13	2.80	(hab/vivienda)	INCONTROLADO
1.2 Viviendas por lado de la manzana	7.00	7.00	7.00	7.00	-	CONTROLADO
1.3 Lados de manzana	4.00	4.00	4.00	4.00	-	CONTROLADO
NÚMERO DE PERSONAS POR MANZANA	138.32	116.57	115.50	78.40	(hab/mz)	INCONTROLADO
2.0 DATOS DE PRODUCCIÓN Y DENSIDAD DE RSU						
2.1 PPC residencial	0.65	0.59	0.48	0.38	(KG/HAB/DIA)	INCONTROLADO
2.2 cd	3.77	3.77	3.77	3.77	-	CONTROLADO
2.3 Densidad suelta	233.25	186.58	205.49	212.52	(kg/m3)	INCONTROLADO
3.0 DATOS REFERENTES AL EQUIPO DE RECOLECCIÓN						
3.1 Densidad de compactación en el Recolector 400-500	450	450	450	450	(kg/m3)	CONTROLADO
3.2 Capacidad del recolector (10-12-14-15-19)	12	12	12	12	(m3)	CONTROLADO
3.4 Velocidad recolección dentro ciudad 6-10 (km/h)	6	6	6	6	(km/h)	CONTROLADO
Velocidad recolectora fuera del sector de recolección 20-50 (km/h)	50	50	50	50	(km/h)	CONTROLADO
3.6 Velocidad de transporte dentro de la ciudad <=50 (km/h)	40	40	40	40	(km/h)	CONTROLADO

		RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE	UNIDAD	TIPO DE FACTOR
3.7	Velocidad de recolector fuera de la ciudad 50-90 (km/h) vacío	70	70	70	70	(km/h)	CONTROLADO
3.8	Velocidad de recolector fuera de la ciudad 50-90 (km/h) lleno	50	50	50	50	(km/h)	CONTROLADO
4.0 DATOS REFERENTES A LA DESCARGA DE RSU							
4.1	Tiempo descarga dentro de Relleno Sanitario 20-40 (minutos)	20	20	20	20	(min)	CONTROLADO
5.0 DATOS REFERENTES A LAS DISTANCIAS RECORRIDAS							
5.1	Distancia desde el estacionamiento hasta la ciudadela (km)	3.10	2.20	5.20	0.50	Km	INCONTROLADO
5.2	Longitud de regreso	1.274	1.274	1.274	1.274	km	CONTROLADO
6.0 DATOS REFERENTES A LA JORNADA LABORAL							
6.1	Hora de entrada (h)	7	7	7	7	hora	CONTROLADO
6.2	Hora de salida (h)	15	15	15	15	hora	CONTROLADO
6.3	Tiempo para almuerzo (h)	1	1	1	1	hora	CONTROLADO
	TIEMPO DISPONIBLE (Horas)	7	7	7	7	hora	
7.0 DATOS REFERENTES A LAS RUTAS DE RECOLECCIÓN							
7.1	Longitud ruta 1 de recolección	5.03	5.03	5.03	5.03	km	CONTROLADO
7.2	Distancia desde la ruta 1 al relleno sanitario	8.5	6.9	10.5	23.2	km	INCONTROLADO
7.3	Longitud ruta 2 recolección (km)	4.21	4.21	4.21	4.21	km	CONTROLADO
7.4	Distancia desde la ruta 2 al relleno Sanitario (km)	8.5	6.9	10.5	23.2	km	INCONTROLADO
7.5	Longitud ruta 3 recolección (km)	6.62	6.62	6.62	6.62	km	CONTROLADO
7.6	Distancia desde la ruta 3 al relleno Sanitario (km)	8.5	6.9	10.5	23.2	km	INCONTROLADO

(Cárdenas,2025)

De la **Tabla 7**, se tiene que los factores manipulados (factores incontrolados) en la simulación son 8, entre los que se encuentran el promedio de personas por vivienda, el número de personas por manzana, la producción per cápita de RS ponderada, la densidad suelta de los RS, y las distancias relacionadas a las rutas de recolección. Esto permitió identificar la variación en cuanto a la producción y manejo de residuos sólidos en un entorno real para las 4 localidades.

La **Tabla 8** muestra los resultados sobre producción máxima de residuos sólidos al día, volumen de residuos sólidos compactados al día y el número de manzanas al día que recogería o atendería un recolector de 12 m³, el número de viajes que realizaría el camión recolector, así como el tiempo total de trabajo y la distancia total recorrida por el recolector para las 4 localidades en estudio, ordenadas de forma descendente de izquierda a derecha en función a la población.

Tabla 8:

Resultados considerando la simulación con el plan de recolección puerta a puerta.

RESULTADOS/CIUDAD	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE	
Producción máxima RRSS/día	338.95	259.29	209.01	112.32	(kg/día/mz)
RRSS compactados	0.75	0.58	0.46	0.25	(m ³ /día-mz)
Número manzanas/día que recogería 1 recolector (12m ³)	15.93	20.83	25.84	48.08	(mz/día)
Número de viajes necesarios	3.00	3.00	2.00	1.00	-
Tiempo total de trabajo	5.24	4.94	4.89	4.85	hora
Distancia total recorrida por el camión.	65.83	56.03	59.03	64.53	Km

(Cárdenas,2025)

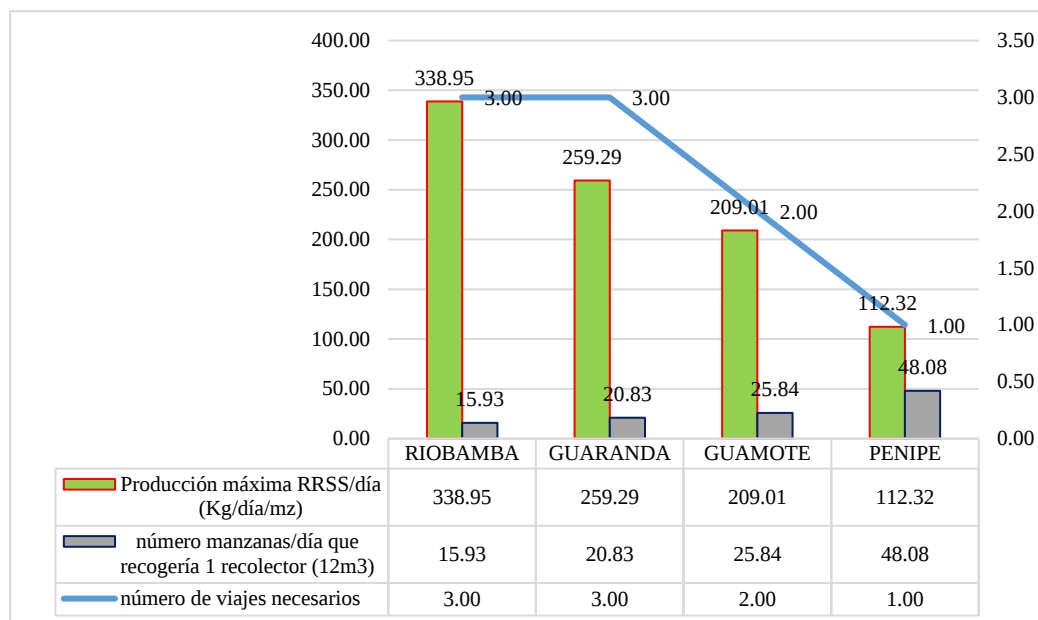
Se realizó la simulación de la recolección de residuos sólidos residenciales para una ciudadela prototípica, conformada de 54 manzanas, con una distribución física uniforme como se muestra en el (**Anexo 2**), la cual está localizada en cada una de las 4 ciudades, para identificar la influencia de estos factores en el sistema de recolección puerta a puerta.

Al manipular los factores incontrolados se encontró algunas relaciones, como se muestra en la **Figura 2**.

La **Figura 2** muestra la relación entre la producción máxima diaria, numero de manzanas atendidas y número de viajes necesarios.

Figura 2:

Relación entre producción máxima diaria, número de manzanas atendidas y número de viajes necesarios.



(Cárdenas,2025)

Riobamba presentó la mayor producción máxima diaria de residuos sólidos por manzana, alcanzando los 338.95 kg/día, le siguen Guaranda con 259.29 kg/día, Guamote con 209.01 Kg/día y Penipe con 112.32 Kg/día. Estos resultados coinciden con la investigación de Romero (2024) quien determinó que la generación de RS está vinculada al tamaño de la ciudad, el crecimiento poblacional y el crecimiento económico. Asimismo, se relacionan con los hallazgos de (Ali & Ahmad, 2019), quienes identificaron que el crecimiento poblacional, el estilo de vida y la expansión urbana influyen en la generación de RS.

- Estas diferencias estarían directamente relacionadas con factores como el número de personas por manzana, la producción per cápita de RSU y el coeficiente de máxima producción diaria de RSU (Cd), porque al manipular estos factores se produjo cambios significativos.

El número de manzanas atendidas mostró una relación inversamente proporcional con la producción máxima de RRSS y con el número de viajes necesarios. Riobamba presentó el menor valor con 15.93 mz/día, seguido por Guaranda con 20.83 mz/día, mientras que Guamote presentó un valor de 25.84 mz/día y finalmente Penipe registró el valor más

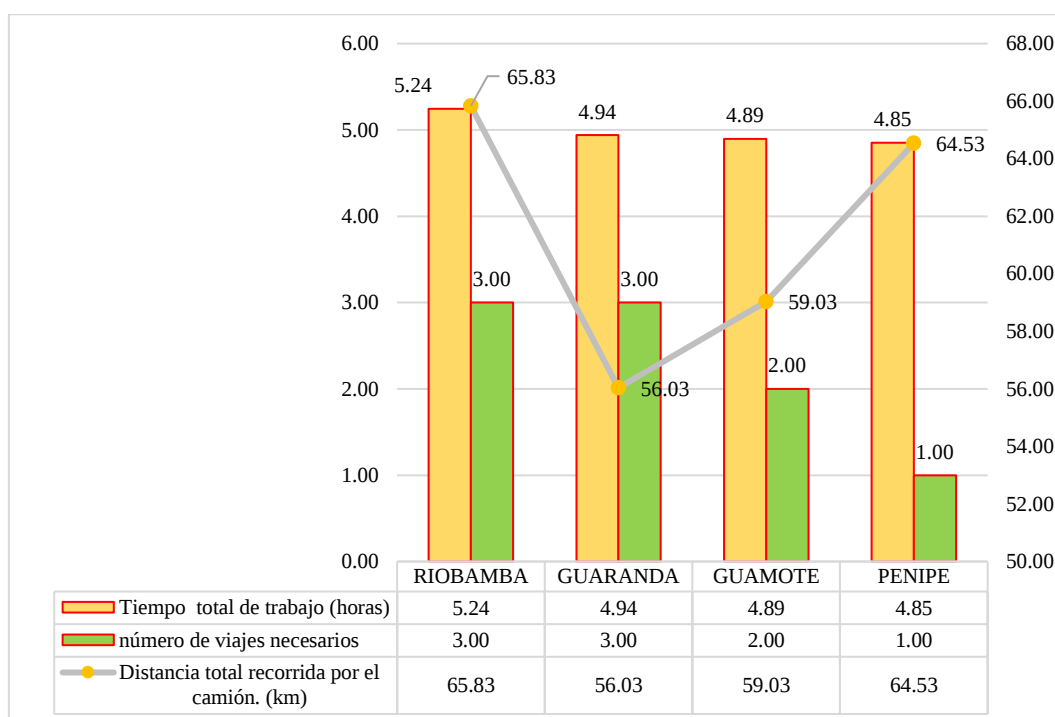
alto, alcanzando las 48.08 mz/día. Estos resultados se relacionan con el estudio de Niño et al. (2023) quienes destacan que la cobertura del servicio de recolección se ve limitada por la obsolescencia y capacidad de los equipos, la participación de los ciudadanos y la cantidad de residuos sólidos.

- Estos resultados reflejan que una ciudad con mayor población, y generación de RS como Riobamba requiere más camiones recolectores, mientras que una localidad pequeña como Penipe que necesitaría menos camiones recolectores o cambiarlos por vehículos de menor capacidad para optimizar recursos.

La **Figura 3**, muestra las relaciones identificadas respecto al tiempo de trabajo, número de viajes necesarios y distancia total recorrida por el camión recolector.

Figura 3:

Relación entre el tiempo de trabajo, número de viajes necesarios y distancia total recorrida por el camión recolector.



(Cárdenas,2025)

Se evidencia una correlación entre el tiempo de recolección, la cantidad de viajes necesarios y la distancia recorrida por el recolector, influenciada por la distancia al relleno sanitario. En este sentido Morán et al. (2024) identificaron que factores operativos como el número de viajes, el tiempo empleado y kilómetros recorridos permiten evaluar la eficiencia del sistema e influye directamente en los costos del servicio.

Riobamba tiene el mayor tiempo de trabajo (5.24 Horas) debido a la combinación de una mayor distancia recorrida (65.83 Km) y un mayor número de viajes (3). En contraste, Guaranda tiene un tiempo menor (4.94 Horas) y el mismo número de viajes (3), pero con una distancia menor (56.03 Km), evidenciando así la ventaja de tener una proximidad al relleno sanitario. Por otro lado, Guamote alcanza (4.89 Horas) realizando menos viajes que Guaranda y Riobamba, pero recorre una distancia intermedia de (59.03 km). Finalmente, Penipe mantiene el tiempo más bajo debido a que recorre una distancia significativa pero solamente hace un solo viaje.

Estos resultados destacan la influencia directa de las rutas de recolección y la distancia hacia los rellenos sanitarios, destacando la importancia de optimizar las rutas para mejorar la eficiencia del sistema de recolección. Por lo tanto, se podría decir que en los sistemas de recolección de residuos sólidos intervienen factores operativos.

4.2. Factores que intervienen en un sistema de recolección por almacenamiento temporal.

De la misma manera que para el sistema de recolección puerta a puerta, para el sistema de almacenamiento temporal se consideró los factores incontrolados de la **Tabla 7**.

La **Tabla 9** contiene el peso máximo de residuos sólidos al día, el volumen de residuos sólidos al día, el volumen del contenedor considerado y el número de contenedores necesarios para cada localidad.

Tabla 9:

Resultados considerando la simulación con el plan de recolección mediante contenedores.

Resultados/Ciudad	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE	
Peso máximo de RRSS/DÍA (kg/día)	18303.47	14001.88	11286.48	6065.06	(kg/día)
Volumen de residuos (m3/día)	78.47	75.04	54.92	28.54	m3/día
Volumen del contenedor (m3)	1.6	1.6	1.6	1.6	m3
Número de contenedores (U)	49	47	34	18	U

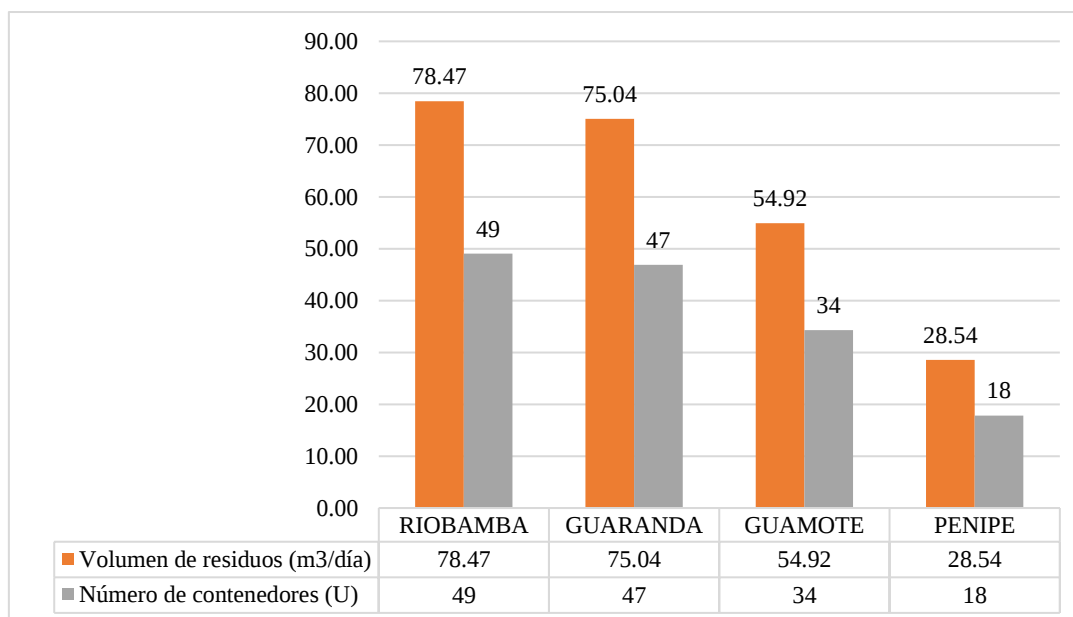
(Cárdenas, 2025)

En la **Tabla 9** se observa que el peso máximo de residuos al día es proporcional a la generación de residuos sólidos, por lo que Riobamba alcanza los 18303.47 Kg/día, Guaranda 14001.88 Kg/día, Guamote 11286.48 Kg/día y Penipe 6065.06 Kg/día.

La **Figura 4** identifica el volumen diario de residuos sólidos (m3/día) y el número de contenedores de capacidad 1.6 m3 para las cuatro localidades.

Figura 4:

Relación entre el volumen de residuos sólidos al día (m³/día) y número de contenedores



(Cárdenas, 2025)

En la **Figura 4** se identifica que existe una relación proporcional entre el volumen de residuos y el número de contenedores, a medida que existe mayor volumen de residuos se necesita más contenedores. Para la ciudadela situada en Riobamba se produce 78.47 m³/día y necesita de 49 contenedores, Guaranda presenta 75.04 m³/día y necesita 47 contenedores, Guamote 54.94 m³/día y necesita 34 contenedores, y finalmente Penipe con 28.54 m³/día necesita 18 contenedores.

Estos resultados guardan relación con la guía de gestión de residuos sólidos de Toro et al. (2021) donde mencionan que el número de contenedores se calculará en función al tamaño del contenedor, la frecuencia de recolección, cantidad de residuos sólidos que se genera diariamente, entre otros. Por lo tanto, los resultados indican que en un sistema de recolección puerta a puerta y por contenedores intervienen factores que podrían clasificarse así:

- Demográficos (Promedio de personas por vivienda y número de personas por manzana).
- Socioeconómicos (Producción per cápita de residuos sólidos y densidad suelta de residuos sólidos)
- Técnico Operativos (Distancias relacionadas a las rutas de recolección)

4.3. Estructura comparativa de costos en una hoja de cálculo.

La **Tabla 10** muestra los resultados sobre la estimación de los costos diarios para el sistema de recolección puerta a puerta en las localidades de Riobamba, Guaranda, Guamote y Penipe, especificando los valores monetarios y la respectiva participación porcentual clasificados en tres categorías principales: costos directos, indirectos y otros gastos.

Los costos directos representan la mayor participación, ya que supera el 86% en todas las localidades, mientras que la participación de los costos indirectos es menor y oscila entre el 10.91% y 11.03%. Por otro lado, otros gastos se encuentran entre el 2.18% y 2.21%

El costo total diario de operación para la recolección de residuos sólidos varía ligeramente entre las localidades, donde Riobamba presenta el costo más alto con \$338.17 y Penipe el más bajo con \$334.44.

4.3.1. Estructura de costos para el sistema de recolección puerta a puerta.

Tabla 10:

Estructura de costos para el sistema de recolección puerta a puerta

COSTEO PARA EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN PUERTA A PUERTA	\$/DIA				PARTICIPACION (%)			
	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE
1.0 COSTOS DIRECTOS	\$293.91	\$291.19	\$292.02	\$290.18	86.91%	86.80%	86.84%	86.76%
1.1 MANO DE OBRA	\$117.99	\$117.99	\$117.99	\$117.99	34.89%	35.17%	35.09%	35.28%
1.2 CAMIÓN RECOLECTOR	\$168.70	\$165.98	\$162.82	\$164.97	49.89%	49.48%	49.60%	49.33%
1.2.1 DEPRECIACIÓN	\$62.32	\$62.32	\$62.32	\$62.32	18.43%	18.58%	18.53%	18.63%
1.2.2 MANTENIMIENTO	\$14.33	\$14.33	\$14.33	\$14.33	4.24%	4.27%	4.26%	4.29%
1.2.3 COMBUSTIBLE	\$14.61	\$12.44	\$13.10	\$14.32	4.32%	3.71%	3.90%	4.28%
1.2.4 LLANTAS	\$3.63	\$3.09	\$3.26	\$3.56	1.07%	0.92%	0.97%	1.07%
1.2.5 LUBRICANTES	\$27.53	\$27.53	\$27.53	\$24.16	8.14%	8.21%	8.19%	7.22%
1.2.6 REPUESTOS	\$46.27	\$46.27	\$46.27	\$46.27	13.68%	13.79%	13.76%	13.84%

	\$/DIA				PARTICIPACION (%)			
	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE
1.3 SUMINISTROS OPERATIVOS DEL PERSONAL	\$7.21	\$7.21	\$7.21	\$7.21	2.13%	2.15%	2.14%	2.16%
1.3.1 UNIFORMES	\$6.97	\$6.97	\$6.97	\$6.97	2.06%	2.08%	2.07%	2.08%
1.3.2 HERRAMIENTA MENOR EVENTUAL	\$0.24	\$0.24	\$0.24	\$0.24	0.07%	0.07%	0.07%	0.07%
2.0 COSTOS INDIRECTOS	\$36.89	\$36.89	\$36.89	\$36.89	10.91%	11.00%	10.97%	11.03%
2.1 MANO DE OBRA INDIRECTA	\$20.78	\$20.78	\$20.78	\$20.78	6.14%	6.19%	6.18%	6.21%
2.2 FINANCIAMIENTO	\$9.63	\$9.63	\$9.63	\$9.63	2.85%	2.87%	2.87%	2.88%
2.3 SEGUROS	\$6.32	\$6.32	\$6.32	\$6.32	1.87%	1.89%	1.88%	1.89%
2.4 MATERIALES Y ÚTILES DE OFICINA	\$0.15	\$0.15	\$0.15	\$0.15	0.04%	0.05%	0.05%	0.05%
3.0 OTROS GASTOS	\$7.38	\$7.38	\$7.38	\$7.38	2.18%	2.20%	2.19%	2.21%
3.1 SEGURIDAD Y PUBLICIDAD	\$7.38	\$7.38	\$7.38	\$7.38	2.18%	2.20%	2.19%	2.15%
Total	\$338.17	\$335.46	\$336.29	\$334.44	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Nota. El símbolo monetario “\$” corresponde al dólar estadounidense (USD)

(Cárdenas,2025)

Existe poca variación en los costos totales en las cuatro localidades, esto se debe al enfoque uniforme en la asignación de recursos y la búsqueda de una revisión operativa en la etapa de recolección. Por ejemplo, en la mano de obra directa se consideró dos personas además del chofer del camión recolector, siguiendo la recomendación de la CEPAL.

Sin embargo, en el camión recolector, existen diferencias en los costos asociados al combustible y llantas, los cuales demuestran las diferencias operativas, debido a las particularidades de cada localidad, según el diseño de la **Tabla 8**.

Estas diferencias operativas están relacionadas con las rutas de recolección, ya que el consumo de combustible depende de las distancias recorridas y el desgaste de las llantas depende de los kilómetros recorridos y las condiciones de las rutas. En este sentido es fundamental identificar oportunidades de optimización y ajustes en las rutas de recolección, según los resultados obtenidos.

Los costos asociados a la depreciación y mantenimiento del camión recolector permanecen constantes debido a la estandarización del camión tipo de 12.00 m³ de capacidad en la simulación, el cual se estima tendrá una vida útil de cinco años y el costo de mantenimiento estará en función a la depreciación. De esta manera, este enfoque asegura una estabilidad en los costos y permite una asignación predecible en el tiempo, independientemente de las diferencias administrativas entre las localidades.

Asimismo, los costos de uniformes y herramienta menor eventual se asignaron de manera homogénea entre las localidades lo que garantiza la igualdad en la provisión de recursos básicos.

Los costos indirectos y otros gastos también se mantienen iguales para las cuatro localidades con el fin de reducir sesgos y mantener uniformidad. Así también, rubros como el financiamiento, los seguros y los materiales de oficina fueron considerados constantes, lo que permitió que el costeo se relacione con factores operativos.

En este sentido el análisis de la simulación se enfoca en la parte operativa y no busca un análisis que incluya de forma exhaustiva la parte administrativa debido a la variabilidad de organización de cada empresa o GAD en la gestión integral de RSU.

En la **Tabla 11** se ejemplifica un flujo de caja mensualizado, considerando los egresos operativos generados para la ciudadela prototípica localizada en Riobamba, asimismo se considera los ingresos generados por la tasa de recolección.

Tabla 11:
Flujo de caja mensualizado.

	EGRESOS												
	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
SALARIOS MANO DE OBRA DIRECTA	\$0.00	\$2101.71	\$2101.71	\$2101.71	\$2101.71	\$2101.71	\$2101.71	\$2101.71	\$3511.71	\$2101.71	\$2101.71	\$2101.71	\$3789.79
CAMION RECOLECTOR													
ADQUISICION	\$105580.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
MANTENIMIENTO	\$0.00	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72	\$1495.72
COMBUSTIBLE	\$0.00	\$350.65	\$350.65	\$350.65	\$350.65	\$350.65	\$350.65	\$350.65	\$350.65	\$350.65	\$350.65	\$350.65	\$350.65
LLANTAS	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
LUBRICANTES	\$0.00	\$660.63	\$660.63	\$660.63	\$660.63	\$660.63	\$660.63	\$660.63	\$660.63	\$660.63	\$660.63	\$660.63	\$660.63
REPUESTOS	\$0.00	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57	\$1110.57
SUMINISTROS OPERATIVOS DEL PERSONAL													
UNIFORMES	\$384.00	\$84.00	\$84.00	\$284.00	\$84.00	\$84.00	\$384.00	\$84.00	\$84.00	\$284.00	\$84.00	\$84.00	\$384.00
HERRAMIENTA MENOR EVENTUAL	\$69.17	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
COSTOS INDIRECTOS													
MANO DE OBRA INDIRECTA	\$0.00	\$371.13	\$371.13	\$371.13	\$371.13	\$371.13	\$371.13	\$371.13	\$508.21	\$371.13	\$371.13	\$371.13	\$669.24
FINANCIAMIENTO	\$0.00	\$231.23	\$231.23	\$231.23	\$231.23	\$231.23	\$231.23	\$231.23	\$231.23	\$231.23	\$231.23	\$231.23	\$231.23
SEGUROS	\$0.00	\$151.77	\$151.77	\$151.77	\$151.77	\$151.77	\$151.77	\$151.77	\$151.77	\$151.77	\$151.77	\$151.77	\$151.77
MATERIALES Y UTILES DE OFICINA	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
SEGURIDAD Y PUBLICIDAD	\$2125.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
	INGRESOS												
TASA DE RECOLECCIÓN	\$0.00	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88	\$3764.88
	TOTAL												
EGRESOS-INGRESOS	-\$108158.17	-\$2792.53	-\$2792.53	-\$2992.53	-\$2792.53	-\$2792.53	-\$3092.53	-\$2792.53	-\$4339.62	-\$2992.53	-\$2792.53	-\$2792.53	-\$5078.72
INGRESOS / EGRESOS	0.00%	54.90%	57.41%	55.71%	57.41%	57.41%	54.90%	57.41%	46.45%	55.71%	57.41%	57.41%	42.57%

(Cárdenas,2025)

En la **Tabla 11**, se muestra un flujo de caja basado en la estimación de ingresos mensuales provenientes de la tasa por recolección de residuos sólidos, la cual en el contexto del ejemplo para la localidad de Riobamba se encuentra anexada a la planilla de agua potable, considerando un valor promedio de recaudación de 2.49 dólares por vivienda.

Para la estimación de ingresos se consideró la ciudadela prototípica del (**Anexo 2**) conformada por manzanas uniformes de 4 lados con un promedio de 7 viviendas por lado, lo que representa un total de 1512 viviendas. Es decir, una recaudación de 3764.88 dólares por mes. Estos resultados evidencian que los ingresos generados por la tasa no alcanzaran a cubrir los costos, registrándose un déficit promedio mensual cercano al 45%. Esto indica que posiblemente se requiera un ajuste en la tasa de recolección o ampliar la cobertura para alcanza el punto de equilibrio.

En este sentido LA PRENSA (2025) menciona que los verdaderos costos de la gestión de residuos sólidos en el cantón Riobamba superan ampliamente lo recaudado por concepto de tasa por recolección de residuos sólidos, considerando que debe ser revisada y ajustada. Otros estudios como el de Aguirre & Ortega (2022) encontraron que los ingresos y los costos operativos de 10 ciudades, presentan déficit de hasta el 60% e incorporan subsidios para hacer sostenibles a los sistemas de recolección, y solamente ciertas ciudades como Cuenca, Duran y Daule presentan un superávit relativamente bajo. Por lo tanto, el déficit identificado en la simulación demuestra que en realidad la tasa por recolección si debería ser revisada. En el caso de la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC EP) genera ingresos extras mediante la comercialización de Compost y Humus, además de plantas de jardín.

Para el caso de las otras localidades como Guaranda, Guamote y Penipe el flujo de caja sería similar, sin embargo, los ingresos serán diferentes. Para el caso de Guaranda y Penipe la recaudación está ligada a la planilla de consumo de energía eléctrica, mientras que en Guamote mediante ordenanza N.º. 036-GADMCG-2022 se cobra 0.6 dólares y el GAD subsidia 5.6 dólares.

La **Tabla 12** muestra indicadores operativos y económicos del sistema de recolección puerta a puerta en las 4 localidades. Se detalla información como la cantidad de residuos recolectados expresado en Kg/día, la distancia promedio recorrida en Km/día, y el tiempo diario de operación en h/día. Adicionalmente se presenta indicadores que reflejan la operación del sistema en términos de dólares por tonelada, que oscila en un rango entre (18.48 y 56.47) dólares por kilómetro recorrido respectivamente.

Tabla 12:

Indicadores operativos y económicos del sistema de recolección puerta a puerta por localidad.

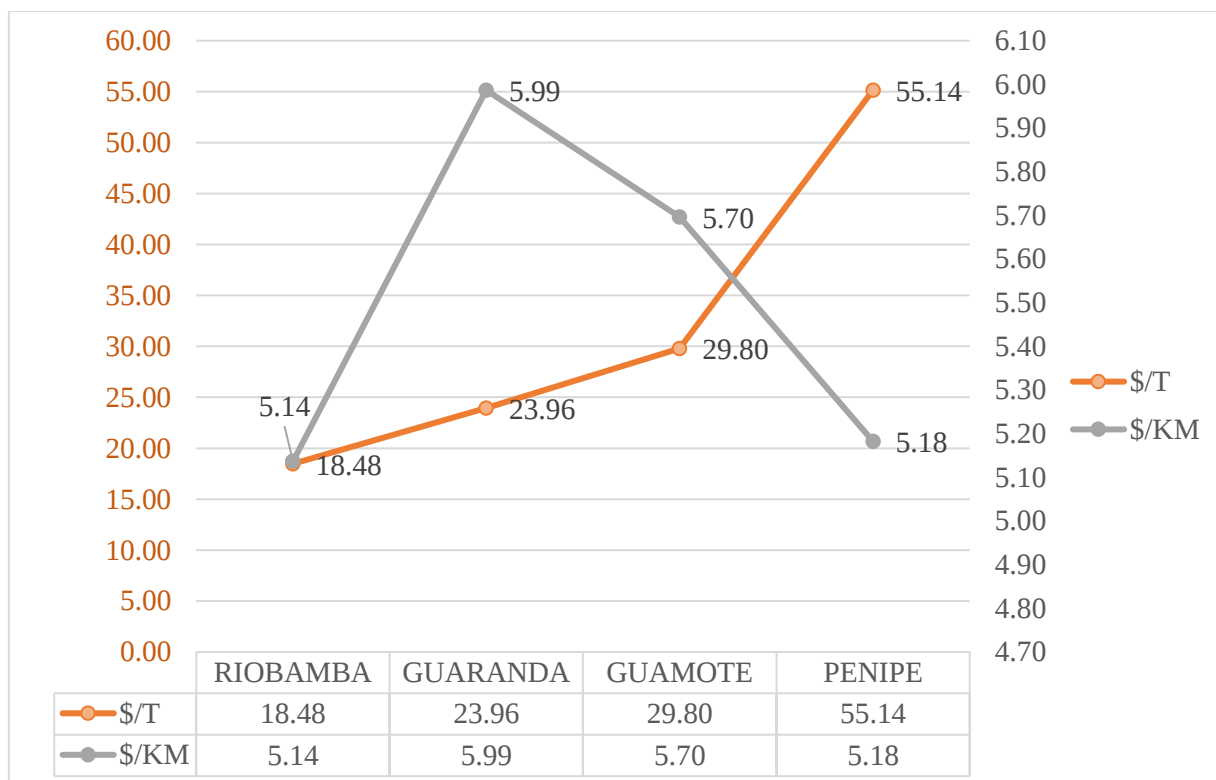
Localidad	Kg/día	Km/día	h/día	\$/T	\$/Km	\$/h
RIOBAMBA	18303.47	65.83	5.24	18.48	5.14	64.50
GUARANDA	14001.88	56.03	4.94	23.96	5.99	67.91
GUAMOTE	11286.48	59.03	4.89	29.80	5.70	68.71
PENIPE	6065.06	64.53	6.10	55.14	5.18	54.86

Nota. El símbolo monetario “\$” corresponde al dólar estadounidense (USD)

(Cárdenas, 2025)

Figura 5:

Indicador dólares por tonelada recolectada (\$/T) y dólares por kilómetro recorrido \$/km, considerando el sistema puerta a puerta.



Nota. El símbolo monetario “\$” corresponde al dólar estadounidense (USD)

(Cárdenas, 2025)

La **Figura 5** muestra que el indicador dólares por tonelada tiene una relación inversamente proporcional al tamaño de la localidad. Esto sugiere probablemente que, en las localidades más grandes como Riobamba los recursos asignados se optimizan de manera eficiente debido a mayores volúmenes de RS generados y recolectados, provocando el menor costo por tonelada (\$18.48). En contraste, en localidades pequeñas, como Penipe, donde el costo por tonelada asciende a \$55.14 por tonelada, la menor generación de RS provoca una subutilización de los recursos asignados, incrementando proporcionalmente el costo unitario.

Según algunos informes técnicos del Banco Interamericano de Desarrollo BID (2023), los costos por recolección de residuos sólidos en la zona urbana de países latinoamericanos rondan los \$24.70 por tonelada, siendo mayor en los sectores rurales. Las diferencias observadas en este estudio pueden atribuirse probablemente a particularidades consideradas para cada localidad en las simulaciones.

En la **Figura 5** también se presenta el indicador dólares por Kilómetro, el cual varía entre \$5.14 / Km para Riobamba y \$5.99 / Km para Guaranda, observándose poca diferencia entre las demás localidades. Aunque este indicador podría mostrar una tendencia inversamente proporcional al tamaño de la localidad a excepción de Riobamba, es importante considerar que los kilómetros recorridos por los camiones son una estimación, y que en condiciones reales este valor estaría directamente relacionado con las rutas recorridas.

Por lo tanto, esta escasa variabilidad en el costo por kilómetro puede explicarse por un fenómeno de compensación: Donde las distancias recorridas diariamente por los camiones recolectores se ajustan de acuerdo con el número de viajes y la ubicación del relleno sanitario, lo que tiende a equilibrar los costos, independientemente del tamaño de la localidad.

4.3.2. Estructura de costos para el sistema de recolección con contenedores.

La **Tabla 13** muestra los resultados sobre la estimación de los costos diarios para un sistema de recolección utilizando contenedores en cuatro localidades mencionadas anteriormente, especificando los valores monetarios y la respectiva participación porcentual, clasificados en tres categorías principales: Costos directos, indirectos y otros gastos.

Los costos directos representan la mayor participación de los costos, superando el 86% en todas las localidades, estos costos incluyen mano de obra directa, camión recolector, contenedor y suministros operativos del personal. Los costos indirectos oscilan entre el 11.30% y 12.22% con la mano de obra indirecta, la financiación y seguros.

El costo total diario varía entre las localidades, donde Riobamba presenta el costo más alto con \$619.74, Guaranda \$614.10, Guamote \$597.75 y Penipe el más bajo con \$573.93.

Tabla 13:
Estructura de costos para el sistema de recolección mediante contenedores

Costeo para el sistema de recolección mediante contenedores	\$/DIA				PARTICIPACION (%)			
	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE
1.0 COSTOS DIRECTOS	\$542.31	\$536.67	\$520.31	\$495.93	87.51%	87.39%	87.05%	86.50%
1.1 MANO DE OBRA	\$49.93	\$49.93	\$49.93	\$49.93	8.06%	8.13%	8.35%	8.71%
1.2 CAMIÓN RECOLECTOR	\$424.18	\$421.46	\$422.29	\$420.44	68.44%	68.63%	70.65%	73.33%
1.2.1 DEPRECIACIÓN	\$191.84	\$191.84	\$191.84	\$191.84	30.95%	31.24%	32.09%	33.46%
1.2.2 MANTENIMIENTO	\$44.12	\$44.12	\$44.12	\$44.12	7.12%	7.19%	7.38%	7.70%
1.2.3 COMBUSTIBLE	\$14.61	\$12.44	\$13.10	\$14.32	2.36%	2.03%	2.19%	2.50%
1.2.4 LLANTAS	\$3.63	\$3.09	\$3.26	\$3.56	0.59%	0.50%	0.55%	0.62%
1.2.5 LUBRICANTES	\$27.53	\$27.53	\$27.53	\$24.16	4.44%	4.48%	4.61%	4.21%
1.2.6 REPUESTOS	\$142.44	\$142.44	\$142.44	\$142.44	22.98%	23.20%	23.83%	24.84%

	\$/DIA				PARTICIPACION (%)			
	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE	RIOBAMBA	GUARANDA	GUAMOTE	PENIPE
1.3 CONTENEDOR	\$44.01	\$42.12	\$37.53	\$16.01	10.82%	10.44%	7.85%	4.25%
1.3.1 DEPRECIACIÓN	\$43.60	\$41.69	\$30.51	\$15.85	8.79%	8.49%	6.38%	3.46%
1.3.2 MANTENIMIENTO	\$0.42	\$0.40	\$7.02	\$0.15	2.02%	1.95%	1.47%	0.80%
1.4 SUMINISTROS OPERATIVOS DEL PERSONAL	\$1.18	\$1.18	\$1.18	\$1.18	0.19%	0.19%	0.20%	0.21%
1.4.1 UNIFORMES	\$0.94	\$0.94	\$0.94	\$0.94	0.15%	0.15%	0.16%	0.16%
1.4.2 HERRAMIENTA MENOR EVENTUAL	\$0.24	\$0.24	\$0.24	\$0.24	0.04%	0.04%	0.04%	0.04%
2.0 COSTOS INDIRECTOS	\$70.05	\$70.05	\$70.05	\$70.05	11.30%	11.41%	11.72%	12.22%
2.1 MANO DE OBRA INDIRECTA	\$20.78	\$20.78	\$20.78	\$20.78	3.35%	3.38%	3.48%	3.16%
2.2 FINANCIAMIENTO	\$29.66	\$29.66	\$29.66	\$29.66	4.79%	4.83%	4.96%	5.17%
2.3 SEGUROS	\$19.47	\$19.47	\$19.47	\$19.47	3.14%	3.17%	3.26%	3.40%
2.4 MATERIALES Y ÚTILES DE OFICINA	\$0.15	\$0.15	\$0.15	\$0.15	0.02%	0.02%	0.03%	0.03%
3.0 OTROS GASTOS	\$7.38	\$7.38	\$7.38	\$7.38	1.19%	1.20%	1.23%	1.29%
3.1 SEGURIDAD Y PUBLICIDAD	\$7.38	\$7.38	\$7.38	\$7.38	1.19%	1.20%	1.23%	1.29%
TOTAL	\$619.74	\$614.10	\$597.75	\$573.93	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Nota. El símbolo monetario “\$” corresponde al dólar estadounidense (USD)

(Cárdenas,2025)

De la misma manera que en el sistema puerta a puerta, existe poca variación en los costos diarios en las localidades, lo que refleja el enfoque uniforme en la asignación de recursos. En cuanto a la mano de obra directa, al ser mecanizada la recogida se consideró solo el chofer del camión recolector, siguiendo la recomendación de la CEPAL. Asimismo, los costos de uniformes se ven reducidos al disminuir el personal operativo.

Sin embargo, existe un incremento en los costos relacionados a los repuestos debido a que la potencia del motor aumenta. Asimismo, el costo referente al equipo (Camión recolector) se incrementa al utilizarse un camión con mayor capacidad y tecnología, y se incorpora además el costo relacionado con la adquisición de los contenedores.

Los costos indirectos y otros gastos también se mantienen iguales para las cuatro localidades con el fin de reducir sesgos y mantener uniformidad tal como se hizo para el sistema de recolección puerta a puerta.

La **Tabla 14** muestra indicadores operativos y económicos del sistema de recolección mediante contenedores. Se expone indicadores como dólares por tonelada recolectada el cual oscila entre \$(33.86 – 94.54) / T, dólares por kilómetro el cual está entre \$(8.88-10.96) / km y dólares por hora el cual va desde \$(118.18-124.31) / h.

Tabla 14:

Indicadores operativos y económicos del sistema de recolección con contenedores, por localidad.

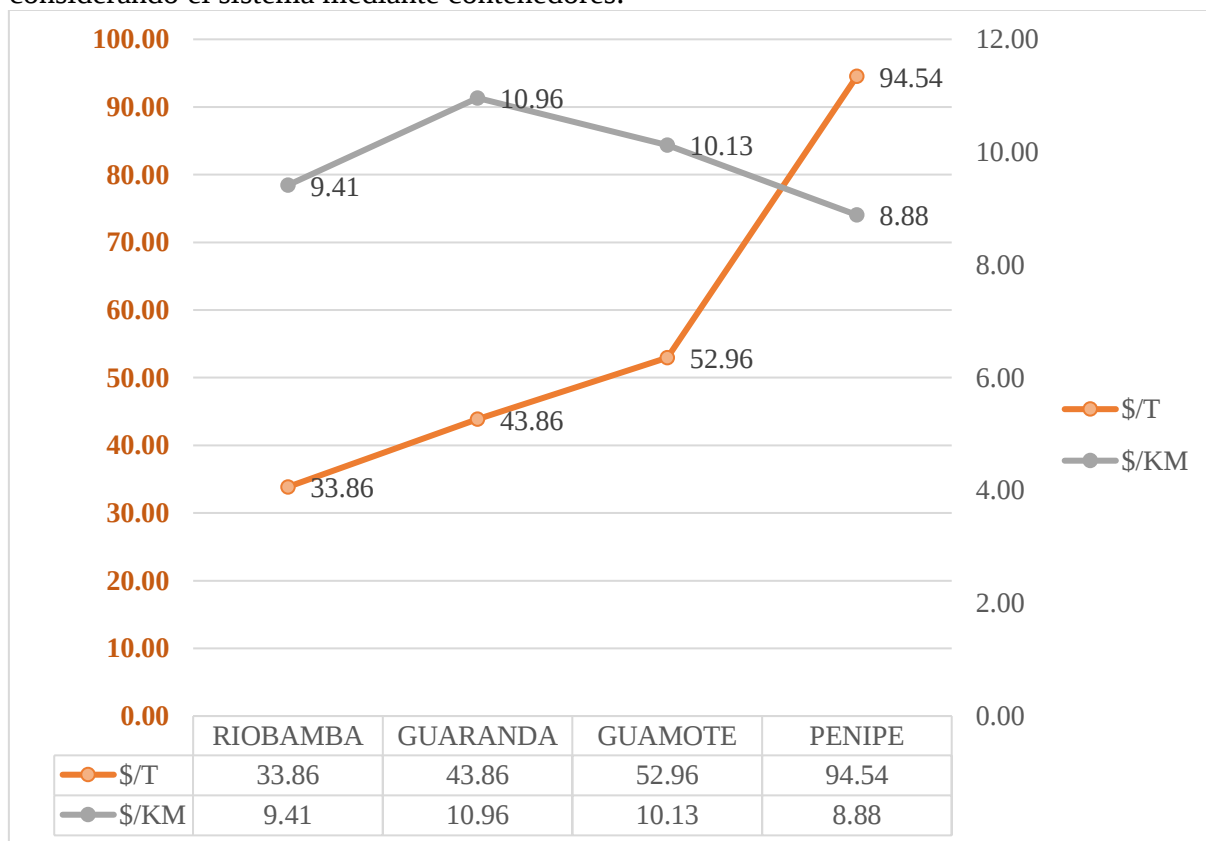
CIUDAD	KG/DÍA	KM/DÍA	h/día	\$/T	\$/km	\$/h
RIOBAMBA	18303.47	65.83	5.24	33.86	9.41	118.21
GUARANDA	14001.88	56.03	4.94	43.86	10.96	124.31
GUAMOTE	11286.48	59.03	4.89	52.96	10.13	122.13
PENIPE	6065.06	64.53	4.85	94.54	8.88	118.18

Nota. El símbolo monetario “\$” corresponde al dólar estadounidense (USD)

(Cárdenas,2025)

Figura 6:

Indicador dólares por tonelada recolectada (\$/T) y dólares por kilómetro (\$/km), considerando el sistema mediante contenedores.



Nota. El símbolo monetario “\$” corresponde al dólar estadounidense (USD)

Los resultados que aparecen en la

Figura 6 indican que el indicador dólares por tonelada (\$/T) tiene una relación inversamente proporcional al tamaño de la localidad. Esta tendencia, al igual que en el caso de la recolección puerta a puerta, podría interpretarse como una subutilización de recursos en las localidades más pequeñas.

Según los resultados obtenidos por Aguirre & Ortega (2022), en el Ecuador el costo promedio por tonelada se encuentra entre (54.77 a 163.17) dólares, con excepción de la región costa, donde ronda los 48.98 dólares. Sin embargo, en este estudio, los costos por tonelada varían entre los \$33.34 / T para Riobamba hasta los \$92.98 / T para Penipe, ubicándose están por debajo del rango nacional esperado. Aun así, estos costos resultan superiores en comparación con los costos de un sistema de recolección puerta a puerta.

Por otra parte, el indicador dólares por kilómetro de la

Figura 6 presentó una relación directamente proporcional el tamaño de la localidad a excepción de Riobamba, asimismo se encuentra influenciado por la distancia recorrida y el tipo de camión utilizado. Se observa que en las localidades donde el recolector cubre mayores distancias como en el caso de Riobamba y Penipe, el costo por kilómetro es menor (\$9.41 / km y \$8.88 / T) respectivamente, debido a que comparten el relleno sanitario “Porlón”, esto sugiere una mayor eficiencia operativa por transportar un mayor volumen de RS por trayecto. En contraste, las localidades pequeñas el costo es más elevado como en Guaranda (\$10.96 / T) y Guamote (\$10.13 / T), lo que se debe a trayectos más cortos, con un menor volumen de RS transportados, lo que disminuye la eficiencia del servicio.

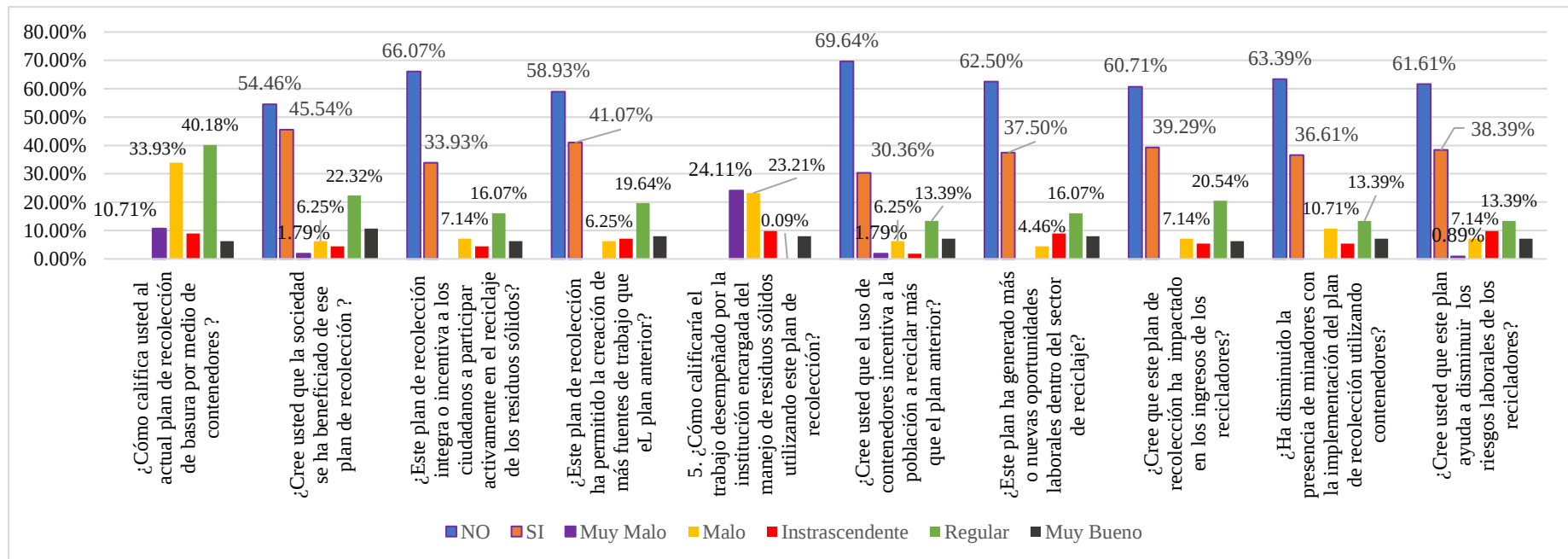
En este sentido, el (BID, 2023) ofrece un rango estimado para el costo por Km de transporte de RS, el cual está entre \$(3.66 – 16.47) / km. Por lo tanto, los costos estimados en esta investigación se encuentran el rango esperado.

4.4. Análisis de factores sociales

La **Figura 7** ilustra los resultados sobre cómo se perciben algunos factores sociales del sistema de recolección por contenedores, los habitantes de la localidad de Riobamba, en el mes de junio del año 2025. En el eje horizontal se presentan las preguntas realizadas, mientras que el eje vertical muestra el porcentaje de respuestas obtenidas en cada categoría. Cada pregunta fue evaluada con opciones incluyen “No”, “Si”, “Muy malo”, “Malo”, “Intrascendente”, “Regular” y “Muy Bueno”. Lo más notable son los altos porcentajes de negatividad, ya que la respuesta “No” supera el 54% en la mayoría de las preguntas.

Figura 7:

Percepción de factores sociales del sistema de recolección por contenedores.



(Cárdenas,2025)

La ciudadanía de Riobamba califica el sistema de contenedores como regular a malo, con un 40.18% y un 33.93% respectivamente. Es probable que se hayan acostumbrado a este sistema con el tiempo, pero no están completamente satisfechos.

El 54.46% de los encuestados perciben que este plan de recolección no beneficia a la sociedad, mientras que aquellos que piensan que, si lo hace, califican a este beneficio como regular. Estos resultados se relacionan con la investigación de Najar (2024) donde identificó que en países en vías de desarrollo una mala gestión de RS genera una pérdida de oportunidades respecto a la generación de una economía circular y una mala impresión ante los habitantes.

Por otro lado, el 66.07% de los encuestados manifiestan que este plan de recolección no incentiva a participar activamente en el reciclaje de residuos sólidos. En este aspecto Sampaio (2019), menciona que solamente el 2.2% de las municipalidades de América Latina consideran programas de integración ciudadana y solamente el 3.8% de los residuos son reciclados adecuadamente debido a la falta de infraestructura para procesos de separación.

El 58.93% de los encuestados perciben que este plan de recolección no ha permitido crear más fuentes de trabajo con relación al plan anterior. En este contexto, la ONU (2023) brinda el ejemplo de Belo Horizonte en Brasil, donde los recicladores trabajan en una asociación debidamente constituida y reconocida, que integra más de 300 recicladores independientes y ganan \$ 300 mensualmente a través del reciclaje. Por lo tanto, sería bueno seguir estos ejemplos.

El trabajo desempeñado por la institución encargada del manejo de residuos sólidos utilizando este plan, es percibido como muy malo a malo, con el 24.11% y 23.21% respectivamente. Desde este punto de vista Aynaguano (2024) afirma que, en el ámbito nacional, la gestión de residuos sólidos se encuentra rezagada, por lo que se pretende implementar el proyecto denominado gestión de residuos sólidos y economía circular (GRECI), para de mejorar la gestión y fomentar la economía circular con el reciclaje inclusivo.

Para el 69.64% de los encuestados, el uso de los contenedores no incentiva a población a reciclar, probablemente porque no recibe nada a cambio. Por esta razón, la (ONU, 2023) brinda el ejemplo de Curitiba en Brasil, donde el gobierno incentivo a los habitantes a reciclar mediante un intercambio de productos reciclables por boletos de

autobús, comida, útiles escolares, juguetes o entradas al cine. Gracias este plan, Curitiba recicla más del 70% de residuos sólidos.

El 62.50% de los encuestados considera que este plan no ha generado más o nuevas oportunidades laborales dentro del sector del reciclaje, estos resultados coinciden con Batista et al. (2019) quienes encontraron que la cantidad de residuos orgánicos e inorgánicos en Ecuador representan un potencial de reciclaje, sin embargo, el estado y las empresas municipales no desarrollan proyectos o normativas para el manejo de estos recursos.

La presencia de los recicladores (minadores) no ha disminuido según la percepción del 63.39%, probablemente al estar en malas condiciones los contenedores o los residuos mezclados, la presencia de los recicladores incluso sea más prolongada porque lleva más tiempo recuperar los materiales.

La **Tabla 15** identifica los diez criterios sociales evaluados, en la ciudad de Riobamba. Se usó un análisis multicriterio (AHP), para estimar el índice de gestión de residuos sólidos urbanos considerando una perspectiva social (INGERSU-S). A cada criterio se le dieron pesos específicos, permitiendo jerarquizar su importancia relativa según la percepción de los encuestados.

Tabla 15:
Ponderación de criterios sociales.

CRITERIOS	PREGUNTAS	PESO	RESPUESTA	PESO X RESPUESTA	%
1. Aceptación pública	¿Cómo califica usted al actual plan de recolección de basura por medio de contenedores?	19.45%	0.00	0.00	0.00%
2. Aceptación social	¿Cree usted que la sociedad se ha beneficiado de ese plan de recolección?	6.41%	51.00	3.27	2.92%
3. Participación pública en programas de reciclaje.	¿Este plan de recolección integra o incentiva a los ciudadanos a participar activamente en el reciclaje de los residuos sólidos?	14.91%	38.00	5.66	5.06%
4. Cantidad de empleos generados	¿Este plan de recolección ha permitido la creación de más fuentes de trabajo que el plan anterior?	3.34%	46.00	1.54	1.37%
5. Aceptación institucional del gestor de residuos.	5. ¿Cómo calificaría el trabajo desempeñado por la institución encargada del manejo de residuos sólidos utilizando este plan de recolección?	9.47%	0.00	0.00	0.00%
6. Fomento al reciclaje.	¿Cree usted que el uso de contenedores incentiva a la población a reciclar más que el plan anterior?	32.25%	34.00	10.96	9.79%
7. Creación de fuentes de trabajo creadas por el reciclaje.	¿Este plan ha generado más o nuevas oportunidades laborales dentro del sector de reciclaje?	3.36%	42.00	1.41	1.26%
8. Variación en los ingresos promedio de los recicladores.	¿Cree que este plan de recolección ha impactado en los ingresos de los recicladores?	5.36%	44.00	2.36	2.10%
9. Presencia de minadores	¿Ha disminuido la presencia de minadores con la implementación del plan de recolección utilizando contenedores?	1.84%	41.00	0.75	0.67%
10. Exposición a riesgos laborales de los recicladores.	¿Cree usted que este plan ayuda a disminuir los riesgos laborales de los recicladores?	3.63%	43.00	1.56	1.40%
				CALIFICACION	24.57%

(Cárdenas,2025)

Se aprecia que el análisis multicriterio prioriza el fomento al reciclaje, la aceptación y la participación pública en programa de reciclajes.

Al integrar los pesos relativos del AHP con los resultados de la encuesta, se estimó la calificación global, la cual alcanzó un valor de 24.57% correspondiente a nivel de gestión “Malo” según la escala definida.

Tabla 16:

Escala para el índice de gestión de residuos sólidos urbanos desde la perspectiva social.

RANGO		INGERSU-S
0	20	PESIMO
20.01	40	MALO
40.01	60	ACEPTABLE
60.01	80	BUENO
80.01	100	EXCELENTE

(Cárdenas,2025)

La calificación de “Malo” estimada en el índice de gestión de residuos sólidos urbanos, desde el punto de vista ciudadano demuestra que no existe una integración adecuada con la sociedad, tal como sucede en la mayoría de los países en vías de desarrollo.

En este contexto, Castro & Palacios (2021), menciona que la aceptación social sobre la gestión de residuos sólidos municipales es deficiente en la mayoría de los países de América latina, donde más del 61% de la población está insatisfecha por el servicio de recolección. Perciben que no destinan recursos suficientes, que existe una demora en la atención o una mala coordinación. Asimismo, más del 75% de los minadores desean ser incluidos por el gobierno el tema de recuperación de residuos sólidos valorables.

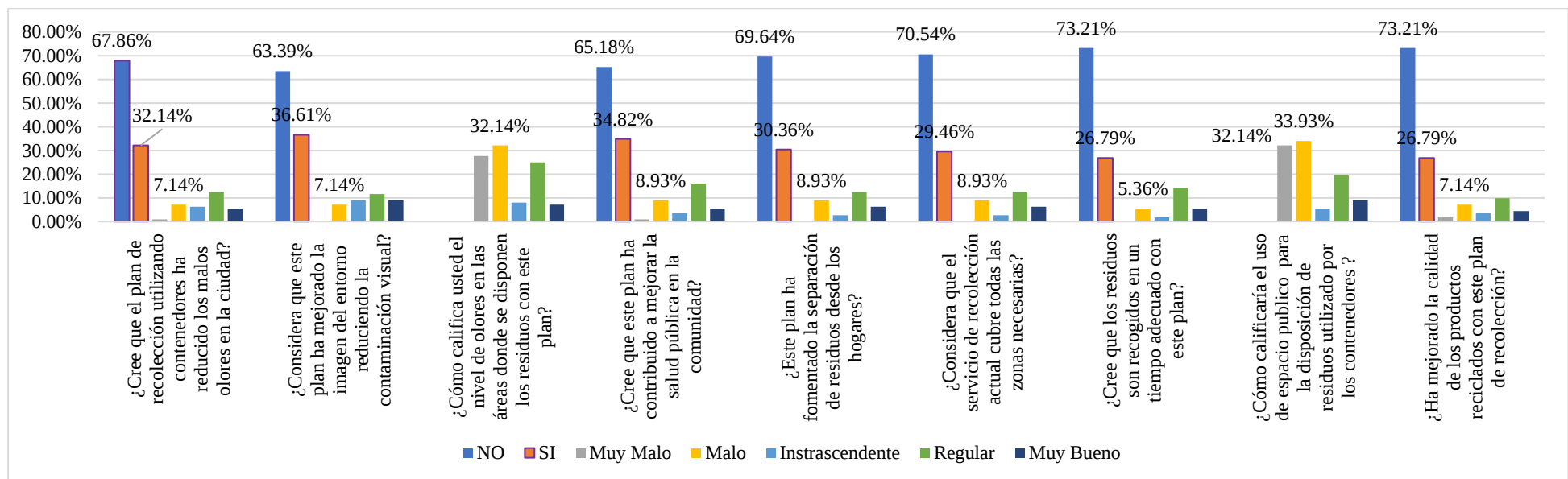
Por lo tanto, desde el enfoque social, la gestión de residuos con el sistema de recolección mediante contenedores necesita mejorar.

4.5. Análisis de factores ambientales.

La **Figura 8** presenta los resultados sobre la percepción de algunos factores ambientales en la ciudad de Riobamba. En el eje horizontal se enumeran 9 preguntas, mientras que el eje vertical representa el porcentaje de respuestas obtenidas en cada categoría.

Cada factor fue evaluado con respuestas categorizadas como “No”, “Si”, “Muy malo”, “Malo”, “Intrascendente”, “Regular” y “Muy Bueno”. Los valores más destacados son los porcentajes de la respuesta “No”, ya que superan el 60% en la mayoría de los factores.

Figura 8:
Percepción de factores ambientales del sistema de recolección por contenedores



(CARDENAS, 2024)

Los resultados reflejan un alto porcentaje de percepciones negativas en relación con los factores encuestados, lo cual refleja deficiencias estructurales y operativas. El 67.86% manifiesta percibir malos olores en las áreas urbanas, esto se debe al problema de acumulación y descomposición de residuos sólidos sin manejo adecuado.

Acercas de la contaminación visual, el 63.39% siente un impacto visual negativo en el entorno, probablemente se deba a los desbordes de los contenedores o la mala ubicación de estos.

En cuanto a la contaminación olfativa en las áreas de disposición de residuos sólidos, existe una distribución de respuestas variada, con una tendencia clara a “Malo” y “Muy malo” , probablemente se deba a un nivel alto olores desagradables causado por las malas prácticas ciudadanas como no usar fundas de basura .

En lo referente a la salud pública, el 69.64% considera que el uso de contenedores no contribuye a mejorar la salud pública, estos resultados refuerzan la necesidad de implementar medidas sanitarias y ambientales más estrictas.

En lo que respecta al fomento de la clasificación de residuos en la fuente, el 70.54% de los encuestados indican que el sistema por contenedores no fomenta este hábito. Esto evidencia una deficiencia en la educación ambiental y/o falta de infraestructura para la separación de residuos sólidos.

En cuanto a la cobertura del servicio de recolección, el 73.21% de los encuestados respondieron negativamente, esto evidencia una deficiente planificación por parte de la administración municipal. Esta situación sería responsable de la acumulación de residuos en áreas no atendidas, lo que contribuye al deterioro del entorno urbano.

Respecto al espacio público ocupado por los contenedores, una parte importante de la población considera que tiene un impacto negativo, considerándolo malo o muy malo. Esta percepción puede asociarse con la interrupción que generan los contenedores, sea en veredas o calles.

Finalmente, la calidad de los residuos reciclados fue valorada negativamente por el 73.21% de los encuestados, esto se podría relacionar con la contaminación de los productos reciclables causados por no usar fundas de basura, mezclar todos los residuos desde la fuente o por presencia de fauna urbana.

Los resultados de esta investigación sugieren que el sistema de recolección con almacenamiento temporal utilizando contenedores no responde adecuadamente a las necesidades técnicas, sanitarias y ambientales de la comunidad.

La **Tabla 17** muestra nueve criterios ambientales, evaluados mediante un análisis multicriterio (AHP) a un grupo de 4 profesionales expertos, donde se determinó el índice de gestión de residuos sólidos urbanos desde la perspectiva ambiental (INGERSU-A). Esto permitió asignar pesos específicos a los criterios, permitiendo jerarquizar su importancia relativa según la percepción de la población.

Tabla 17:

Ponderación de criterios ambientales.

CRITERIO	PREGUNTA	PESO (1)	RESPUESTA (2)	PONDERACION (1*2 /Total de encuestados)
1. Percepción de malos olores en las áreas urbanas.	¿Cree que el plan de recolección utilizando contenedores ha reducido los malos olores en la ciudad?	14.03%	36	4.51%
2. Impacto visual de los residuos en el entorno.	¿Considera que este plan ha mejorado la imagen del entorno reduciendo la contaminación visual?	5.58%	41	2.04%
3. Contaminación olfativa en zonas de disposición.	¿Cómo califica usted el nivel de olores en las áreas donde se disponen los residuos con este plan?	7.56%	0	0.00%
4. Impacto en la salud pública.	¿Cree que este plan ha contribuido a mejorar la salud pública en la comunidad?	34.53%	39	12.02%
5. Clasificación de residuos en la fuente	¿Este plan ha fomentado la separación de residuos desde los hogares?	6.13%	34	1.86%
6. Cobertura del servicio de recolección.	¿Considera que el servicio de recolección actual cubre todas las zonas necesarias?	14.80%	33	4.36%
7. Tiempo promedio de recolección de residuos en las zonas atendidas.	¿Cree que los residuos son recogidos en un tiempo adecuado con este plan?	6.01%	30	1.61%
8. Superficie ocupada por la disposición de residuos sólidos.	¿Cómo calificaría el uso de espacio público para la disposición de residuos utilizado por los contenedores?	3.28%	0	0.00%
9. Calidad de los productos reciclados obtenidos del proceso.	¿Ha mejorado la calidad de los productos reciclados con este plan de recolección?	8.09%	30	2.17%
CALIFICACION (INGERSU-A)				28.57%

(CARDENAS ,2025)

Al combinar los pesos relativos con los resultados de la encuesta, se obtuvo una calificación global del sistema de recolección utilizando contenedores, la cual alcanzó un valor de 28.57% correspondiente a nivel de gestión “Malo” según la escala definida en la **Tabla 18**.

Tabla 18:

Escala para el índice de gestión de residuos sólidos urbanos desde la perspectiva ambiental.

RANGO		INGERSU-A
0	20	PESIMO
20.01	40	MALO
40.01	60	ACEPTABLE
60.01	80	BUENO
80.01	100	EXCELENTE

(Cárdenas,2025)

La calificación del sistema como “Malo” con un puntaje de 28.57% muestra que, desde la perspectiva ciudadana y técnica, el modelo de recolección por contenedores aun presenta limitaciones importantes que comprometen su eficiencia ambiental. Estas limitaciones no son aisladas, ya que estudios como el de Castro (2024) identificó que la falta de educación ambiental, programas de gestión sostenibles, promoción de la economía circular y participación ciudadana impiden un adecuado manejo de residuos sólidos en América latina.

Adicionalmente el plan nacional de desarrollo del Ecuador 2021-2025, mantiene una meta prioritaria para alcanzar ciudades sostenibles mediante una gestión integral de residuos sólidos. Por lo tanto, el índice de gestión de residuos sólidos urbanos desde el enfoque ambiental (INGERSU-A) estimado en esta investigación podría interpretarse como una oportunidad para rediseñar políticas municipales, fortalecer la educación ambiental y mejorar la infraestructura operativa.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones

- Se identificó que el sistema de recolección puerta a puerta está influenciado por factores que pueden clasificarse en tres categorías principales: demográficas, socioeconómicas y técnico-operativas. Entre los factores más destacados se encuentran cantidad de personas por manzana, la producción per cápita y densidad de residuos sólidos, los cuales se asocian a la generación de residuos y, por ende, con la carga operativa del servicio de recolección. Asimismo, factores técnico-operativos como la capacidad de los vehículos y las distancias recorridas inciden en el número de viajes y en la cantidad de recursos, lo que incrementa los costos y dificulta la planificación y gestión.
- En el sistema de recolección mediante almacenamiento temporal, se identificó que también intervienen factores como el tamaño de la población, la producción per cápita y la densidad suelta, los cuales condicionan el número y tamaño de los contenedores necesarios. En el contexto técnico-operativo, la capacidad del contenedor, la frecuencia de recolección, las distancias al relleno sanitario y el tipo de camión recolector impactan en los costos y la eficiencia.

Así, un diseño inadecuado puede generar acumulación de residuos, desbordes, malos olores y percepción negativa de la ciudadanía.

- La estructura comparativa de costos desarrollada permitió simulaciones flexibles y replicables, constituyéndose en una herramienta útil para la toma de decisiones. Por ejemplo, para el sistema puerta a puerta, con las condiciones simuladas, los costos diarios de operación oscilan entre los \$333.44 y \$338.17, mientras que los indicadores de costo por tonelada y costo por kilómetro entre \$(18.48 a 55.14) / T y \$(5.14 a 5.99) / km respectivamente. En cambio, en el sistema con contenedores, los costos están entre los \$573.93 y \$619.74 y los indicadores de costo por tonelada y por kilómetro se encuentran entre \$(33.86 a 94.54) / T y \$(8.88 a 10.96) / km, respectivamente.

Bajo estos resultados, se puede inferir preliminarmente que el sistema puerta a puerta es más barato.

- Respecto a la sostenibilidad, el sistema puerta a puerta demuestra una mayor sostenibilidad económica. Financieramente registra menores costos en todas las localidades. Además, tiene ventajas operativas porque se adapta mejor a las distintas

realidades urbanas con vehículos de diferente capacidad. Por el contrario, el sistema con contenedores necesita mayor inversión inicial (de 2 a 3 veces más), mantenimiento especializado y repuestos costosos ya que el tipo de camión es más sofisticado. Desde la perspectiva social y ambiental el sistema con contenedores fue calificado como “malo” según el índice de gestión de residuos sólidos urbanos (INGERSU), evidenciando una baja aceptación ciudadana, influida principalmente por la percepción de malos olores, acumulación de residuos y malas condiciones de los contenedores.

A pesar de los resultados presentados con estas simulaciones, no es posible afirmar que un sistema de recolección es totalmente superior, ya que el nivel de sostenibilidad de cada sistema depende del contexto real, las condiciones específicas y la mejora continua con una buena gestión de cada Gobierno Autónomo Descentralizado. En consecuencia, se concluye que la elección del sistema adecuado debe considerar criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda mantener actualizada la información urbanística, socioeconómica, caracterización de residuos sólidos, rutas y frecuencias de recolección ya que son factores que influyen en la recolección de residuos sólidos. Además, son la base para mantener una buena gestión de residuos sólidos, y permitiría obtener valores reales de los factores que se controlaron en las simulaciones de esta investigación
- Asimismo, se recomienda a las administraciones implementar programas de inclusión social y participativa con los ciudadanos para generar mayor conciencia sobre la separación en la fuente, o nuevas oportunidades de ingresos al recuperar residuos valorables por parte de los minadores. Debido a que la producción per cápita de residuos sólidos es uno de los factores que influye en el servicio de recolección.
- Se recomienda validar la herramienta de costeo y mantener una mejora continua, considerando la inversión real que se realiza para la recolección de residuos sólidos, con el objetivo de utilizar valores ajustados para cada localidad obtenidos del departamento de contabilidad del GAD a evaluar, en lo referente al costo en mano de obra directa e indirecta, así como en combustibles, mantenimientos, suministros y demás herramientas con la finalidad de tener una estimación real del costo operativo realizado para la recolección de residuos sólidos. Esto permitirá establecer tarifas de pago por concepto de recolección en función al costo real del servicio y no como porcentaje del consumo de energía eléctrica o de agua potable, permitiendo generar ingresos para recuperar por lo menos el costo de operación y brindar un servicio de calidad.
- Se recomienda considerar preferiblemente el sistema de recolección puerta a puerta, pero mejorando las rutas y frecuencias de recolección a través de una constante caracterización de residuos sólidos, ya que presenta menos costos de inversión y mantenimiento. Por otro lado, el uso de contenedores no funciona como se espera, las personas no usan fundas de basura, los contenedores están en pésimas condiciones o presentan un uso inadecuado como baños públicos, generando una baja aceptación ciudadana. Como se aprecia en el **Anexo 7**.
- Finalmente se recomienda a las administraciones que no utilicen personal innecesario en el sistema de recolección con contenedores, ya que el sistema es mecanizado. Sin

embargo, la cuadrilla es excesiva (muchas veces son 1 chofer y 2 peones). Lo cual genera un incremento en el costo, como se aprecia en el **Anexo 6**.

Referencias Bibliográficas.

- Aguirre, J., & Ortega, C. (2022a). *Operating costs of solid waste collection systems in the cantons of Ecuador Custos operacionais dos sistemas de coleta de resíduos sólidos nos cantões do Equador*. 7(31), 412-429. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v7i1.529>
- Aguirre, J., & Ortega, C. (2022b). *Operating costs of solid waste collection systems in the cantons of Ecuador Custos operacionais dos sistemas de coleta de resíduos sólidos nos cantões do Equador*. 7(31), 412-429. <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v7i1.529>
- Ali, S. A., & Ahmad, A. (2019). Forecasting MSW generation using artificial neural network time series model: a study from metropolitan city. *SN Applied Sciences*, 1(11). <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1382-7>
- Arellano, A., Bayas Andres, Meneses Antonio, & Castillo, T. (2018). Los consumos y las dotaciones de agua potable en poblaciones ecuatorianas con menos de 150 000 habitantes. *NOVASINERGIA REVISTA DIGITAL DE CIENCIA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA*, 1(1), 23-32. <https://doi.org/10.37135/unach.ns.001.01.03>
- Arellano, A., Gabriela, M., & Rodríguez, Z. (2024). Enfoque interdisciplinario para la gestión sustentable del agua potable y de los desechos sólidos en Ecuador. *ReseartGate*. <https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.0000>
- Arellano, A., & Montoya Gavilanes, V. (2013). *TÉCNICAS DE MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA POBLACIONES MENORES QUE 150.000 HABITANTES*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24013.67049>
- Arellano, A., Vinicio, A., & Montoya, G. (2013). *TÉCNICAS DE MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA POBLACIONES MENORES QUE 150.000 HABITANTES*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24013.67049>
- Asfaw, D. M., Asnakew, Y. W., Sendkie, F. B., Workineh, E. B., Mekonnen, B. A., Abdulkadr, A. A., & Ali, A. K. (2024). Perceived social, economic, environmental and health effects of solid waste management practices in logia town, afar, ethiopia. *Discover Sustainability*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00533-7>
- Aynaguano, A. (2024). *Gestión de residuos sólidos y economía circular inclusiva*. www.ambiente.gob.ec
- Batista, M., Castro, R., & Maldonado, A. (2019). *MANEJO Y GESTIÓN AMBIENTAL Cita sugerida (APA, sexta edición)*. <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>
- BID. (2023a). *Estructura de costos del servicio y estimación de los recursos financieros necesarios para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <http://www.iadb.org>
- BID. (2023b). *Estructura de costos del servicio y estimación de los recursos financieros necesarios para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <http://www.iadb.org>
- Carmen-Niño, V. Del, Herrera-Navarrete, R., Juárez-López, A. L., Sampedro-Rosas, M. L., & Reyes-Umaña, M. (2023). Municipal Solid Waste Collection: Challenges,

- Strategies and Perspectives in the Optimization of a Municipal Route in a Southern Mexican Town. *Sustainability (Switzerland)*, 15(2).
<https://doi.org/10.3390/su15021083>
- Castro Fuentes, E. M. (2024). Gestión de Residuos Sólidos: Estudio de Casos y Lecciones Aprendidas en Ciudades Intermedia aplicables en el contexto latinoamericano y Perú. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 7066-7084.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12883
- Castro, R., & Palacios, L. (2021). Perception of solid waste management and proposal of a comprehensive plan for the city of Ica, 2021. *ÑAUPARISU*, 13, 61-70.
<https://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/issue/view/13/16>
- Cerna Cueva, A. F., Rosas Echevarría, C. W., Perales Flores, R. S., & Ataucusi Flores, P. L. (2022). Predicción de la generación de residuos sólidos domiciliarios con machine learning en una zona rural de Puno. *TECNIA*, 32(1), 44-52.
<https://doi.org/10.21754/tecnia.v32i1.1378>
- Chikowore, N. (2020). Factors influencing household waste management practices in Zimbabwe. *Journal of Material Cycles and Waste Management*.
<https://doi.org/10.1007/s10163-020-01129-9>
- CODIGO ORGANICO DE ORGANIZACION TERRITORIAL, COOTAD. (2019).
www.lexis.com.ec
- CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008. (2008). www.lexis.com.ec
- Guerra, P., Villalba, L., Andrade, F., Urrego, J., & Grau, J. (2022). *Municipio del Distrito Metropolitano de Quito EMASEO EP EMGIRS EP Equipo sistematizador*.
https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/plan_de_gestión_integral_de_residuos_dmq_firmado.pdf
- INEC. (2023). *Resumen Estadístico Contenido 2022*.
- LA PRENSA. (2025, julio 24). *Riobamba: ¿cuánto cuesta recoger la basura de toda la ciudad?* <https://www.laprensa.com.ec/riobamba-cuanto-cuesta-recoger-la-basura-de-toda-la-ciudad/>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE PERU. (2022). *PROGRAMA DE INCENTIVOS LA MEJORA DE LA GESTIÓN MUNICIPAL – META 3 «IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRADO DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS» - 2022*.
<https://site.minam.gob.pe/pi2022>
- Morán-Zabala, J. P., Alzate-Grisales, J. A., Bravo-Ortiz, M. A., Valencia-Díaz, M. A., Gómez-Marín, C. G., Restrepo-Franco, A. M., & Cogollo-Flórez, J. M. (2024). A simulation-based optimization model for quality control in solid waste collection process. *Production*, 34. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20240021>
- Najar Marín, E. (2024). Manejo De Residuos Sólidos En Zonas Urbanas En América Latina. *Visión de Futuro*, 28, No 2 (Julio – Diciembre), 78-97.
<https://doi.org/10.36995/j.visiondefuturo.2024.28.02.003.es>

- ONU. (2020). Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe. *ONU AMBIENTE*.
- ONU. (2023, mayo 15). *Recolectar y eliminar residuos de manera eficiente*. Habitat. <https://onu-habitat.org/index.php/recolectar-y-eliminar-residuos-de-manera-eficiente>
- Pincay Sancán, D. R., Espinoza, G., Sánchez-Astudillo, J. E., & Murillo, P. J. (2023). *Costo en el tratamiento de desechos sólidos del GAD Sevilla de Oro, Provincia del Azuay-Ecuador*. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28>
- Rodriguez Guerra, A. (2022). Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): análisis de una década de gestión en países de Europa y América. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 43(1). <https://doi.org/10.26807/remcb.v43i1.919>
- Romero, G. (2024). *GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS A ESCALA GLOBAL*.
- Sampaio, R. J. (2019). Solid waste management: The case of the sustainable development consortium of alto sertão in Bahia. *Urbe*, 13. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.E20180123>
- Toro, E. R., Szantó, M., Juan, N., Pacheco, F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2021a). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*.
- Toro, E. R., Szantó, M., Juan, N., Pacheco, F., Contreras, E., & Gálvez, A. (2021b). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*.
- Wang, W. (2024). Evaluación social-económica de recicladores integrados en el sistema municipal de gestión de residuos sólidos: Un caso de Tianjin en China. *ELSEVIER*.

Anexos:**Anexo 1:**

Formulario utilizado.

$$PPV = ppf * vmz * lmz$$

Donde:

PPV: promedio de personas por vivienda (hab/mz)

ppf: promedio de personas por familia

lmz: lados de manzana

$$\text{Producción máxima RRSS/día (Kg/día/mz)} = PPC_{residencial} * cd * PPV$$

Donde:

PPC residencial: producción per cápita de RS residencial (kg/hab/día)

PPV: promedio de personas por vivienda (hab/mz)+

Cd: Coeficiente de mayoración

$$\text{RRSS compactados (m}^3\text{/día-mz)} = \frac{\text{Producción máxima RRSS/día (Kg/día/mz)}}{Dc_{Recolector (Kg/m}^3)}$$

Donde:

Dc Recolector: densidad de compactación de un camión recolector, que varía entre 400-500 kg/m³

$$\text{Número manzanas/día que recogería 1 recolector (12m}^3) = \frac{\text{capacidad del recolector (m}^3)}{\text{RRSS compactados (}\frac{\text{m}^3}{\text{día}}\text{-mz)}}$$

$$\text{Número de viajes necesarios} = \frac{T_{mz}}{\text{Número manzanas/día que recogería 1 recolector (12m}^3)}$$

Donde:

Tmz: Número total de manzanas que necesitan ser atendidas

Mano de obra

Costo día (\$/día) = Cantidad * *Costo hora* * *jornada* * % *dedicacion*

Donde:

Cantidad: Número de individuos que intervienen en la actividad

Costo hora: dólares por hora pagados según el cargo que desempeña, según los beneficios de ley.

- Salario básico unificado: 470 USD (año 2025)
- % de aporte patronal: 9.15 % (Publico)
- Promedio de días laborables al mes: 20 días
- Horas diarias trabajadas: 8 Horas
- Meses de trabajo: 12
- Sueldo unificado según contraloría (SUC): Ejemplo, USD 482.82 para un peón, USD 722.44 para un chofer.
- Décimo tercer sueldo = $\frac{\text{Sueldo unificado según contraloría (SUC)}}{12}$
- Décimo cuarto sueldo = $\frac{\text{Sueldo básico unificado}}{12}$
- Aporte patronal = $\text{Sueldo unificado según contraloría (SUC)} * \% \text{ de aporte patronal}$
- Fondo de reserva = $8.33\% * \text{sueldo unificado según contraloría (SUC)}$
- Vacaciones (15 días) = $\frac{\text{Sueldo unificado según contraloría (SUC)}}{360} * 15$
- Sueldo antes del desahucio = $\text{Sueldo unificado según contraloría} + \text{Decimos} + \text{Aporte patronal} + \text{Fondo de reserva} + \text{vacaciones}$

$$\text{➤ Desahucio} = \frac{\text{Sueldo antes del desahucio}}{12} * 0.25$$

➤ Horas trabajadas al mes: 160 horas

$$\text{Costo hora} = \frac{\text{Sueldo mensual incluido desahucio}}{\text{Horas trabajadas al mes}}$$

Jornada: Horas de trabajo, generalmente 8 horas al día

Suministros operativos del personal

$$\text{Costo día (\$/día)} = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Total de insumos}}{\text{Días laborables al mes (días)}}$$

Donde:

Costo unitario: Valor que cuesta una unidad del insumo

Total, de insumos: Cantidad total de insumos expresado en Unidades/ mes

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

Herramientas

$$\text{Costo día (\$/día)} = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Cantidad anual}}{\text{Días laborables al mes} \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right) * 12 \text{ meses}}$$

Donde:

Costo unitario: Valor que cuesta una unidad de la herramienta en análisis

Cantidad Anual: Cantidad total anual

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

Combustible

$$\text{Combustible (\$/h)} = \frac{\left(\frac{\text{Costo } (\frac{\$}{\text{gal}})}{\text{Rendimiento } (\frac{\text{km}}{\text{gal}})} * \text{distancia recorrida } (\frac{\text{km}}{\text{día}}) \right)}{\text{Jornada Laboral } (\frac{\text{h}}{\text{día}})}$$

Donde:

Costo: Valor que cuesta el combustible por galón, en el caso de Diesel 1.79 \$/gal

Distancia recorrida: kilómetros que recorre el camión recolector en un día de trabajo

Rendimiento: Representa cuantos kilómetros rinde un galón en condiciones de trabajo

Jornada laboral: Horas de trabajo, generalmente 8 horas al día

Llantas

$$\text{Llantas (\$/h)} = \frac{(\text{Costo unitario } (\$) * \text{Recorrido } (\frac{\text{km}}{\text{día}}) * \frac{1}{\text{vida útil de llantas (km)}})}{\text{Jornada Laboral } (\frac{\text{h}}{\text{día}})}$$

Donde:

Costo: Valor que cuesta expresado en \$

Recorrido: kilómetros que recorre el camión recolector por las rutas de recolección en un día de trabajo

Vida útil de las llantas: Representa cuantos kilómetros tiene de vida útil, depende del fabricante.

Jornada laboral: Horas de trabajo, generalmente 8 horas al día

Lubricantes

$$\text{Lubricantes (\$/h)} = (0.00132 * \text{valor del lubricante } (\frac{\$}{\text{litro}}) + 0.001 \text{ valor de la grasa } (\$/\text{KG})) * \text{potencia (Hp)}$$

Repuestos

$$\text{Repuestos (\$/h)} = 0.7425 * \text{depreciación (\$/h)}$$

Seguros

$$\text{Seguros (\$/h)} = \frac{(\text{Costo de adquisicion (\$)} + (\text{costo de adquisicion (\$)} * \% \text{residual})) * \text{tasa de seguro}}{2 * \text{horas laboradas (h/año)}}$$

Donde:

Costo de adquisición: Valor que cuesta al adquirirlo expresado en \$

% residual: Porcentaje del valor de adquisición que se podría obtener al finalizar la vida útil.

Tasa de seguros: Representa la tasa de pago por concepto de seguros, generalmente 3%

Mantenimiento

$$\text{Mantenimiento (\$/h)} = 0.23 * \text{Depreciación (\$/h)}$$

Depreciación

$$\text{Depreciación (\$/h)} = \frac{(\text{Costo de adquisicion (\$)} - (\text{costo de adquisicion (\$)} * \% \text{residual}))}{\text{Horas laboradas} \left(\frac{h}{\text{año}} \right) * \text{vida util (años)}}$$

Donde:

Costo de adquisición: Valor que cuesta al adquirirlo expresado en \$

% residual: Porcentaje del valor de adquisición que se podría obtener al finalizar la vida útil.

Vida útil : Periodo de tiempo en el cual se espera que el equipo funcione efectivamente, expresado en años

Financiamiento

$$\text{Valor final (\$)} = \text{Valor actual (\$)} * (1 + i)^n$$

Donde:

i: tasa de interés

n: Periodo en años

$$\text{Interés (\$)} = \text{Valor final (\$)} - \text{Valor actual (\$)}$$

Mano de obra indirecta

$$\text{Costo día (\$/día)} = \text{Cantidad} * \text{Costo hora} * \text{jornada} * \% \text{ dedicación}$$

Donde:

Cantidad: Número de individuos que intervienen en la actividad

Costo hora: dólares por hora pagados según el cargo que desempeña, según los beneficios de ley.

- Salario básico unificado: 470 USD (año 2025)
- % de aporte patronal: 9.15 % (Publico)
- Promedio de días laborables al mes: 20 días
- Horas diarias trabajadas: 8 Horas
- Meses de trabajo: 12
- Sueldo unificado según contraloría (SUC): Ejemplo, USD 482.82 para un peón, USD 722.44 para un chofer.
- Décimo tercer sueldo = $\frac{\text{Sueldo unificado según contraloría (SUC)}}{12}$
- Décimo cuarto sueldo = $\frac{\text{Sueldo básico unificado}}{12}$
- Aporte patronal = $\text{Sueldo unificado según contraloría (SUC)} * \% \text{ de aporte patronal}$

- Fondo de reserva = $8.33\% * \text{sueldo unificado según contraloría (SUC)}$
- Vacaciones (15 días) = $\frac{\text{Sueldo unificado según contraloría (SUC)}}{360} * 15$
- Sueldo antes del desahucio = $\text{Sueldo unificado según contraloría} + \text{Decimos} + \text{Aporte patronal} + \text{Fondo de reserva} + \text{vacaciones}$
- Desahucio = $\frac{\text{Sueldo antes del desahucio}}{12} * 0.25$
- Horas trabajadas al mes: 160 horas

$$\text{Costo hora} = \frac{\text{Sueldo mensual incluido desahucio}}{\text{Horas trabajadas al mes}}$$

Jornada: Horas de trabajo, generalmente 8 horas al día

Materiales y útiles de oficina

$$\text{Costo día (\$/día)} = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Cantidad anual}}{\text{Días laborables al mes} \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right) * 12 \text{ meses}} * \% \text{ dedicacion}$$

Donde:

Costo unitario: Valor que cuesta una unidad de cada insumo

Cantidad Anual: Cantidad total anual

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

Seguridad y publicidad

$$\text{Costo día (\$/día)} = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Cantidad anual}}{\text{Días laborables al mes} \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right) * 12 \text{ meses}} * \% \text{ dedicacion}$$

Donde:

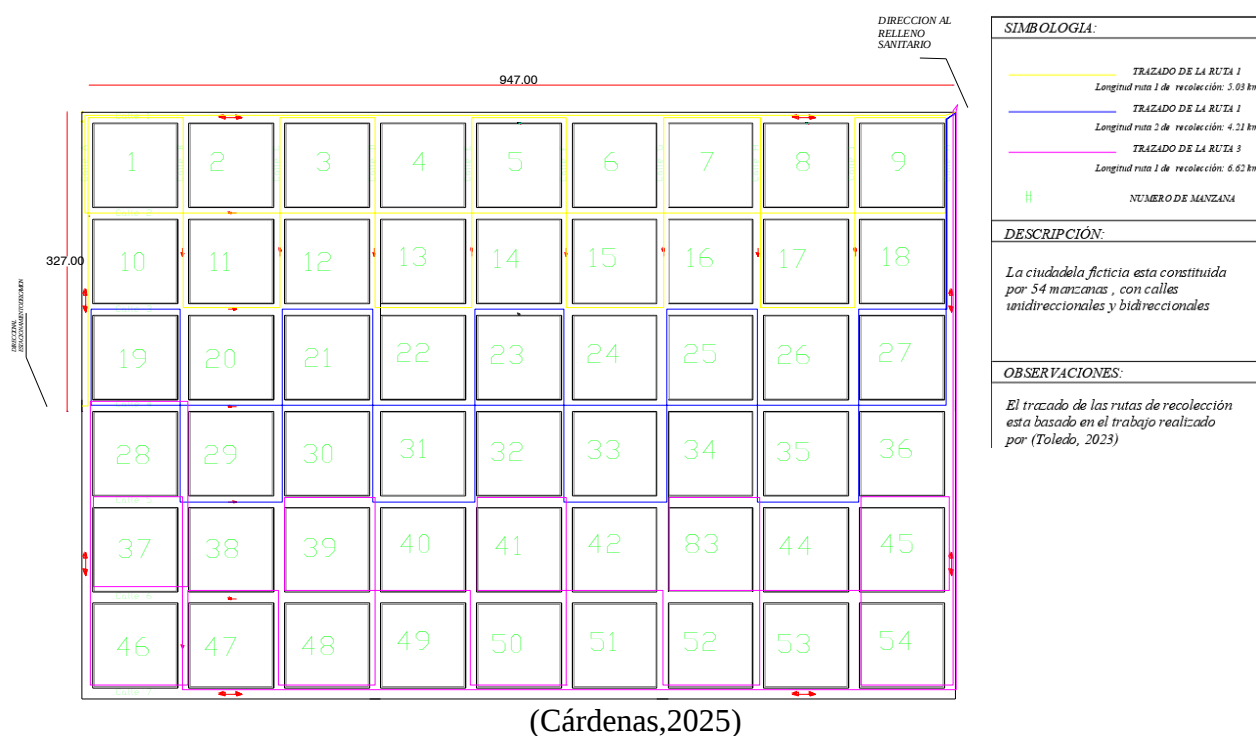
Costo unitario: Valor que cuesta una unidad de cada insumo

Cantidad Anual: Cantidad total anual del producto o servicio

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

Anexo 2:

Ciudadela tipo, utilizada en la simulación.



https://drive.google.com/file/d/1E-9bCNmiWwOk750Uwh6cfvctz0sgj1Ly/view?usp=drive_link

Anexo 3:

Datos de la encuesta socioambiental.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1_6TrVF4SUiExuERoVcvJEfVVM_BgFSH/edit?usp=drive_link&ouid=116489218018701157650&rtpof=true&sd=true

Anexo 4:

Análisis multicriterio.

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Z_QXhKngg9ohTZddFmm6xljdUn42Nv3N/edit?usp=drive_link&ouid=116489218018701157650&rtpof=true&sd=true

<https://drive.google.com/drive/folders/138TfpIKdZfVB56lz070fUHiEdXCAUVHR?usp=sharing>

Anexo 5:

Estructura de costos.

<https://drive.google.com/drive/folders/1Xky8EcEsYsTUKu4xbl2Hkbggo3VxUQ2Ft?usp=sharing>

Anexo 6:

Exceso de recurso humano.



(Cárdenas,2025)

Anexo 7:

Malas condiciones de los contenedores



(Cárdenas,2025)

Anexo 8:

Encuesta

ENCUESTA SOBRE EL PLAN DE RECOLECCIÓN UTILIZANDO CONTENEDORES.

Hola, Estamos comparando el actual plan de recolección de basura, que se realiza mediante contenedores, con el sistema anterior, en el que los peones recogían las bolsas puerta a puerta y las arrojaban al camión recolector. Su opinión nos ayudará a evaluar ambos planes de recolección desde su perspectiva.

¡Gracias por participar!

Sus respuestas serán utilizadas únicamente con fines académicos.

1.0 ¿Cómo califica usted al actual plan de recolección de basura por medio de contenedores?

Muy bueno Regular Intrascendente Malo Muy malo

2.0 ¿Cree usted que la sociedad se ha beneficiado de ese plan de recolección?

☐ Sí Salta a la pregunta 3 ☐ No Salta a la pregunta 4

3.0 ¿Cómo lo calificaría el beneficio aportado a la sociedad?

Muy bueno Regular Intrascendente Malo Muy malo

4.0 Este plan de recolección integra o incentiva a los ciudadanos a participar activamente en el reciclaje de los residuos sólidos?

☐ Sí Salta a la pregunta 5 ☐ No Salta a la pregunta 6

5.0 ¿Cómo calificaría la integración o incentivos a los ciudadanos en la participación

activamente en el reciclaje de los residuos sólidos?

Muy bueno Regular Intrascendente Malo Muy malo

6.0 ¿Este plan de recolección ha permitido la creación de más fuentes de trabajo que el plan anterior?

☐ Sí Salta a la pregunta 7 ☐ No Salta a la pregunta 8

7.0 ¿Cómo calificaría las nuevas fuentes de trabajo creadas por este plan?

Muy bueno Regular Intrascendente Malo Muy malo

8.0 ¿Cómo calificaría el trabajo desempeñado por la institución encargada del manejo de residuos sólidos utilizando este plan de recolección?

Muy bueno Regular Intrascendente Malo Muy malo

9.0 ¿Cree usted que el uso de contenedores incentiva a la población a reciclar más que el plan anterior?

☐ Sí Salta a la pregunta 10 ☐ No Salta a la pregunta 11

10. ¿Cómo calificaría usted el incentivo a la población a reciclar más, al utilizar el plan con contenedores?

Muy bueno Regular Intrascendente Malo Muy malo

11.0 ¿Este plan ha generado más o nuevas oportunidades laborales dentro del sector de reciclaje?

☐ Sí Salta a la pregunta 12 ☐ No Salta a la pregunta 13

12. ¿Cómo calificaría las nuevas oportunidades laborales dentro del sector de reciclaje?

Muy bueno Regular Intrascendente Malo Muy malo

13. ¿Cree que este plan de recolección ha impactado en los ingresos de los recicladores?

☐ Sí

Salta a la pregunta 14

☐ No

Salta a la pregunta 15

14.0 ¿Cómo calificaría el impacto que este plan de recolección provocó en los ingresos de los recicladores?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

15. ¿Ha disminuido la presencia de minadores con la implementación del plan de recolección utilizando contenedores?

☐ Sí

Salta a la pregunta 16

☐ No

Salta a la pregunta 17

16. ¿Cómo calificaría la disminución de la presencia de minadores con la implementación del plan de recolección utilizando contenedores?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

17. ¿Cree usted que este plan ayuda a disminuir los riesgos laborales de los recicladores?

☐ Sí

Salta a la pregunta 18

☐ No

Salta a la pregunta 19

18. ¿Cómo calificaría la disminución riesgos laborales de los recicladores utilizando este plan?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

19. ¿Cree que el plan de recolección utilizando contenedores ha reducido los malos olores en la ciudad?

☐ Sí

Salta a la pregunta 20

☐ No

Salta a la pregunta 21

20. ¿Cómo calificaría la reducción de los malos olores en la ciudad al utilizar este plan?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

21. ¿Considera que este plan ha mejorado la imagen del entorno reduciendo la contaminación visual?

☐ Sí

Salta a la pregunta 22

☐ No

Salta a la pregunta 23

22. ¿Cómo calificaría la reducción de la contaminación visual utilizando el plan de contenedores?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

23. ¿Cómo califica usted el nivel de olores en las áreas donde se disponen los residuos con este plan?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

24. ¿Cree que este plan ha contribuido a mejorar la salud pública en la comunidad?

☐ Sí

Salta a la pregunta 25

☐ No

Salta a la pregunta 26

25. ¿Cómo calificaría la contribución a mejorar la salud pública en la comunidad utilizando este plan?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

26. ¿Este plan ha fomentado la separación de residuos desde los hogares?

☐ Sí

Salta a la pregunta 27

☐ No

Salta a la pregunta 28

27. ¿Cómo calificaría el fomento de la separación de residuos desde los hogares con este plan?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

28. ¿Considera que el servicio de recolección actual cubre todas las zonas necesarias?

☐ Sí

Salta a la pregunta 29

☐ No

Salta a la pregunta 30

29. ¿Cómo calificaría la cobertura del servicio de recolección actual?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

30. ¿Cree que los residuos son recogidos en un tiempo adecuado con este plan?

☐ Sí

Salta a la pregunta 31

☐ No

Salta a la pregunta 32

31. ¿Cómo calificaría el tiempo de recolección con este plan?

Muy bueno

Regular

Intrascendente

Malo

Muy malo

32. ¿Cómo calificaría el uso de espacio público para la disposición de residuos utilizado por los contenedores ?
Muy bueno Regular Intrascendente Malo Muy malo

33. ¿Ha mejorado la calidad de los productos reciclados con este plan de recolección?

☐ Sí

Salta a la pregunta 34

☐ No

34. ¿Cómo calificaría la mejora de la calidad de los productos reciclados con este plan de recolección?
Muy bueno Regular Intrascendente Malo Muy malo

Tabla 19:

Consideraciones realizadas para la asignación de recursos.

Consideraciones para la recolección puerta a puerta.

COSTOS DIRECTOS

1.1 MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo (\$/h) según beneficios de ley.	Dedicación (%)
Peón	2	U	4.25	100
Chofer	1	U	6.24	100

1.2 CAMION RECOLECTOR

$$1.2.1 \text{ Depreciación } (\$/h) = \frac{(\text{Costo de adquisición } \$) - (\text{costo de adquisición } \$) * \% \text{ residual}}{\text{Horas laboradas } \left(\frac{h}{\text{año}}\right) * \text{vida útil (años)}}$$

Donde:

Costo de adquisición: \$ 105580

% residual: 15 %

Vida útil : 5 años

Horas laboradas : 2304 horas

$$\text{Depreciación} = 7.79 (\$/h)$$

$$1.2.2 \text{ Mantenimiento } (\$/h) = 0.23 * \text{Depreciación } (\$/h)$$

$$\text{Mantenimiento} = 1.79 (\$/h)$$

$$1.2.3 \text{ Combustible } (\$/h) = \frac{\left(\frac{\text{Costo } \left(\frac{\$}{\text{gal}}\right)}{\text{Rendimiento } \left(\frac{\text{km}}{\text{gal}}\right)} * \text{distancia recorrida} \left(\frac{\text{km}}{\text{día}}\right) \right)}{\text{Jornada Laboral } \left(\frac{h}{\text{día}}\right)}$$

Donde:

Costo: En el caso de Diesel 2.8 \$/gal

Distancia recorrida: kilómetros que recorre el camión recolector en un día de trabajo

Rendimiento: (30km/ Gal)

Jornada laboral: Horas de trabajo, generalmente 8 horas al día

El costo en combustible (\$/h), es variable para cada localidad debido a la diferencia en las rutas de recolección

$$1.2.4. \text{ Llantas } (\$/h) = \frac{\left(\text{Costo unitario } (\$) * \text{Recorrido } \left(\frac{km}{día} \right) * \frac{1}{\text{vida útil de llantas } (km)} \right)}{\text{Jornada Laboral } \left(\frac{h}{día} \right)}$$

Donde:

Costo: \$ 2760

Recorrido: kilómetros que recorre el camión recolector por las rutas de recolección en un día de trabajo, el cual es variable.

Vida útil de las llantas: 50000 km

Jornada laboral: Horas de trabajo, generalmente 8 horas al día

El costo de las llantas (\$/h), es variable para cada localidad debido a la diferencia en las rutas de recolección

$$1.2.5 \text{ Lubricantes } (\$/h) = (0.00132 * \text{valor del lubricante } \left(\frac{\$}{litro} \right) + 0.001 \text{ valor de la grasa } (\$/KG)) * \text{potencia (Hp)}$$

Donde:

$$\text{Valor del lubricante } \left(\frac{\$}{litro} \right) = 4.20$$

$$\text{Valor de la grasa } \left(\frac{\$}{Kg} \right) = 8.50$$

$$\text{Potencia (Hp)} = 245$$

$$\text{Lubricantes} = 3.44 (\$/h)$$

1.2.6. Repuestos (\$/h) = $0.7425 * Depreciación.$

$$\underline{\text{Repuestos} = 5.78 (\$/h)}$$

1.3 SUMINISTROS OPERATIVOS DEL PERSONAL

$$1.3.1 \text{ Costo día uniformes } (\$/\text{día}) = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Total de suministros}}{\text{Días laborables al mes (días)}}$$

Donde:

Costo unitario: (\$ 35.00 un Overol + buso, \$10 un par de guantes, \$0.50 una mascarilla, \$65.00 un par de zapatos)

Total, de suministros: Para el caso del peón se asignó (1 uniforme cada 3 meses, 2 pares de guantes cada mes, una mascarilla diaria y un par de zapatos cada 3 meses), en cambio para el chofer se asignó (1 uniforme cada 6 meses y un par de zapatos cada 6 meses)

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

$$\text{Costo día Overol+buso} = 1.22 (\$/\text{día})$$

$$\text{Costo día Guantes} = 2.50 (\$/\text{día})$$

$$\text{Costo día Mascarillas} = 1.00 (\$/\text{día})$$

$$\text{Costo día zapatos} = 2.26 (\$/\text{día})$$

$$1.3.2 \text{ Costo día herramientas } (\$/\text{día}) = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Cantidad anual}}{\text{Días laborables al mes } \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}}\right) * 12 \text{ meses}}$$

Donde:

Costo unitario: (\$ 8.60 para escobas, recogedor metálico \$ 12.50 y Pala \$ 18.37)

Cantidad Anual: (3 escobas, 2 recogedores metálicos, y 1 pala)

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

$$\text{Costo escoba} = 0.09 (\$/\text{día})$$

$$\text{Costo recogedor metálico} = 0.09 (\$/\text{día})$$

$$\text{Costo pala} = 0.06 (\$/\text{día})$$

COSTOS INDIRECTOS

2.1 Mano de obra indirecta

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo (\$/h) , según beneficios de ley.	Dedicación (%)
Supervisor	2	U	6.24	25
Secretaria	1	U	4.15	25

Se consideró en 25%, considerando que la gestión integral es de 4 etapas. Y en esta investigación solamente se analiza la de recolección.

2.2 Financiamiento

$$\text{Valor final (\$)} = \text{Valor actual (\$)} * (1 + i)^n$$

Donde:

i: tasa de interés (2.5)

n: Periodo en años (5 años)

$$\text{Valor final} = \$ 119454.08$$

$$\text{Interés (\$)} = \text{Valor final (\$)} - \text{Valor actual (\$)}$$

$$\text{Interés} = \$ 13874.08$$

$$2.3 \text{ Seguros (\$/h)} = \frac{(\text{Costo de adquisicion (\$)} + (\text{costo de adquisicion (\$)} * \% \text{residual})) * \text{tasa de seguro}}{2 * \text{horas laboradas (h/año)}}$$

Donde:

Costo de adquisición: (\$105580)

% residual: 15 %

Tasa de seguros: Representa la tasa de pago por concepto de seguros, generalmente 3%

$$\text{Seguros} = 0.79 (\$/h)$$

$$\text{Costo día de materiales y útiles de oficina (\$/día)} = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Cantidad anual}}{\text{Días laborables al mes} \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right) * 12 \text{ meses}} * \% \text{ dedicacion}$$

Donde:

Costo unitario: Valor que cuesta una unidad de cada insumo

Cantidad Anual: Cantidad total anual

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

$$\text{Costo día de materiales y útiles de oficina} = 0.15 (\$/día)$$

COSTOS INDIRECTOS

3.1 SEGURIDAD Y PUBLICIDAD

$$\text{Costo día seguridad y publicidad (\$/día)} = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Cantidad anual}}{\text{Días laborables al mes} \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right) * 12 \text{ meses}} * \% \text{ dedicacion}$$

Donde:

Costo unitario: Valor que cuesta una unidad de cada insumo. (GPS , Pintura de vehículos y stiker publicitario)

Cantidad Anual: Cantidad total anual del producto o servicio

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

$$\text{Costo día seguridad y publicidad} = 7.38 \text{ (\$/día)}$$

Consideraciones realizadas para el caso de recolección mediante almacenamiento temporal.

COSTOS DIRECTOS

1.2 MANO DE OBRA

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo (\$/h) según contraloría general del estado 2025	Dedicación (%)
Peón	1	U	4.25	100
Chofer	1	U	6.24	100

1.2 CAMION RECOLECTOR

$$1.2.1 \text{ Depreciación } (\$/h) = \frac{(\text{Costo de adquisición } \$) - (\text{costo de adquisición } \$) * \% \text{ residual}}{\text{Horas laboradas } \left(\frac{h}{\text{año}}\right) * \text{vida útil (años)}}$$

Donde:

Costo de adquisición: \$ 325000

% residual: 15 %

Vida útil : 5 años

Horas laboradas : 2304 horas

$$\underline{\underline{\text{Depreciación} = 23.98 (\$/h)}}$$

$$1.2.2 \text{ Mantenimiento } (\$/h) = 0.23 * \text{Depreciación } (\$/h)$$

$$\underline{\underline{\text{Mantenimiento} = 5.52 (\$/h)}}$$

$$1.2.3 \text{ Combustible } (\$/h) = \frac{\left(\frac{\text{Costo } \left(\frac{\$}{\text{gal}}\right)}{\text{Rendimiento } \left(\frac{\text{km}}{\text{gal}}\right)} * \text{distancia recorrida} \left(\frac{\text{km}}{\text{día}}\right) \right)}{\text{Jornada Laboral } \left(\frac{h}{\text{día}}\right)}$$

Donde:

Costo: En el caso de Diesel 2.8 \$/gal

Distancia recorrida: kilómetros que recorre el camión recolector en un día de trabajo

Rendimiento: (30km/ Gal)

Jornada laboral: Horas de trabajo, generalmente 8 horas al día

El costo del combustible (\$/h), es variable para cada localidad debido a la diferencia en las rutas de recolección

$$1.2.4. \text{ Llantas } (\$/h) = \frac{\left(\text{Costo unitario } (\$) * \text{Recorrido } \left(\frac{km}{día} \right) * \frac{1}{\text{vida útil de llantas } (km)} \right)}{\text{Jornada Laboral } \left(\frac{h}{día} \right)}$$

Donde:

Costo: \$ 2760

Recorrido: kilómetros que recorre el camión recolector por las rutas de recolección en un día de trabajo, el cual es variable.

Vida útil de las llantas: 50000 km

Jornada laboral: Horas de trabajo, generalmente 8 horas al día

El valor de las llantas (\$/h), es variable para cada localidad debido a la diferencia en las rutas de recolección

$$1.2.5 \text{ Lubricantes } (\$/h) = (0.00132 * \text{valor del lubricante } \left(\frac{\$}{litro} \right) + 0.001 \text{ valor de la grasa } (\$/KG)) * \text{potencia (Hp)}$$

Donde:

$$\text{Valor del lubricante } \left(\frac{\$}{litro} \right) = 4.20$$

$$\text{Valor de la grasa } \left(\frac{\$}{Kg} \right) = 8.50$$

$$\text{Potencia (Hp)} = 245$$

$$\text{Lubricantes} = 3.44 (\$/h)$$

$$1.2.6. \text{Repuestos } (\$/h) = 0.7425 * \text{Depreciación.}$$

$$\underline{\text{Repuestos} = 5.78 (\$/h)}$$

1.3 CONTENEDORES

$$1.3.1 \text{ Depreciación } (\$/h) = \frac{(\text{Costo de adquisicion } (\$) - (\text{costo de adquisicion } (\$) * \% \text{ residual}))}{\text{Horas laboradas } \left(\frac{h}{\text{año}}\right) * \text{vida util (años)}}$$

Donde:

Costo de adquisición: \$ 2400

% residual: 0.00 %

Vida útil : 5 años

Horas laboradas : 8640 horas

$$\underline{\text{Depreciación} = 1.80 (\$/h)}$$

$$1.3.2 \text{ Mantenimiento } (\$/h) = 0.23 * \text{Depreciación } (\$/h)$$

$$\underline{\text{Mantenimiento} = 0.42 (\$/h)}$$

1.4 SUMINISTROS OPERATIVOS DEL PERSONAL

$$1.4.1 \text{ Costo día uniformes } (\$/\text{día}) = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Total de suministros}}{\text{Días laborables al mes (días)}}$$

Donde:

Costo unitario: (\$ 35.00 un Overol + buso, \$10 un par de guantes, \$0.50 una mascarilla, \$65.00 un par de zapatos)

Total, de suministros: Para el caso del peón se asignó (1 uniforme cada 3 meses, 2 pares de guantes cada mes, una mascarilla diaria y un par de zapatos cada 3 meses), en cambio para el chofer se asignó (1 uniforme cada 6 meses y un par de zapatos cada 6 meses)

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

$$1.4.2 \text{ Costo día herramientas (\$/día)} = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Cantidad anual}}{\text{Días laborables al mes} \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}} \right) * 12 \text{ meses}}$$

Donde:

Costo unitario: (\$ 8.60 para escobas, recogedor metálico \$ 12.50 y Pala \$ 18.37)

Cantidad Anual: (3 escobas, 2 recogedores metálicos, y 1 pala)

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

$$\text{Costo escoba} = 0.09 \text{ (\$/día)}$$

$$\text{Costo recogedor metálico} = 0.09 \text{ (\$/día)}$$

$$\text{Costo pala} = 0.06 \text{ (\$/día)}$$

COSTOS INDIRECTOS

2.1 Mano de obra indirecta

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo (\$/h) según contraloría general del estado 2025	Costo (\$/h)	Dedicación (%)
-------------	----------	--------	--	--------------	-------------------

Supervisor	2	U	6.24		25
Secretaria	1	U	4.15		25

2.2 Financiación

$$\text{Valor final (\$)} = \text{Valor actual (\$)} * (1 + i)^n$$

Donde:

i: tasa de interés (2.5)

n: Periodo en años (5 años)

$$\text{Valor final} = \$ 119454.08$$

$$\text{Interés (\$)} = \text{Valor final (\$)} - \text{Valor actual (\$)}$$

$$\text{Interés} = \$ 13874.08$$

$$2.3 \text{ Seguros (\$/h)} = \frac{(\text{Costo de adquisicion (\$)} + (\text{costo de adquisicion (\$)} * \% \text{residual})) * \text{tasa de seguro}}{2 * \text{horas laboradas (h/año)}}$$

Donde:

Costo de adquisición: (\$325000)

% residual: 15 %

Tasa de seguros: Representa la tasa de pago por concepto de seguros, generalmente 3%

$$\text{Seguros} = 0.79 (\$/h)$$

$$\text{Costo día de materiales y útiles de oficina } (\$/\text{día}) = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Cantidad anual}}{\text{Días laborables al mes } \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}}\right) * 12 \text{ meses}} * \% \text{ dedicacion}$$

Donde:

Costo unitario: Valor que cuesta una unidad de cada insumo

Cantidad Anual: Cantidad total anual

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

$$\underline{\text{Costo día de materiales y útiles de oficina} = 0.15 (\$/\text{día})}$$

COSTOS INDIRECTOS

3.1 SEGURIDAD Y PUBLICIDAD

$$\text{Costo día seguridad y publicidad } (\$/\text{día}) = \text{Costo unitario} * \frac{\text{Cantidad anual}}{\text{Días laborables al mes } \left(\frac{\text{días}}{\text{mes}}\right) * 12 \text{ meses}} * \% \text{ dedicacion}$$

Donde:

Costo unitario: Valor que cuesta una unidad de cada insumo. (GPS , Pintura de vehículos y stiker publicitario)

Cantidad Anual: Cantidad total anual del producto o servicio

Días laborables al mes: Generalmente 24 días/mes

$$\text{Costo día seguridad y publicidad} = 7.38 (\$/\text{día})$$