



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

Firmado electrónicamente por: José Francisco
Gómez Rivera
Motivo: Autorización electrónica de trabajo de
graduación
Fecha: 08/03/2026 18:16:07
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE MANEJO DE SEPARACIÓN Y
CLASIFICACIÓN EN ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR LOS
VISITANTES DEL PARQUE ECOLÓGICO Y DEPORTIVO CAYALÁ, ZONA 16, CIUDAD DE
GUATEMALA**

Bryan Ernesto Morales Véliz

Asesorado por la Mtr. Rosa Jocabed Rodríguez Navarro

Guatemala, marzo 2026

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE MANEJO DE SEPARACIÓN Y
CLASIFICACIÓN EN ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR LOS
VISITANTES DEL PARQUE ECOLÓGICO Y DEPORTIVO CAYALÁ, ZONA 16, CIUDAD DE
GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BRYAN ERNESTO MORALES VÉLIZ

ASESORADO POR LA MTR. ROSA JOCABED RODRÍGUEZ NAVARRO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO AMBIENTAL

GUATEMALA, MARZO 2026

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO (a. i.)	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Ing. José Fernando Paz González
SECRETARIO	Dr. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

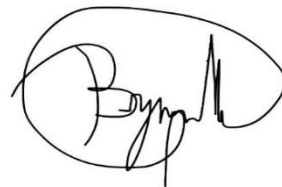
DECANO (a. i.)	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADORA	Ing. Márilyn Caribel Rojas Maldonado
EXAMINADORA	Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
SECRETARIO	Dr. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE MANEJO DE SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN EN ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR LOS VISITANTES DEL PARQUE ECOLÓGICO Y DEPORTIVO CAYALÁ, ZONA 16, CIUDAD DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Escuela de Estudios de Posgrado de Energía y Ambiente, con fecha 27 de octubre del 2025.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is stylized and appears to read 'Bryan Morales'.

Bryan Ernesto Morales Véliz



EEPFI-PP-1542-2025

Guatemala, 8 de octubre de 2025

Director
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Escuela De Ingenieria Quimica
Presente.

Estimado Williams Guillermo Álvarez Mejía

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Protocolo de Trabajo de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN EN ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL PARQUE ECOLÓGICO Y DEPORTIVO CAYALÁ, ZONA 16, CIUDAD DE GUATEMALA.**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión y tratamiento de residuos - Problemática en la gestión y generación de residuos**, presentado por el estudiante **BRYAN ERNESTO MORALES VÉLIZ** con cui **3541906950101**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Energía Y Ambiente.

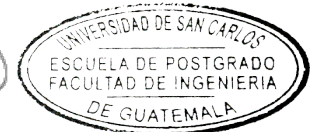
Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

M.A. Inga. A.T. Rosa Jocabed
Rodríguez Navarro
Colegiado: 5,649

Mtro. Rosa Jocabed Rodríguez Navarro
Asesor(a)



Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría

Mtra. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



Oficina Virtual





EEP.EIQ.1462.2025

El Director de la Escuela De Ingenieria Quimica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN EN ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL PARQUE ECOLÓGICO Y DEPORTIVO CAYALÁ, ZONA 16, CIUDAD DE GUATEMALA.**, presentado por el estudiante universitario **BRYAN ERNESTO MORALES VÉLIZ** con cui **3541906950101**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Mtro. Williams Guillermo Álvarez Mejía; Mg.I.Q., M.U.I.E.
Director
Escuela De Ingenieria Quimica

Guatemala, octubre de 2025



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Decanato
Facultad e Ingeniería

24189101- 24189102

LNG.DECANATO.OIE.277.2026

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte de la Dirección de Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN EN ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL PARQUE ECOLÓGICO Y DEPORTIVO CAYALÁ, ZONA 16, CIUDAD DE GUATEMALA.**, presentado por: **Bryan Ernesto Morales Véliz** después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Firmado electrónicamente por: José Francisco Gómez Rivera
Motivo: Informe final PREGRADOPOSTGRADO
Fecha: 08/03/2026 18:16:03
Lugar: Facultad de Ingeniería, USAC.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Decano a.i.



Guatemala, marzo de 2026

Para verificar validez de documento ingrese a <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/firma-electronica/consultar-documento>

Tipo de documento: Correlativo para orden de impresión Año: 2026 Correlativo: 277 CUI: 3541906950101

Escuelas: Ingeniería Civil, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica Eléctrica, - Escuela de Ciencias, Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos (ERIS). Postgrado Maestría en Sistemas Mención Ingeniería Vial. Carreras: Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Licenciatura en Matemática. Licenciatura en Física. Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas (CESEM). Guatemala, Ciudad

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por acompañarme en el transcurso de mi caminar, por sostenerme en los momentos de incertidumbre y por ser mi guía constante. Todo lo logrado en esta etapa es para mayor gloria de Él.
- Mis padres** Por no dejarme solo en ningún momento, por su apoyo incondicional durante todo el proceso académico y por ser un ejemplo constante de esfuerzo y responsabilidad. Este logro también es suyo.
- Mis hermanos** Por ser mis mejores amigos, por motivarme en cada momento difícil y por demostrarme que la hermandad es una fuerza que impulsa a salir adelante juntos. Su compañía y apoyo han sido fundamentales en este logro.
- Mis abuelos** Por ser el mayor ejemplo de humildad y trabajo honesto. Su vida, marcada por el esfuerzo y la sencillez, ha sido una inspiración constante en mi formación personal y profesional.

Mi familia

Por ser ese regalo invaluable que Dios puso en mi vida y por acompañarme con amor, paciencia y fortaleza en cada paso de este camino. Su presencia ha sido mi mayor bendición.

Mis amigos

De cada una de las etapas de formación de mi vida, gracias por su amistad, por su compañía en los momentos clave de mi vida y por ser parte esencial de este recorrido académico.

Mis primos

Que son como hermanos, con quienes he crecido y compartido momentos significativos. Su presencia ha sido parte importante en mi proceso de superación personal y académica.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios, por brindarme las herramientas académicas y humanas necesarias para mi formación profesional, y por enseñarme que el conocimiento debe compartirse con responsabilidad, compromiso y vocación de servicio.

**Mis amigos de la
Facultad de
Ingeniería**

Por compartir conmigo esta etapa de formación, por el crecimiento conjunto, el apoyo mutuo y los aprendizajes que marcaron profundamente mi camino académico y personal.

Mis padres

Por su apoyo incondicional, por creer en mí en cada etapa de este proceso y por brindarme el amor, la fortaleza y el ejemplo que han sido fundamentales para alcanzar este logro.

**Inga. Rosa Jocabed
Rodríguez**

Por brindarme su acompañamiento profesional e íntegro, por compartir sus amplios conocimientos y por guiarme con responsabilidad y compromiso durante el desarrollo de esta investigación.

Ing. Marvin Merida

Por su compromiso, profesionalismo y acompañamiento durante el proceso de redacción e investigación.

**Facultad de
Ingeniería**

Por el conocimiento impartido, la formación académica recibida y por ser un pilar fundamental en mi desarrollo profesional.

Mi novia

Celeste, por ser parte fundamental de este proceso, por brindarme su paciencia, comprensión y amor en cada etapa.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
3.1. Contexto general.....	11
3.2. Descripción del problema	12
3.3. Formulación del problema	14
3.3.1. Pregunta central	14
3.3.2. Preguntas auxiliares	14
4. JUSTIFICACIÓN.....	15
5. OBJETIVOS	17
5.1. General	17
5.2. Específicos.....	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	19
7. MARCO TEÓRICO	21

7.1.	Residuos y desechos sólidos: concepto, clasificación y problemática general	21
7.1.1.	Definición de residuos y desechos sólidos.....	22
7.1.1.1.	Residuos sólidos urbanos (RSU) y su composición.....	22
7.2.	Tipos de residuos o desechos sólidos: clasificación técnica y normativa	24
7.2.1.	Clasificación según Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	25
7.2.2.	Clasificación según composición o naturaleza	25
7.2.3.	Clasificación por origen	27
7.2.4.	Clasificación según su biodegradabilidad	29
7.2.5.	Clasificación según su composición.....	30
7.3.	Problemática ambiental y social asociada al manejo inadecuado	34
7.3.1.	Impactos ambientales.....	34
7.3.1.1.	Impactos sobre fauna y flora.....	35
7.3.2.	Impactos sociales y de salud.....	35
7.3.3.	Impacto económico.....	36
7.3.4.	Escala del problema en Guatemala	36
7.3.5.	Particularidades de la generación de residuos y desechos en espacios públicos y recreativos	38
7.4.	Caracterización de residuos sólidos.....	39
7.4.1.	Equipo requerido para caracterización.....	39
7.4.2.	Metodología para llevar a cabo la caracterización..	39
7.4.2.1.	Prueba de composición física	44
7.4.2.2.	Prueba de densidad de los residuos sólidos	45
7.5.	Separación y clasificación en origen	48

7.5.1.	Fundamentos técnicos de la separación en origen	49
7.5.2.	Ventajas técnicas, operativas y ambientales	51
7.5.3.	Aplicación en espacios públicos y de uso recreativo	52
7.5.3.1.	Diseño de puntos de disposición diferenciada	52
7.5.3.2.	Comportamiento de los usuarios en espacios públicos	53
7.5.3.3.	Adaptaciones en parques ecológicos ..	53
7.6.	Normativa nacional aplicable a la separación en origen	54
7.6.1.	Acuerdo Gubernativo 164-2021 (Reglamento de Residuos y Desechos Sólidos Comunes)	54
7.6.2.	Acuerdo Gubernativo 281-2015 (Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos).....	55
7.6.3.	Guías técnicas del MARN.....	55
7.6.3.1.	Acuerdo Ministerial 297-2023 (Guía de Tipificación Iconográfica para Residuos y Desechos Sólidos Comunes).....	55
7.7.	Gestión operativa interna de residuos	56
7.7.1.	Infraestructura para la recolección diferenciada	56
7.7.2.	Infraestructura necesaria para el manejo interno.....	57
7.7.3.	Dimensionamiento de contenedores y rutas internas	57
7.7.4.	Logística de acopio y recolección.....	59
7.7.5.	Factores limitantes y criterios de eficiencia operativa	59

7.8.	Educación ambiental y participación ciudadana en espacios públicos.....	60
7.8.1.	Rol de la educación ambiental en la gestión interna de residuos	60
7.8.2.	Formación del personal operativo	61
7.8.3.	Estrategias de sensibilización para visitantes	61
7.8.4.	Participación activa como elemento de sostenibilidad	62
8.	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	63
9.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	65
2.1.1.	Definición de residuos y desechos sólidos.....	65
2.1.1.1.	Residuos sólidos urbanos (RSU) y su composición.....	65
10.	METODOLOGÍA	69
10.1.	Características del estudio	69
10.2.	Unidades de análisis.....	70
10.3.	Variables	70
10.4.	Fases de estudio.....	71
10.4.1.	Fase 1: Revisión documental y normativa sobre la gestión de residuos sólidos urbanos	71
10.4.2.	Fase 2: Gestión o recolección de datos	71
10.4.2.1.	Etapa 1: Caracterización gravimétrica de los residuos sólidos	72
10.4.2.2.	Procedimiento para la caracterización gravimétrica	72
10.4.2.2.1.	Método de cuarteo.....	73

	10.4.2.2.2.	Prueba de composición física en general.....	74
	10.4.2.2.3.	Prueba de densidad.....	81
	10.4.2.3.	Producción per cápita (PPC).....	82
	10.4.2.4.	Porcentaje de residuos por día	83
10.4.3.		Fase 3: Diagnóstico de barreras operativas y organizativas.....	84
	10.4.3.1.	Procedimiento para encuestas y entrevistas semiestructuradas.....	84
	10.4.3.2.	Encuesta al personal operativo del parque.....	84
	10.4.3.2.1.	Encuesta a los visitantes del parque	86
10.4.4.		Fase 4: Dimensionamiento de contenedores y diseño de rutas internas de recolección	88
	10.4.4.1.	Dimensionamiento de los contenedores.....	89
	10.4.4.2.	Ubicación estratégica de los contenedores.....	90
10.4.5.		Fase 5: Análisis integrado de resultados y formulación de la propuesta operativa	91
	10.4.5.1.	Estadística de generación y composición gravimétrica.....	92
	10.4.5.2.	Matriz de condiciones actuales y limitaciones.....	92
	10.4.5.3.	Propuesta operativa	92
11.		TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	93

12.	CRONOGRAMA	95
13.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	97
	REFERENCIAS	99
	APÉNDICES	115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Composición global de residuos sólidos urbanos.....	24
Figura 2.	Composición promedio de residuos sólidos en seis municipios (2021–2022).....	37
Figura 3.	Ecuación del tamaño de muestra.....	41
Figura 4.	Método de cuarteo	42
Figura 5.	Ecuación para Producción per cápita	44
Figura 6.	Ecuación para porcentaje de residuos por día	45
Figura 7.	Ecuación para cálculo de la densidad	47
Figura 8.	Diagrama de etapas de la caracterización.....	48
Figura 9.	Pirámide inversa del manejo de residuos	51
Figura 10.	Clasificación de los residuos sólidos según MARN	57
Figura 11.	Cálculo del volumen necesario	58
Figura 4.	Método de cuarteo	74
Figura 7.	Cálculo de la densidad.....	81
Figura 5.	Producción per cápita.....	82
Figura 6.	Porcentaje de residuos por día	83
Figura 11.	Cálculo del volumen necesario	89

TABLAS

Tabla 1.	Código de identificación de plástico.....	32
Tabla 2.	VARIABLES EN ESTUDIO.....	70

Tabla 3.	Registro de porcentajes de residuos sólidos generados en el parque.....	75
Tabla 4.	Clasificación residuos orgánicos.....	76
Tabla 5.	Clasificación de papel y cartón	76
Tabla 6.	Clasificación de plástico.....	77
Tabla 7.	Clasificación de vidrio	77
Tabla 8.	Clasificación de material ferroso.....	78
Tabla 9.	Clasificación de material no ferroso.....	78
Tabla 10.	Clasificación de varios	78
Tabla 11.	Clasificación de residuos sanitarios.....	79
Tabla 12.	Clasificación de residuos peligrosos.....	79
Tabla 13.	Clasificación de residuos especiales	80
Tabla 14.	Registro de porcentaje de residuos generados por día en el parque	83
Tabla 15.	Encuestas al personal operativo.....	86
Tabla 16.	Encuesta a los visitantes del parque	88
Tabla 17.	Dimensionamiento y ubicación de los contenedores en el parque	90
Tabla 18.	Distancia, tiempo y frecuencia de recolección de residuos en el parque	91
Tabla 19.	Cronograma de actividades a realizar en la investigación.	95
Tabla 20.	Recursos necesarios para realizar la investigación	97

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
D	Densidad de los residuos sólidos
N	Número total de elementos de la población
n	Número de elementos de la muestra
P	Peso total de los residuos recolectados
PPC	Producción per cápita de residuos
V	Volumen del recipiente o del residuo
%	Porcentaje en peso de un tipo de residuo respecto al total

GLOSARIO

Aprovechamiento	Proceso mediante el cual los residuos sólidos son reincorporados al ciclo productivo a través de actividades como reutilización, reciclaje o valorización, reduciendo la cantidad destinada a disposición final y contribuyendo a la economía circular.
Caracterización	Procedimiento técnico utilizado para determinar la composición porcentual de los residuos sólidos con base en su peso, permitiendo identificar la proporción de cada tipo de material presente en una muestra representativa.
CDAG	Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala.
Clasificación	Proceso de separación de los residuos en categorías establecidas, realizado generalmente en la fuente de generación para facilitar su manejo y aprovechamiento.
Contenedor	Recipiente destinado al almacenamiento temporal de residuos, identificado mediante código de colores o señalización específica.

Cuarteo	Técnica utilizada para reducir el tamaño de una muestra de residuos garantizando su representatividad para análisis.
Densidad	Relación entre el peso y el volumen que ocupan los residuos sólidos, usualmente expresada en kg/m ³ .
Dimensionamiento	Cálculo técnico que permite determinar la capacidad y cantidad necesaria de contenedores según la generación estimada de residuos.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; institución pública encargada de la normativa y control ambiental en Guatemala.
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
Reciclaje	Proceso mediante el cual los residuos son transformados para ser utilizados nuevamente como materia prima.
Residuos	Materiales sólidos generados por actividades humanas que requieren manejo, tratamiento o disposición final.

1. INTRODUCCIÓN

El manejo de residuos sólidos es un desafío crítico a nivel mundial. En el contexto de Guatemala, esta problemática se acentúa por la limitada cultura de clasificación y las deficiencias en la aplicación de la normativa ambiental. Aunque existen instrumentos legales que abordan la gestión de residuos, su implementación ha sido limitada en la mayoría de los espacios públicos. El Parque Ecológico y Deportivo Cayalá, a pesar de ser un espacio de alto valor ecológico y recreativo, no cuenta con un sistema de separación de residuos. La mezcla de residuos aprovechables y no valorizables obstaculiza su reciclaje y provoca la saturación de los contenedores, lo que genera contaminación visual y la dispersión de residuos en áreas recreativas, impactando negativamente en la calidad del entorno y en la vocación ambiental del parque.

Para hacer frente a este desafío, la investigación se centrará en el diseño de una propuesta técnica para el manejo de residuos en el punto de origen. No solo se busca resolver la acumulación de residuos, sino que también pretende convertir esta problemática en una oportunidad para generar beneficios económicos y mejorar el entorno. La importancia de esta propuesta radica en su potencial para asegurar un manejo eficaz y rentable de los residuos, al tiempo que se alinea con las directrices ambientales nacionales. Con este fin, se determinará el tipo, la composición y la cantidad de residuos que se generan, se identificarán las limitaciones físicas y operativas del parque, y se establecerán las acciones necesarias para implementar un proceso de separación en origen. La información obtenida

servirá como una línea base técnica para la planificación y el futuro sistema de manejo de residuos.

Se prevé que el estudio ofrezca resultados clave que incluirán un diagnóstico de la situación actual, una caracterización detallada de la composición de los residuos y una estimación de los beneficios económicos al adoptar un manejo responsable. Estos hallazgos no solo contribuirán a resolver el problema de acumulación, sino que también mejorarán la operatividad interna del parque y su viabilidad financiera. Asimismo, la propuesta reducirá la cantidad de desechos y aumentará la recuperación de materiales reciclables, lo que fortalecerá la imagen ambiental del parque y su rol educativo al promover una cultura de sostenibilidad. Estos aportes se diseñarán en sintonía con la normativa nacional y podrán ser replicados en otros espacios.

El estudio se abordará con una metodología de enfoque mixto. En el plano cuantitativo, se aplicará un protocolo gravimétrico para caracterizar la composición física de los residuos, utilizando el método de cuarteo para obtener muestras representativas y calcular indicadores. En el plano cualitativo, se llevará a cabo una revisión documental y se aplicarán encuestas y entrevistas al personal y a los usuarios para diagnosticar las barreras y percepciones sobre el tema. La factibilidad de la investigación está asegurada por la disponibilidad de recursos humanos y económicos, así como por el apoyo institucional del Parque Ecológico y Deportivo Cayalá para el acceso a la información.

La estructura de este trabajo de investigación comprende una revisión exhaustiva de antecedentes que enmarcan el estudio, seguida por el desarrollo de la base teórica que lo sustenta. Posteriormente, se detallará la

metodología aplicada para la recolección y análisis de los datos. En una sección posterior, se presentarán los resultados y se discutirán los hallazgos. Finalmente, se expondrán las conclusiones, recomendaciones y la bibliografía que complementa la investigación. Por lo tanto, este trabajo se perfila como una respuesta efectiva a la problemática del manejo inadecuado de residuos y promete ofrecer soluciones beneficiosas tanto desde una perspectiva ambiental como financiera.

2. ANTECEDENTES

En este apartado se presentan los antecedentes utilizados para el estudio, proporcionando información como punto de partida para comprender el tema y plantear el problema.

Vergara (2024). en su tesis de Maestría en Ciencias del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), *Residuos sólidos urbanos en parques de Mérida, Yucatán: percepción ciudadana*, examinó cómo la presencia y el tipo de residuos en seis parques de Mérida se relacionan con la percepción de las y los visitantes. Para ello, caracterizó los residuos siguiendo normas técnicas mexicanas aplicadas durante casi diez semanas y levantó cuestionarios a más de trescientas personas. Los hallazgos mostraron que los picos de generación coincidían con los periodos de mayor afluencia, lo que permitió recomendar un control más estricto del servicio de recolección y la implementación de programas de sensibilización para fortalecer la gestión en espacios recreativos. Según Vergara, es importante que las autoridades exijan un mejor servicio por parte de las empresas responsables de la recolección de residuos, y que las autoridades y el público sean orientados sobre las causas, impacto y soluciones para la gestión inadecuada de residuos en los parques, de modo que puedan gestionarse mejor y permitir espacios públicos apropiados para el ocio y el ejercicio físico (Vergara, 2024).

Medina (2023), en su tesina para la Especialidad en Gestión Integral de Residuos de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, *Plan de manejo de residuos sólidos urbanos del Parque Nacional Lagunas de*

Zempoala (delimitado a la subzona de uso público), sugiere la formulación de una estrategia de manejo para una zona con alta afluencia dentro de una reserva natural protegida. Utilizó una metodología mixta de tipo descriptivo que combinó recorridos de campo, observación directa, entrevistas semiestructuradas a actores clave y análisis de la normativa ambiental vigente. Medina identificó deficiencias en el sistema de recolección, falta de infraestructura adecuada y escasa educación ambiental por parte de los visitantes. A partir del diagnóstico, elaboró un plan técnico que contempla el ordenamiento del espacio, la instalación de estaciones de separación de residuos, señalización ambiental y campañas de información dirigidas a los usuarios del parque. Este plan busca mejorar la gestión de residuos con criterios sostenibles, involucrando tanto a la administración del parque como a los visitantes (Medina, 2023).

Amaya (2023), en su artículo científico publicado en la *Revista Actividad Física y Ciencias*, titulado *Plan de gestión integral de los residuos sólidos para las áreas recreativas–deportivas*, propuso una estrategia de gestión en un espacio recreativo urbano de Valledupar, Colombia. El estudio se desarrolló mediante el enfoque de “investigación acción participativa” (Amaya, 2023, p. 46), involucrando a estudiantes de educación básica en recorridos guiados y observaciones de campo. Los resultados evidenciaron acumulación de residuos en áreas de recreación, escasez de contenedores adecuados y deficiencias en el servicio de recolección. A partir de este diagnóstico, se formuló un plan que integró procesos de sensibilización ciudadana, instalación de contenedores para clasificación de desechos, actividades educativas y un sistema de seguimiento comunitario, con el fin de mejorar la gestión ambiental en el parque (Amaya, 2023).

Miranda (2022). En su tesis de Maestría, plantea un sistema orientado a disminuir los materiales destinados a disposición final, a través de su separación y aprovechamiento in situ. Realizó una caracterización física durante dos semanas en cuatro áreas del hotel, midiendo masa, volumen, densidad y generación per cápita diaria. Encontró que la fracción orgánica era el componente más dominante; por lo tanto, la idea de promover el compostaje surgió como una opción de tratamiento. Además, se definieron categorías para la separación en la fuente y se actualizó la estrategia para organizar los contenedores según el área de generación y el sistema de transferencia neumática dentro del mismo. El modelo permitió cuantificar que el 87 % del material producido podría utilizarse directamente en el sitio (Miranda, 2022).

Rivera y Sierra (2017), en su tesis de posgrado titulada *Propuesta de proyecto de un parque eco amigable en el municipio de Santa Ana, Francisco Morazán, integrando la reutilización de residuos*, presentaron un diseño de parque ecológico que resaltó la reutilización como estrategia para fortalecer la educación sobre el ambiente, incentivar la participación ciudadana y darle uso a los residuos que están en los alrededores del sitio. El estudio contempló una planificación detallada con estimaciones de capacidad, costos y tiempos de ejecución para la construcción del parque, aplicando criterios que lo califican como eco amigable. Además, la reutilización de materiales de difícil reciclaje fue concebida como una oportunidad para crear infraestructura destinada a la recreación dentro del parque (Rivera y Sierra, 2017).

Mora y Molina (2017), en su artículo científico *Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el Parque Histórico Guayaquil*, realizaron un análisis del sistema de manejo aplicado al procesamiento y también la gestión final de residuos en un parque urbano de alto valor turístico y ecológico ubicado

en Ecuador. La investigación se implementó durante ocho semanas a través de una muestra aleatoria simple y seleccionando las variables según los estándares establecidos por la normativa de protección ambiental en los sitios muestreados (cantidad, tipo y destino de residuos y adecuación de los sistemas de recolección y almacenamiento). Los hallazgos indicaron que el 83 % del total de desechos correspondía a materiales no peligrosos, consistiendo principalmente en residuos orgánicos y reciclables limpios, y que solo el 36 % de las disposiciones normativas evaluadas se cumplían en el lugar. Según los resultados, los autores sugieren que se debería mejorar la capacidad infraestructural, así como un sistema de segregación en origen y concienciación ambiental para la sustentabilidad del parque (Mora y Molina, 2017).

Requena (2021), en la tesis de postgrado titulada *Plan de desarrollo sostenible para la gestión de residuos sólidos generados por el Mercado Central del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala*, hizo una evaluación física del material desechado por los usuarios del mercado durante cinco días consecutivos. Mediante observación directa, recolección de muestras, pesaje y entrevistas, se logró determinar el volumen y la composición de los materiales que se generaron cada día. Estos se agruparon en fracciones orgánicas e inorgánicas, y se concluyó que la primera, conformada en su mayoría por restos vegetales, era la predominante, con una producción estimada de $0.55 \text{ kg negocio}^{-1} \text{ día}^{-1}$, frente a $0.06 \text{ kg negocio}^{-1} \text{ día}^{-1}$ de fracción inorgánica. El estudio también evidenció la falta de separación en el mercado, deficiencias en la recolección y ausencia de algún sitio de disposición final adecuado, además de una baja conciencia ambiental entre los usuarios (Requena, 2021).

López (2015) en la tesis de maestría presentada ante la Universidad Nacional Autónoma de México, titulada *Impacto ambiental causado por residuos sólidos en el río Grijalva, Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas*, evalúa los efectos debido a la acumulación y manejo final de los residuos en un parque nacional de México localizado en la cuenca del río Grijalva. El autor utilizó una metodología de observación directa, entrevistas, análisis documental y evaluación del impacto ambiental a través de indicadores cuantitativos y cualitativos. La investigación compara entre con residuos y sin residuos en dos estaciones distintas (seca y lluviosa), combinadas con equipos, residuos tales como plásticos, madera, electrodomésticos, llantas y escombros, registrando la cantidad de recolección en más de 100 t/día. Los efectos de bajo nivel fueron predominantemente en el paisaje y el agua, así como en la fauna acuática. El autor concluye que la gravedad de la situación exige estrategias de intervención diferenciadas, condicionadas a la estación del año, una estructura más efectiva para recolectar y una articulación interinstitucional más alta para enfrentar la degradación ambiental de las áreas nacionales privadas (López, 2015).

García (2022) en la tesis de Maestría para la Universidad San Carlos de Guatemala titulada *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Colonia Lomas de Pamplona ubicada en la Zona 13 de la Ciudad Capital, Guatemala*, plantea aprovechar los residuos con valor de reúso y reciclaje que generan los vecinos. Se realizó una caracterización sobre una muestra de 70 viviendas para cuantificar la cantidad de materia y el espacio de los residuos producidos. El autor determinó que los materiales más abundantes son inorgánicos con potencial de reúso y reciclaje; por ello, efectuó un estudio financiero sobre los ingresos derivados de su venta y tratamiento. Asimismo, recomendó destinar la fracción orgánica a entidades

dedicadas al compostaje. García calculó que, al ejecutarse el proyecto, hasta el 65 % del total del material generado podría recuperarse y aprovecharse. Ello disminuiría el amontonamiento de materiales reutilizables en los rellenos sanitarios y mitigaría el impacto ambiental ocasionado por su disposición final (García, 2022).

Rojas (2024) en el trabajo de graduación para la Maestría para la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle titulada *Educación ambiental y manejo de residuos sólidos en los estudiantes de la Facultad de Pedagogía y Cultura Física de la Universidad Nacional de Educación La Cantuta*, plantea que el nivel de educación ambiental se vincula con un manejo apropiado de los residuos dentro de espacios institucionales urbanos. Rojas realizó una investigación de naturaleza cuantitativa, de tipo correlacional, orientada a analizar los comportamientos de segregación, almacenamiento, recolección y recuperación de residuos de una población estudiantil universitaria mediante un cuestionario validado. El análisis estadístico mostró una relación muy significativa entre el grado de educación ambiental y el manejo sustentable de los residuos, confirmando la importancia de la formación docente para reforzar los contenidos ambientales e incorporar en la práctica actividades que fomenten el compromiso ecológico cotidiano en la universidad (Rojas, 2024).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo inadecuado de residuos sólidos en espacios públicos urbanos es un problema persistente en Guatemala, a pesar de la normativa que exige su separación en origen. Esta investigación se delimita al análisis y propuesta de manejo para la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados por los visitantes del Parque Ecológico y Deportivo Cayalá, excluyendo otros tipos de desechos o áreas externas al parque.

3.1. Contexto general

En Guatemala, el manejo de residuos sólidos sigue representando un desafío importante, especialmente en espacios públicos urbanos, donde persiste una baja cultura de clasificación entre la ciudadanía. El país cuenta con legislación vigente, así como normativas y guías técnicas emitidas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en las cuales se establece la obligatoriedad de la separación en origen. Sin embargo, su aplicación ha sido limitada en la mayoría de los espacios públicos del país. Como resultado, muchos parques urbanos no cuentan con estrategias de clasificación ni con la infraestructura adecuada para implementar un sistema de gestión eficiente, lo que dificulta el reciclaje, el aprovechamiento de residuos orgánicos y la reducción de impactos ambientales.

El Parque Ecológico y Deportivo Cayalá, ubicado en la zona 16 de la Ciudad de Guatemala, es un área de aproximadamente 14 manzanas que resguarda bosque secundario, vida silvestre y parte del corredor ecológico

del río Contreras. Es administrado por la Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación (FUNDAECO), siendo sede de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala (CDAG). Además de su función ecológica, es un espacio de uso social, recreativo y deportivo, visitado frecuentemente por atletas, familias y usuarios que realizan eventos.

3.2. Descripción del problema

A pesar de su valor ecológico y su afluencia de visitantes, el parque no cuenta con una caracterización técnica de los residuos sólidos generados ni con un sistema de separación estructurado.

En el Parque Ecológico y Deportivo Cayalá no se ha implementado un sistema de separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados por los visitantes. A pesar de ser un espacio con alta afluencia por actividades recreativas, deportivas y sociales, el parque aún no cuenta con medidas visibles ni operativas que promuevan una disposición diferenciada de los residuos. Esto ha llevado a que todos los desechos sean gestionados de forma conjunta, lo que obstaculiza su aprovechamiento, reduce las posibilidades de reciclaje y limita el cumplimiento del enfoque ecológico y educativo que el parque busca representar.

A pesar de la importancia ambiental y social del parque, no se han desarrollado estudios de caracterización que permitan conocer el tipo y la cantidad de residuos generados por zona, lo cual representa un obstáculo para establecer un sistema de separación en origen adecuado. Esta situación se debe, en parte, a que no se han aplicado metodologías oficiales como la Guía para la Caracterización de Residuos del MARN, lo que impide contar con un diagnóstico técnico actualizado. A esto se suma que el personal de

mantenimiento no posee formación especializada en la gestión y clasificación de residuos sólidos, y no existen registros sistemáticos sobre la generación diaria, lo que limita su capacidad para aplicar medidas efectivas dentro del parque.

Actualmente, en el parque no existen puntos ecológicos con contenedores diferenciados ni se han definido ubicaciones estratégicas para su instalación, lo cual dificulta la participación de los visitantes en la correcta separación de los residuos. Tampoco se cuenta con un plan formal que dictamine los lineamientos técnicos y operativos para la separación y clasificación de los residuos sólidos. Esta doble carencia refleja una falta de planificación operativa por parte de la administración del parque, lo que provoca que los residuos reciclables, orgánicos y no valorizables se mezclen, imposibilitando su tratamiento adecuado. Además, se desaprovecha el potencial educativo del parque como modelo de gestión ambiental al no contar con referencias visuales, logísticas ni criterios técnicos que orienten la actuación del personal o promuevan buenas prácticas entre los visitantes.

Como consecuencia de no contar con un sistema de separación y clasificación en origen, los residuos sólidos generados por los visitantes se disponen mezclados en los mismos recipientes. Esto provoca una acumulación visible de desechos en áreas recreativas y senderos, especialmente en días de alta afluencia o durante eventos sociales. Los contenedores se saturan rápidamente, generando contaminación visual, dispersión de residuos y sobrecarga para el personal de limpieza. Asimismo, se pierde la oportunidad de recuperar materiales reciclables o compostables, lo que limita el aprovechamiento de recursos y contradice la vocación ambiental y educativa del parque.

3.3. Formulación del problema

A continuación, se definen la pregunta principal y las preguntas auxiliares.

3.3.1. Pregunta central

¿Cuál será la propuesta de manejo adecuada para la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados por los visitantes en el Parque Ecológico y Deportivo Cayalá?

3.3.2. Preguntas auxiliares

- ¿Qué tipo de residuos sólidos se generan en el Parque Ecológico y Deportivo Cayalá y en qué cantidad?
- ¿Qué condiciones o limitaciones existen actualmente para separar y clasificar los residuos en el parque?
- ¿Qué acciones deben implementarse para el proceso de la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados por los visitantes del parque?

4. JUSTIFICACIÓN

La realización de la presente investigación se justifica en la línea de investigación de Gestión y tratamiento de residuos, dentro de la sublínea de Problemática en la gestión y generación de residuos sólidos, de la Maestría en Energía y Ambiente.

Entre los principales aportes de este estudio se encuentra la generación de información técnica sobre el tipo, cantidad y ubicación de los residuos sólidos generados por los visitantes del Parque Ecológico y Deportivo Cayalá, la cual no ha sido documentada hasta el momento. Además, se aportará con una propuesta técnica de separación y clasificación en origen, estructurada en función de las condiciones físicas y operativas del parque. Esta propuesta busca fortalecer las capacidades institucionales en la gestión de residuos, mejorar la imagen ambiental del parque y aportar a la formación de una cultura de separación en origen entre visitantes y personal administrativo.

Como resultados se obtendrá la caracterización técnica de la cantidad y calidad de los residuos sólidos generados en el parque, la localización de puntos críticos de acumulación, una propuesta operativa para separación y clasificación en origen, y un plan de capacitación para el personal encargado, acompañado de materiales de apoyo que contribuyan a la correcta implementación del sistema en eventos y actividades recreativas.

La investigación beneficiará principalmente a los visitantes del Parque Ecológico y Deportivo Cayalá, quienes contarán con un entorno más limpio, ordenado y con mejores condiciones para la recreación, el deporte y el contacto con la naturaleza. También contribuirá a la conservación de la biodiversidad presente en el parque, al reducir la contaminación visual, la presencia de residuos mal dispuestos y su impacto sobre la flora y fauna local. Adicionalmente, al implementar buenas prácticas de manejo de residuos, se fortalece el rol educativo del parque como espacio demostrativo de sostenibilidad urbana.

El diseño de una propuesta de manejo para la separación y clasificación en origen es una oportunidad para poder responder a una necesidad real que se observa en la mayoría de los espacios públicos urbanos en Guatemala. Esta investigación es conveniente debido a la contribución en la mejora ambiental del entorno, fortalece la cultura de separación en la fuente y busca promover la responsabilidad ciudadana compartida en el manejo de residuos. Además, se alinea con la legislación ambiental vigente, y con los principios establecidos en la Política Nacional de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, lo que le otorga relevancia técnica y aplicabilidad en contextos similares.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Diseñar una propuesta para la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados en el Parque Ecológico y Deportivo Cayalá.

5.2. Específicos

1. Determinar el tipo, la composición y la cantidad diaria de residuos sólidos que se generan en las distintas zonas y eventos de uso del parque.
2. Identificar las condiciones actuales y limitaciones físicas, operativas y organizativas para la separación y clasificación de los residuos sólidos dentro del parque.
3. Establecer las acciones para el proceso de la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados por los visitantes del parque.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

En la presente investigación se desarrolla una propuesta técnica para la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados en el Parque Ecológico y Deportivo Cayalá, con el fin de mejorar su gestión interna y aprovechar los materiales reciclables y orgánicos, reduciendo así los impactos ambientales en este espacio de alto valor ecológico y recreativo.

Actualmente no se cuenta con la información técnica sobre el tipo, la cantidad y la ubicación de los residuos generados, lo que dificulta su manejo y limita la planificación de infraestructura adecuada. Se requiere aplicar metodologías oficiales, como la Guía para la Caracterización de Residuos del MARN, que permitan obtener datos confiables para dimensionar el sistema, así como definir la logística, ubicación estratégica de contenedores y rutas internas de recolección.

La ausencia de un sistema de separación provoca que los residuos reciclables y orgánicos se mezclen con los no valorizables, impidiendo su aprovechamiento y saturando con rapidez los contenedores, especialmente en días de alta afluencia. Esta situación genera acumulación visible de desechos, dispersión de residuos en áreas recreativas y pérdida de la oportunidad educativa del parque como modelo de gestión ambiental.

La propuesta plantea implementar un esquema que incluya la caracterización gravimétrica de los residuos en cuatro estratos funcionales (salones de eventos, senderos, baños y oficinas), el dimensionamiento de contenedores diferenciados según tipo de residuo, la ubicación estratégica

de puntos para los contenedores, el diseño de rutas internas de recolección eficientes y un plan de sensibilización y capacitación para el personal y los visitantes.

Con la aplicación de este sistema, se espera optimizar la gestión de residuos, reducir la acumulación en áreas sensibles y aumentar la recuperación de materiales reciclables y compostables. La propuesta está dirigida a la administración del Parque Ecológico y Deportivo Cayalá, que al implementarla obtendrá beneficios ambientales, sociales y educativos, alineados con la legislación nacional y replicables en otros parques ecológicos.

7. MARCO TEÓRICO

“El desarrollo sostenible se ha convertido en el pilar para el desarrollo mundial a largo plazo, buscando asegurar la protección del medio ambiente, el bienestar social y el progreso económico de las naciones” (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA], 2018, p. 5). En este contexto, el reciclaje se entiende no solo como una alternativa de disposición final, sino también como un método que integra tratamiento y aprovechamiento de materiales, contribuyendo así a disminuir la carga operativa de los vertederos y prolongar su vida útil (Medina, 2016).

Sin embargo, el éxito de esta alternativa depende de una sólida educación ambiental que impulse la participación ciudadana (López y Rodríguez, 2022), ya que "la participación comunitaria en el manejo de los residuos sólidos es débil porque se considera que el problema compete únicamente a las municipalidades" (Acurio et al., 1997, p. 9).

7.1. Residuos y desechos sólidos: concepto, clasificación y problemática general

En el “Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes” (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2023, p. 1), se señala que existe una clasificación oficial destinada a facilitar el aprovechamiento de los materiales con valor residual. Este marco conceptual impulsa una economía de forma circular y constituye la base para la reglamentación técnica del país (MARN, 2023).

7.1.1. Definición de residuos y desechos sólidos

En el contexto urbano, el MARN (2021) define residuo sólido como “material producido por actividades humanas, descartado por el que lo genera, pero que sí posee valor intrínseco o extrínseco, por lo que su destino debe ser el aprovechamiento” (art. 3, párr. 16). En contraste, se considera “desecho sólido como material producido por actividades humanas, descartado por el ente que lo genera, que no posee valor intrínseco o extrínseco, cuyo destino debe ser la disposición final” (MARN, 2021, art. 3, párr. 3).

La misma normativa también los define como “aquellos cuya naturaleza no representa, en sí misma, un riesgo especial a la salud humana o al ambiente; por lo que no poseen características tóxicas, corrosivas, reactivas, explosivas, patológicas, infecciosas, punzocortantes, radiactivas u otras de similar riesgo” (MARN, 2021, art. 3, párr. 17). Asimismo, establece que su primera clasificación distingue entre orgánicos, que se descomponen de manera natural, e inorgánicos, que no presentan esa característica; y, de manera secundaria, “papel y cartón, vidrio, plástico, metal, multicapa y otros” (MARN, 2021) (como se citó en González, 2022, p. 28).

7.1.1.1. Residuos sólidos urbanos (RSU) y su composición

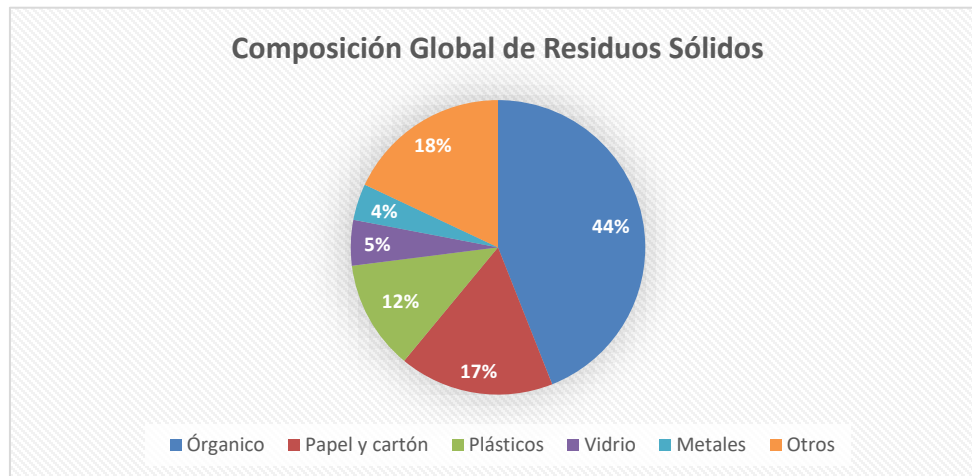
A nivel internacional, los residuos sólidos urbanos comprenden aquellos generados en hogares, comercios, instituciones, pequeñas empresas y servicios municipales, además de los desechos recolectados en la limpieza de vías y espacios comunitarios. Se excluyen los residuos peligrosos, industriales y biomédicos por su riesgo sanitario (United Nations

Environment Programme [UNEP] & International Solid Waste Association [ISWA], 2024; World Bank, 2018). La fracción doméstica es la más representativa e incluye principalmente restos de comida, envases y materiales reciclables como cartón, vidrio, metales y plásticos (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2021).

En cuanto a su composición, a nivel global los residuos sólidos urbanos se conforman en promedio por un 44 % de fracción orgánica, alrededor de un 17 % de papel y cartón, un 12 % de plásticos y proporciones menores de vidrio (5 %) y metales (4 %), mientras que el 18 % restante corresponde a otras categorías (World Bank, 2018). Según el Global Waste Management Outlook 2024, en los contextos de ingresos bajos e ingresos medios predomina la fracción orgánica, mientras que en los países de mayores ingresos adquieren mayor relevancia los materiales reciclables como papel, cartón y plásticos (UNEP & ISWA, 2024).

Figura 1.

Composición global de residuos sólidos urbanos



Nota. Adaptación de la composición global de residuos sólidos urbanos. Obtenido de World Bank (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. (<https://documents1.worldbank.org/curated/en/697271544470229584/pdf/What-a-Waste-2-0-A-Global-Snapshot-of-Solid-Waste-Management-to-2050.pdf>), consultado el 25 de febrero de 2026. De dominio público.

7.2. Tipos de residuos o desechos sólidos: clasificación técnica y normativa

Organizar de manera efectiva los residuos sólidos requiere clasificarlos, lo que facilita reconocer sus características físicas, su origen y las disposiciones normativas que corresponden a cada tipo (MARN, 2021).

7.2.1. Clasificación según Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

MARN (2021) estipula que “todas aquellas personas, individuales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras que produzcan residuos [...] deberán separarlos al momento de su generación, de acuerdo con la clasificación siguiente:

- Clasificación primaria
 - Orgánico
 - Inorgánico” (art. 12, párr. 1).

El Reglamento establece que “la separación de los residuos y desechos sólidos comunes se realizará de acuerdo con esta clasificación, como mínimo, hasta la fecha de implementación de la Clasificación Secundaria” (MARN, 2021, art. 12, párr. 2).

En ese mismo artículo se detalla que la “clasificación secundaria es de la siguiente manera: papel y cartón, vidrio, plástico, metal, multicapa y otros” (MARN, 2021, art. 12, párr. 3).

Este marco legal también establece la diferencia de los residuos especiales o peligrosos porque “no representan un riesgo especial para la salud humana ni para el ambiente” (MARN, 2021, art. 3, párr. 17).

7.2.2. Clasificación según composición o naturaleza

En contextos técnicos, clasificar los residuos de acuerdo con su composición o naturaleza es fundamental para la caracterización, ya que

permite identificar la fracción predominante y definir estrategias específicas de manejo. Este enfoque se utiliza en estudios de generación y composición física, al facilitar la estimación de indicadores como densidad, generación por persona y potencial de aprovechamiento de materiales (Hernando, 2012).

De forma general, los residuos pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Orgánicos

Comprenden restos de alimentos, residuos de poda y otros materiales biodegradables de origen vegetal o animal. Suelen constituir la fracción más alta en contextos de países de bajos ingresos, y su manejo adecuado resulta esencial para prevenir la generación de lixiviados y la emisión de gases como el metano (IPCC, 2019).

- Reciclables

“los materiales reciclables son sobrantes del consumo personal, como embalajes de productos, periódicos o cuadernos usados, artículos de uso descompuestos etc. Estos materiales son generalmente contaminados con otros desechos (desechos biodegradables), lo que baja su calidad” (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente [CEPIS], 2003, p. 5).

- Peligrosos

Aquellos materiales con propiedades que pueden afectar negativamente la salud humana o el medio ambiente, entre ellos las baterías,

los envases de plaguicidas, los aceites lubricantes usados y los desechos hospitalarios. Cuando no se gestionan adecuadamente, tienen el potencial de contaminar el suelo, el agua y el aire (World Health Organization [WHO], 2018).

- No reciclables

Fracción residual que no es biodegradable ni reciclable con tecnologías o sistemas disponibles localmente. Incluye mezclas de materiales contaminados, cerámicos, colillas de cigarro y algunos plásticos de un solo uso de baja reciclabilidad (World Bank, 2018).

Este tipo de clasificación permite comprender la proporción de cada fracción en el flujo de residuos y facilita la planificación de sistemas de recolección diferenciada. En entornos urbanos de países en desarrollo, la materia orgánica suele representar más del 40 % de los residuos generados, seguida por los reciclables, mientras que los no reciclables y peligrosos son minoritarios (IPCC, 2019; World Bank, 2018).

7.2.3. Clasificación por origen

Esta clasificación según su origen permite agruparlos de acuerdo con el lugar o la actividad que los genera, lo cual facilita la identificación de patrones de producción y la formulación de estrategias de manejo específicas para cada fuente. Esta tipología es clave para diseñar sistemas de recolección y tratamiento acordes a las características físicas y operativas de cada flujo de residuos (Rentería y Zeballos, 2021).

De forma general, se reconocen las siguientes categorías:

- Domiciliarios

Son aquellos tanto peligrosos como no peligrosos, que se producen en los hogares debido a las actividades cotidianas. También se incluyen en esta categoría aquellos residuos generados en servicios e industrias que son similares a los mencionados anteriormente (ECOLEC Waste Hub, 2021).

- Comerciales

Generados por actividades comerciales, tanto al por mayor como al por menor, así como en restaurantes, bares, oficinas, mercados y, en general, en el sector servicios (Eustat, s. f.).

- Institucionales

Producidos en lugares compartidos de organizaciones tanto públicas como privadas, incluyen: oficinas administrativas, instituciones educativas, clubes, comedores o merenderos, asociaciones de fomento, centros comunitarios, o cualquier otro ámbito de carácter comunitario (Municipalidad de San Martín de los Andes, s. f.).

- Industriales

Son aquellos objetos o sustancias de los cuales su propietario tiene la intención o el deber de deshacerse. Este término abarca todos los desechos generados durante la fabricación, uso, transformación, consumo, limpieza o

mantenimiento derivados de una actividad industrial, excluyendo las emisiones al aire (LEANpio, 2022).

- De construcción y demolición

“Son aquellos materiales que resultan de la construcción, renovación, demolición o deconstrucción de edificaciones. Estos incluyen una amplia gama de materiales como hormigón, ladrillos, madera, metal, plástico, vidrio, cerámica y tierra, entre otros” (Reciclamás, 2021, párr. 2).

- Agrícolas

“Generados por las actividades agrícolas, forestales y pecuarias, incluyendo los residuos de insumos utilizados en esas actividades” (Secretaría de Desarrollo Sustentable de Morelos, 2023, p. 10).

- Peligrosos

“Por lo general se entiende por residuos peligrosos a aquellos residuos que, debido a sus peligros intrínsecos, por ejemplo, ser corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, pueden causar daños o efectos indeseados a la salud o al ambiente” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS], s. f., párr. 1).

7.2.4. Clasificación según su biodegradabilidad

Otra forma técnica de clasificarlos es atendiendo a su capacidad de degradarse de manera natural en el ambiente. Este criterio resulta fundamental para planificar su manejo, ya que determina el tiempo de

permanencia de los materiales en el entorno y las estrategias necesarias para reducir su impacto ambiental (Rentería y Zeballos, 2018).

- Biodegradables

“Estos desechos, de origen orgánico, se les designa como basura húmeda por estar compuestos por elementos que son capaces de sufrir, fácilmente, descomposición biológica” (Villatoro, 2004, p. 9).

- No biodegradables

Contempla toda materia muerta, cuya naturaleza inorgánica no entra en reacción química fácilmente con el ambiente en condiciones naturales durante periodos cortos de tiempo; sin embargo, existen algunos compuestos inorgánicos que sí reaccionan con el oxígeno, como el hierro, causando procesos químicos en lapsos moderados, que pueden ser causas de contaminación ambiental. (Villatoro, 2004, p. 9)

7.2.5. Clasificación según su composición

Otra manera de clasificarlos es atendiendo a su composición, lo que permite diferenciar la naturaleza de los materiales y planificar su tratamiento de manera específica. Este enfoque resulta esencial para el diseño de estrategias de manejo, ya que no todos los residuos presentan el mismo

comportamiento frente a procesos de degradación, reciclaje o disposición final (Miranda, 2022).

- Papel

Se trata de un material de origen orgánico con alta utilización. Es reciclable cuando está limpio (sin manchas ni restos de sustancias); en cambio, no se reciclan el papel carbón, el celofán, servilletas, envases de comida ni papel fotográfico. Para su adecuado acopio se recomienda retirar grapas y plásticos (Miranda, 2022).

- Vidrio

“El vidrio es un residuo sólido inorgánico, este no puede ser degradado con la suficiente velocidad para ser considerado como un residuo orgánico, debido a que está compuesto por minerales y/o materiales sintéticos” (Girón, 2017, como se cita en Miranda, 2022, p. 10).

- Metal

“Este material normalmente se considera chatarra, puede ser encontrado frecuentemente en utensilios de cocina, latas de bebidas y herramientas de trabajo. Los metales pueden ser reciclados con relativa facilidad” (García, 2018) (como se cita en Miranda, 2022, p. 11).

- Pinturas

Las pinturas contienen aglutinantes y otras sustancias químicas; no deben desecharse con residuos comunes por su inflamabilidad y potencial




de contaminación. Se recomienda tratarlas bajo el enfoque de residuos peligrosos (Miranda, 2022).

- **Plástico**





Es un producto derivado del petróleo, posee un significativo valor comercial debido a su amplia utilidad para los seres humanos. Se emplea en la fabricación de diversos artículos destinados a facilitar tareas específicas. Entre estos se encuentran los envases diseñados para contener desinfectantes, alimentos, bebidas, y otros elementos, así como también los dispositivos electrónicos (Miranda, 2022).

Tabla 1.

Código de identificación de plástico

Código	Tipo de polímero plástico	Propiedades	Utilización
 PET	Tereftalato de polietileno (PET, PETE)	Posee dureza, resistencia, claridad, y es una barrera contra gases y vapor	Envases de líquidos, botellas gaseosas, cosméticos, artículos de farmacia
 HDPE	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Posee dureza, resistencia a la humedad, permeabilidad a los gases	Tuberías para agua, envases de leche, jugo y yogur
 PVC	Policloruro de vinilo (PVC)	Posee versatilidad, dureza y resistencia	Tuberías para agua potable, pancartas de publicidad, tarjetas de crédito, mangueras

Continuación de Tabla1.

Código	Tipo de polímero plástico	Propiedades	Utilización
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Posee dureza, resistencia, facilidad de procesamiento, flexibilidad	Botellas exprimibles, bolsas para alimentos, recipientes congelados
	Polipropileno (PP)	Posee dureza, resistencia al calor, versatilidad, dureza y claridad	Vajilla reutilizable para microondas, contenedores varios, envases de cocina
	Poliestireno (PS)	Posee claridad y versatilidad	Tazas, platos, bandejas desechables, componentes electrónicos
	Otros (policarbonato o ABS)	Depende de los polímeros utilizados	Cristales irrompibles, discos compactos, envases retornables de bebidas

Nota. Adaptación del diseño de una planta clasificadora de residuos sólidos urbanos. Obtenido de Ormazza Salamea (2014). *Diseño de una planta clasificadora de residuos sólidos urbanos para la Empresa Pública Municipal Mancomunada del Pueblo Cañari de los cantones: Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal en el año 2014.* (<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8979>), consultado el 14 de octubre de 2025. De dominio público.

- **Baterías**

Compuestas por elementos como litio, cobre y aluminio, forman parte del e-waste cuando se desechan. “Cabe resaltar que gran parte de los residuos que conforman esta categoría son contaminantes, por lo que representan un gran riesgo para la salud y también para el medio ambiente” (Miranda, 2022, p. 14). No obstante, algunas (baterías de vehículos) pueden

reutilizarse mediante procesos de reacondicionamiento en establecimientos especializados (Ruiz, Álvarez y Ortiz, 2017, como se cita en Miranda, 2022).

7.3. Problemática ambiental y social asociada al manejo inadecuado

El manejo inadecuado de residuos sólidos en áreas recreativas y protegidas provoca una problemática ambiental y social compleja: la acumulación y disposición a cielo abierto degradan los suelos, deterioran cuerpos de agua, obstruyen drenajes y alteran ecosistemas, además de afectar la calidad paisajística y la experiencia de visita, con implicaciones para la convivencia comunitaria y la gobernanza local (Anzaldúa-Soulé et al., 2020).

7.3.1. Impactos ambientales

González (2016) en la revista titulada “Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución” (p. 1) señala que:

El impacto ambiental negativo asociado al manejo inadecuado de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe está relacionado con la contaminación de los recursos hídricos superficiales, subterráneos y costas marinas; la contaminación atmosférica; la contaminación del suelo y el impacto sobre el paisaje. (p. 104)

7.3.1.1. Impactos sobre fauna y flora

La contaminación derivada de prácticas inadecuadas afecta directamente la flora y fauna, lo que provoca un deterioro de la biodiversidad y altera el equilibrio ecológico. Este tipo de contaminación representa una amenaza significativa, ya que compromete tanto la conservación de las especies como la calidad del entorno destinado a actividades recreativas (Velasteguí, 2018).

7.3.2. Impactos sociales y de salud

La gestión deficiente de estos materiales genera impactos sociales que afectan con mayor intensidad a comunidades vulnerables, reflejando desigualdades estructurales en el acceso a un ambiente saludable. Un ejemplo claro son los recicladores informales, quienes realizan sus actividades en condiciones precarias, expuestos a lesiones y a enfermedades derivadas del contacto directo con contaminantes y materiales tóxicos (EPA, 2023).

En esta misma línea, Titto y Savino (2024) advierten que los efectos de la exposición a residuos no afectan únicamente a los trabajadores, sino que también alcanzan a las comunidades que habitan o circulan cerca de los sitios de disposición. En estos espacios, las partículas finas y gruesas liberadas al ambiente pueden ser inhaladas con facilidad, lo que genera impactos negativos en el sistema respiratorio y en la salud en general. Por ello, tanto visitantes como personal operativo pueden enfrentar este tipo de riesgos cuando no se garantiza un manejo adecuado de los desechos,

comprometiendo la seguridad y el bienestar en áreas destinadas al esparcimiento y la interacción con la naturaleza.

7.3.3. Impacto económico

En la región latinoamericana, los costos asociados al destino final de los residuos representan una carga económica considerable. El promedio regional se aproxima a los 20 dólares por tonelada, aunque existen marcadas diferencias: Ecuador y Chile presentan valores inferiores a los 12 dólares, mientras que Costa Rica y Colombia rondan los 20 dólares. En contraste, Brasil registra uno de los costos más elevados, con más de 30 dólares por tonelada (Grau, 2015). Este panorama resulta muy similar al contexto guatemalteco, donde se enfrenta con limitaciones financieras y operativas que se traducen en gastos crecientes para los gobiernos locales y en la pérdida de oportunidades de valorización de materiales reciclables y orgánicos.

7.3.4. Escala del problema en Guatemala

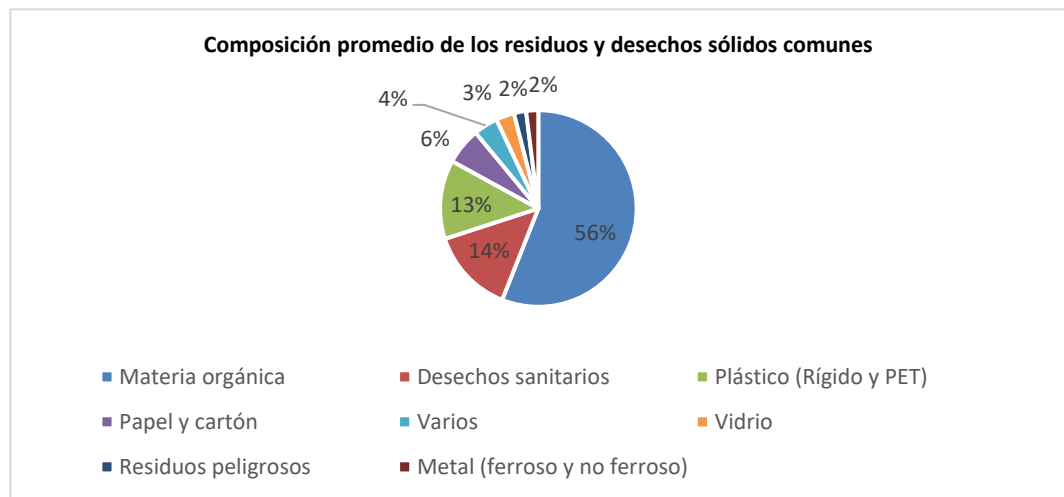
En Guatemala, la magnitud del problema se evidencia tanto en la proporción como en la composición de los materiales producidos, pues “se estima que cada habitante de Guatemala genera al día, en promedio, 0.519 kilogramos de residuos y desechos sólidos domiciliarios en áreas urbanas” (BID, 2014) (como se cita en Instituto de Problemas Nacionales de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014, p. 128), lo que equivale a aproximadamente 7,990 toneladas.

Además, caracterizaciones realizadas en seis municipios entre 2021 y 2022 reportan una generación per cápita de 0.45 kilogramos en áreas

urbanas y 0.33 kilogramos en áreas rurales. En cuanto a la composición, predomina la materia orgánica (56 %), seguida por plásticos (13 %), papel y cartón (6 %), vidrio (3 %) y metales (2 %), mientras que las demás fracciones representan proporciones menores (MARN, 2023). Dichos resultados se resumen en la figura 2, que evidencia cómo la fracción orgánica constituye más de la mitad del total generado en el país.

Figura 2.

Composición promedio de residuos sólidos en seis municipios (2021–2022)



Nota. Composición general de los residuos y desechos sólidos comunes en Guatemala. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para la identificación gráfica de los residuos y desechos sólidos comunes.* (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-la-identificacion-grafica-de-los-residuos-solidos-comunes/), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

7.3.5. Particularidades de la generación de residuos y desechos en espacios públicos y recreativos

En estos espacios, la generación de residuos sólidos presenta particularidades que los distinguen de otros entornos urbanos. Una de las más relevantes es su variabilidad temporal, ya que tanto la cantidad como el tipo de residuos fluctúan según la afluencia de visitante, las temporadas de mayor concurrencia y la realización de actividades colectivas, lo que exige esquemas de gestión más dinámicos y flexibles (Mora y Molina, 2017).

La composición de los residuos en estos lugares tiende a mostrar una alta proporción de residuos orgánicos derivados del consumo de alimentos, junto con empaques y envases propios de actividades recreativas, configurando un perfil distinto al de los residuos domiciliarios convencionales (Rentería y Zeballos, 2018). Esta combinación, sumada a la dispersión geográfica de los puntos de generación dentro de parques o áreas verdes, plantea retos logísticos específicos en cuanto a su recolección y destino final.

Además, en estos espacios, los residuos no solo representan un problema estético u operativo, sino también una amenaza ambiental y social, ya que contribuyen a la degradación de la vegetación, a la perturbación de la biodiversidad y a la disminución del bienestar de los visitantes (Cruz-Rodríguez y Pérez-Ramírez, 2019).

Otro aspecto central son las conductas de los usuarios, que inciden directamente en la efectividad de los sistemas de manejo. Estudios han mostrado que factores como las actitudes hacia el reciclaje, las normas sociales y las percepciones individuales determinan en gran medida si las personas hacen uso adecuado de los contenedores o, por el contrario,

incurren en prácticas como el abandono de basura en el entorno (Leave No Trace Center, 2018; Wang et al., 2022; Fenitra et al., 2023). El fenómeno del littering, entendido como el abandono intencional o descuidado de residuos en espacios públicos, representa un problema crítico que afecta tanto la calidad ambiental como la percepción social de los parques naturales (Fenitra et al., 2023).

7.4. Caracterización de residuos sólidos

El objetivo principal de los estudios de caracterización de residuos sólidos comunes es cuantificar y describir la composición física de los residuos generados en un área determinada, con el fin de contar con información técnica que sirva de base para la planificación de sistemas de manejo adecuados (MARN, 2018, p. 15).

7.4.1. Equipo requerido para caracterización

“El equipo requerido para llevar a cabo la caracterización consiste en: toneles limpios sin abolladuras, palanganas de plástico, palas curvas, guantes, escobas, mascarillas, botas de hule, pesas de piso, bolsas de polietileno, ligas de hule para cerrar las bolsas” (Miranda, 2022, p. 18).

7.4.2. Metodología para llevar a cabo la caracterización

Esta parte de la toma representativa de material que reflejen la composición y la cantidad de desechos en un área determinada. Este procedimiento recurre a técnicas como el cuarteo, que garantizan la

representatividad del material recolectado. Posteriormente, las fracciones obtenidas se clasifican en categorías establecidas y se pesan para conocer su proporción dentro del total. A partir de esta información se calculan indicadores como la producción per cápita, la composición gravimétrica y la densidad, los cuales constituyen el soporte técnico para planificación posterior (MARN, 2018).

“La caracterización de residuos sólidos debe realizarse durante ocho días consecutivos, a fin de que los resultados sean representativos del área de estudio” (MARN, 2018, p. 23). Además, especifica que el primer día de muestreo no debe considerarse en el análisis, debido a que puede introducir sesgos en los resultados, ya que los generadores modifican temporalmente sus prácticas al conocer que están siendo evaluados (MARN, 2018).

- Muestra

En los procesos de caracterización de residuos, la muestra constituye una fracción representativa de los desechos generados, la cual permite estimar parámetros técnicos sin necesidad de procesar la totalidad de los residuos (MARN, 2018). De acuerdo con Miranda (2022), estos estudios se recomienda realizarlos en jornadas consecutivas; sin embargo, la extensión del muestreo no es uniforme en la literatura, ya que puede abarcar desde tres días hasta tres semanas.

Figura 3.

Ecuación del tamaño de muestra

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

Donde:

n = cantidad de viviendas a muestrear.

N = tamaño de la población de estudio, expresado en número de viviendas.

Z = confiabilidad estadística.

p = probabilidad de éxito.

q = probabilidad de fracaso.

e = error máximo admisible

Nota. Ecuación para el cálculo del tamaño de muestra en poblaciones finitas. Obtenido de González (2017). *Modelo de gestión integral del manejo de los desechos y residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá.* (<http://www.repositorio.usac.edu.gt/6802/>), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

- **Recolección de muestras**

Cuando se realiza la fase de recolección de las muestras, cuando se trabaja con más de una zona o clase de generación, es recomendable emplear bolsas de distinto color o tamaño. Esta práctica facilita la segregación visual y permite vincular las muestras con su procedencia, mejorando la organización y precisión del estudio (FAO, s. f.). Además, cada bolsa o recipiente debe rotularse con información básica como fecha, lugar, tipo de muestreo y responsable, de manera que se garantice la trazabilidad de los datos obtenidos y se eviten errores en la etapa de análisis (MARN, 2018).

- Peso de la muestra

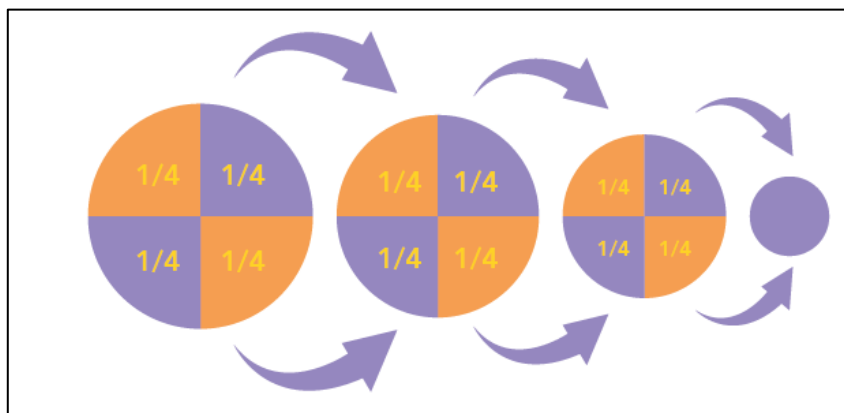
El cálculo del peso total de la muestra constituye el punto de partida para estimar con exactitud la cantidad de desechos producidos. A partir de este dato inicial es posible determinar la generación per cápita y realizar comparaciones entre distintas áreas o periodos de estudio (MARN, 2018).

- Método de cuarteo

Este proceso es una técnica utilizada para reducir muestras y facilitar su manejo sin perder representatividad. El procedimiento consiste en dividir los residuos en cuatro secciones iguales, descartar dos cuadrantes opuestos y mezclar los restantes, repitiendo el proceso hasta obtener una fracción adecuada para el análisis. Este método asegura que la muestra conserve su composición original, véase la figura 4 (MARN, 2018).

Figura 4.

Método de cuarteo



Nota. Método de cuarteo. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2023). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes.* (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

El peso de la muestra obtenida a través del cuarteo debe registrarse en la hoja de campo, puesto que sirve como base para determinar los porcentajes de cada fracción de residuo tras la clasificación. (MARN, 2018).

Las bolsas de residuos no deben pesarse directamente sobre la balanza, ya que su contenido puede dispersarse y generar lecturas inexactas. Para garantizar resultados confiables, se recomienda usar un recipiente previamente tarado, restando su peso al total obtenido. Asimismo, es indispensable que la balanza esté calibrada en cero y que el recipiente se apoye completamente en la superficie de pesaje, evitando así alteraciones en los datos (MARN, 2018).

- Producción per cápita

“Se entiende como la producción de residuos generados por persona en el lapso de un día” (MARN, 2018, p. 15). Esta se expresa en kilogramos diarios por habitante (kg/hab/día), lo que permite estandarizar la generación, facilitar comparaciones entre distintos territorios o periodos y constituye un insumo esencial para planificar la recolección y disposición final (MARN, 2018).

La producción per cápita no solo refleja la cantidad de desechos generados, sino también los hábitos de consumo y las condiciones socioeconómicas. Su valor está influido por factores como ingresos, densidad urbana y estacionalidad, por lo que debe interpretarse según el contexto local (Hoorweg & Bhada-Tata, 2012).

Figura 5.

Ecuación para Producción per cápita

$$PPC = \left(\frac{\text{Masa total de las muestras (kg)}}{\text{Número total de personas de la muestra}} \right) * \frac{1}{n} \text{ días}$$

Donde:

PPC = Producción per cápita (kg/día).

n (días) = Número de días de recolección.

Nota. Ecuación para producción per cápita. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*. (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

7.4.2.1. Prueba de composición física

La prueba de composición física constituye una fase esencial para el proceso de caracterización, pues permite recopilar la información necesaria para diseñar un sistema de manejo adecuado. Según el MARN (2018), este procedimiento consiste en separar la muestra de residuos en categorías, para posteriormente pesar cada fracción y registrar los datos en hojas de campo. Con base en estos resultados es posible calcular la composición gravimétrica, indicador que refleja la proporción relativa de cada tipo de material y que sirve como fundamento técnico para dimensionar la generación de residuos y establecer estrategias de manejo más eficientes.

Por su parte, Ormaza (2015) sostiene que la prueba de composición física permite determinar los parámetros necesarios para una gestión efectiva, ya que a través de la cuantificación exacta de los distintos tipos de materiales que conforman los residuos sólidos se obtiene una relación precisa de la masa por categoría. Esta información se convierte en un insumo clave para estructurar programas de recolección, separación y disposición final que respondan a las características específicas de cada territorio.

Cada fracción de residuos debe registrarse en forma individual, de manera que sea posible calcular el porcentaje que representa dentro del total. Este procedimiento debe realizarse diariamente con el propósito de asegurar la confiabilidad de la información recolectada (MARN, 2018).

Figura 6.

Ecuación para porcentaje de residuos por día

$$\text{Porcentaje de residuos generado por día (\%)} = \left(\frac{\text{Masa del residuo de interés}}{\text{Masa total de la muestra}} \right) * 100$$

Nota. Ecuación para el cálculo del porcentaje de residuos generados por día. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*. (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

7.4.2.2. Prueba de densidad de los residuos sólidos

La prueba de densidad constituye un procedimiento esencial en los estudios de caracterización, pues permite establecer la correspondencia

existente entre la masa de los desechos y el espacio que estos llegan a ocupar bajo condiciones específicas. Tal como señala (MARN, 2018):

La densidad se calcula dividiendo el peso de la muestra entre el volumen del recipiente que la contiene. Este valor es importante porque influye en el dimensionamiento de los equipos de recolección, la capacidad de los vehículos y la disposición final. (p. 18)

Este parámetro es de gran relevancia, ya que determina el diseño de contenedores, la planificación de rutas de recolección y la gestión en sitios autorizados. Además, la densidad refleja tanto la magnitud como los atributos físicos de los residuos, los cuales dependen de factores como la composición, la compactación y el contenido de humedad. En este sentido, Ormaza (2015) subraya que esta prueba resulta esencial para calcular la verdadera capacidad de transporte y de almacenamiento, así como para optimizar el uso de los recursos y prevenir la saturación en los sistemas de gestión de residuos.

Figura 7.

Ecuación para cálculo de la densidad

$$D = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$$

Donde:

D = Densidad de los residuos (kg/m³).

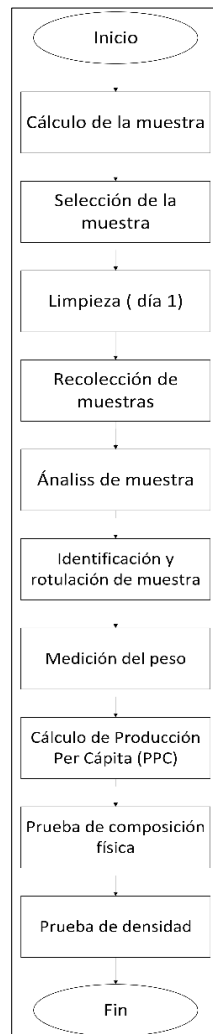
Peso = Peso total de los residuos recolectados en kilogramos (kg).

Volumen = Volumen del recipiente utilizado para medir la densidad en metros cúbicos (m³).

Nota. Ecuación para el cálculo de la densidad de residuos sólidos. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes.* (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

Figura 8.

Diagrama de etapas de la caracterización



Nota. Diagrama de las etapas de la caracterización, elaboración propia con base en información de MARN (2018). Realizado con Visio.

7.5. Separación y clasificación en origen

“La separación en la fuente es una práctica fundamental que implica seleccionar y almacenar temporalmente, en el lugar donde se generan, los distintos tipos de residuos y desechos sólidos no peligrosos” (Ministerio del

Ambiente, Agua y Transición Ecológica [MAATE], 2023, p. 16). Esta práctica resulta clave para fomentar la economía circular, al reincorporar materiales con valor intrínseco a los procesos productivos (Ministerio del Medio Ambiente de Chile [MMA], 2018). Asimismo, favorece la incorporación de los recicladores de base dentro de los esquemas de gestión (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2023) y promueve la cultura ciudadana en torno al manejo de los residuos sólidos (Universidad Nacional de Colombia [UNAL], 2024).

7.5.1. Fundamentos técnicos de la separación en origen

El aprovechamiento implica la separación y recogida de materiales residuales en el lugar de su origen; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, la transformación en nuevos productos, y la recuperación de productos de conversión (por ejemplo, compost) y energía en forma de calor y biogás combustible. (Ministerio del Medio Ambiente, 1997, p. 16)

- Prevención de la contaminación de materiales reciclables

Diversos estudios han demostrado que, en comparación con los sistemas de recolección conjunta, los esquemas con separación en origen reducen significativamente la contaminación en papel, cartón, vidrio, plásticos y metales, disminuyendo los costos de limpieza en plantas de clasificación y mejorando la aceptación en los mercados de destino (WRAP, 2016). Además, se ha evidenciado que la calidad de los materiales

reciclables incide directamente en su precio de venta, ya que la presencia de contaminantes limita su valor y disponibilidad en los mercados (EPA, 2023).

- Facilita el tratamiento adecuado de cada fracción

La separación en origen permite que cada fracción de los residuos reciba un tratamiento específico, lo cual incrementa la eficiencia de la gestión integral y contribuye a la reducción de costos operativos (MARN, 2021). Según este reglamento, la separación debe realizarse “al momento de su generación, en categorías establecidas en el presente Reglamento” (MARN, 2021, art. 4, párr. 18), asegurando flujos diferenciados que facilitan su valorización posterior. Asimismo, estudios internacionales han demostrado que la “separación en la fuente reduce la necesidad de pretratamiento de los residuos y mejora la calidad del compost, además de disminuir emisiones de gases nocivos como el metano” (Manea, 2024, p. 11).

- Reducción de la fracción residual

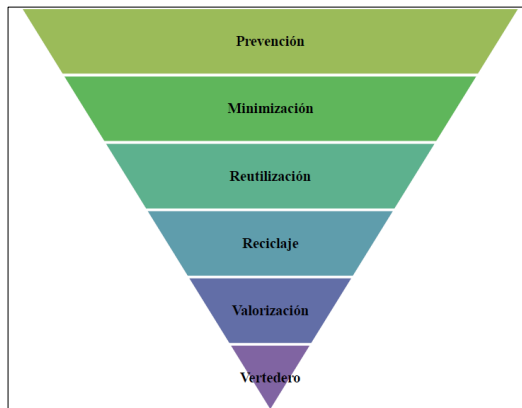
“La preferencia en el manejo de los residuos sólidos urbanos, es hacia la minimización de las fracciones a depositar en los vertederos, otorgando una alta prioridad a la recogida selectiva y al reciclado de diversos tipos de residuos” (Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial [ONUUDI], s. f., p. 27).

De acuerdo con Rojas (2021), el manejo de los residuos se estructura bajo una jerarquía compuesta por seis etapas como se observa en la figura 9. En este contexto, disminuir la fracción residual está directamente relacionado con la separación en origen, pues al clasificarlos desde el lugar

donde se generan se impide que materiales reciclables y orgánicos sean destinados a vertederos o rellenos sanitarios.

Figura 9.

Pirámide inversa del manejo de residuos



Nota. Modelo de gestión integral de residuos sólidos aplicado en mipymes de minería urbana en la ciudad de Guatemala. Obtenido de Rojas Maldonado (2023). *Modelo de gestión integral de residuos sólidos (GIRS) aplicado en mipymes de minería urbana en la ciudad de Guatemala.* (<http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/18416>), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

7.5.2. Ventajas técnicas, operativas y ambientales

El buen manejo “contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de tres maneras: al reducir desde el origen, recolectar y tratar los residuos orgánicos se evitan las emisiones de metano procedente de los vertederos” (GAIA, 2022, p. 14).

De acuerdo con el New Jersey WasteWise Business Network (2015) el costo de disposición evitado se refiere al dinero que se ahorra al no tener que enviar los residuos a un vertedero, incineradora o estación de

transferencia. Un programa de manejo exitoso logra desviar muchas toneladas de materiales de estos métodos de eliminación, por lo que dicho ahorro no debe pasarse por alto al evaluar el impacto económico de la iniciativa de reciclaje.

7.5.3. Aplicación en espacios públicos y de uso recreativo

“Los residuos sólidos en los espacios públicos se consideran originados por la higiene pública urbana, incluyendo los provenientes de plazas, vías públicas y otros espacios abiertos” (Monterroso, 2024, p. 20). Para el manejo de estos espacios, particularmente los recreativos, la separación en origen se considera una condición esencial para asegurar la sostenibilidad. Según AIDIS (2019), Los sistemas de separación en áreas colectivas necesitan la combinación de infraestructura, métodos de comunicación educativa y un mantenimiento regular que garantice la continuidad del proceso.

7.5.3.1. Diseño de puntos de disposición diferenciada

En el diseño de puntos de disposición diferenciada en parques y espacios recreativos, la literatura internacional enfatiza que la eficacia depende no solo de la presencia de múltiples contenedores, sino también de su diseño, ubicación y visibilidad. La National Recreation and Park Association (2016) sostiene que los recipientes de reciclaje con colores distintos, etiquetas claras y aberturas adaptadas incrementan la probabilidad de que los visitantes clasifiquen correctamente los desechos.

Asimismo, Busch Systems (2021) indica que colocar los contenedores de reciclaje junto a los de basura en puntos estratégicos obliga a los usuarios a tomar una decisión consciente, lo que reduce la contaminación cruzada entre fracciones.

7.5.3.2. Comportamiento de los usuarios en espacios públicos

En los espacios públicos, la manera en que las personas actúan respecto a la separación de residuos en espacios públicos implica retos más complejos que en el hogar. Gök et al. (2025) señalan que, en dichos contextos, las normas sociales asociadas a la separación no están tan arraigadas como en el ámbito doméstico, y que los usuarios perciben la clasificación como un esfuerzo adicional, especialmente debido a la escasez de contenedores adecuados y a la falta de señalización clara.

7.5.3.3. Adaptaciones en parques ecológicos

En parques ecológicos, la instalación de contenedores para la separación en origen requiere adaptaciones específicas que aseguren tanto la funcionalidad como la armonía con el entorno natural. BearSaver (2024) destaca que es recomendable que los recipientes sean a prueba de animales, cerrados y resistentes, con el fin de evitar el acceso de la fauna silvestre y contribuir a la seguridad pública.

7.6. Normativa nacional aplicable a la separación en origen

La existencia de un marco legal es fundamental para el manejo de los residuos, ya que permite delimitar "con mayor precisión el ámbito, componentes y funciones de las autoridades facultadas" (Acurio et al., 1997, p.27) en las diferentes etapas del manejo. Las normativas nacionales cumplen un papel esencial al promover la "separación en el origen, basado en un sistema de responsabilidad compartida, con acciones ambientalmente adecuadas, técnicamente factibles, económicamente viables y socialmente aceptables" (MARN, 2018, p. 3).

7.6.1. Acuerdo Gubernativo 164-2021 (Reglamento de Residuos y Desechos Sólidos Comunes)

Constituye la normativa técnica vigente en Guatemala, pues "establece un marco normativo integral para el manejo de residuos sólidos en Guatemala [...] y tiene como objetivo principal reducir los impactos negativos asociados con una gestión inadecuada de los mismos" (Enlace Profesional de Consultores [EPC], 2023, párr. 2). En el artículo 12 se establece de manera explícita que todos los generadores están obligados a realizar la separación desde el momento en que producen sus desechos.

"Todos los generadores de residuos y desechos sólidos comunes sean personas individuales o jurídicas, públicas o privadas, están obligados a separar en el lugar en el que se generan los mismos, conforme a la clasificación establecida en el presente reglamento" (MARN, 2021, art. 12, p. 7).

7.6.2. Acuerdo Gubernativo 281-2015 (Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos)

Este instrumento de política pública sentó los lineamientos iniciales para fomentar la clasificación en el origen y el uso eficiente de los materiales, con el objetivo de disminuir la proporción que llega a los sitios destinados a disposición final. En el documento oficial se establece que: “La separación en la fuente constituye la base para un manejo integral, pues permite el aprovechamiento de los residuos valorizables y la reducción de los volúmenes destinados a disposición final” (MARN, 2015, p. 17).

7.6.3. Guías técnicas del MARN

Además de la normativa central y la política nacional, el MARN ha aprobado instrumentos técnicos complementarios que orientan la implementación práctica de la separación en origen.

7.6.3.1. Acuerdo Ministerial 297-2023 (Guía de Tipificación Iconográfica para Residuos y Desechos Sólidos Comunes)

Además de la normativa general, el MARN ha publicado instrumentos técnicos que orientan la aplicación práctica de la separación en origen. Esta guía establece los colores e íconos oficiales que deben utilizarse en los recipientes de clasificación secundaria, con el propósito de garantizar homogeneidad a nivel nacional y facilitar la comprensión ciudadana.

7.7. Gestión operativa interna de residuos

Se trata de la recolección, separación, almacenamiento temporal y transporte donde se busca asegurar la sostenibilidad ambiental y la salud pública. Su éxito depende de componentes clave como la planificación, la infraestructura adecuada y, fundamentalmente, la capacitación del personal, ya que es necesario que los trabajadores realicen actividades de instrucción vocacional relacionadas con la seguridad en el trabajo y la conciencia de cualquier riesgo (Samreen et al., 2024).

7.7.1. Infraestructura para la recolección diferenciada

La infraestructura destinada a la recolección diferenciada en un parque debe cumplir tanto con criterios normativos como operativos. El Acuerdo Gubernativo 164-2021 establece que los recipientes deben estar “claramente identificados con base en la iconografía y colores oficiales aprobados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales” (MARN, 2021, art. 13, p. 8). En este marco, la separación oficial de residuos sólidos en Guatemala contempla una separación primaria y secundaria (véase Figura 10), lo que implica la instalación de módulos de contenedores específicos en áreas estratégicas.

Figura 10.

Clasificación de los residuos sólidos según MARN



Nota. Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes.* (<https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/material-de-apoyo-dimards/>) consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

7.7.2. Infraestructura necesaria para el manejo interno

La disposición de infraestructura adecuada para la gestión interna de los residuos debe asegurar la separación desde el punto de generación y permitir la correcta identificación de los recipientes. En el Acuerdo Gubernativo 164-2021 se establece que: “Durante el almacenamiento temporal deben instalarse recipientes o compartimentos separados para cada categoría de separación establecida, los cuales deben estar claramente identificados con base en la iconografía y colores oficiales aprobados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales” (MARN, 2021, art. 16, p. 8).

7.7.3. Dimensionamiento de contenedores y rutas internas

“Debido a que los residuos generados no se pueden eliminar de inmediato, se requiere de un tiempo, un depósito y un lugar adecuado para

almacenarlos mientras se espera a que sean evacuados o retirados" (Instituto Nacional de Ecología [INE], 2001, p. 42).

- Dimensionamiento de contenedores

De acuerdo con Grádiz y Raudales (2012) este procedimiento consiste en calcular el volumen global de residuos generados por la población en un periodo específico, tomando en cuenta diversas variables (véase Figura 11).

Figura 11.

Cálculo del volumen necesario

$$V = \frac{1000 * N * PPC * fs}{\rho * f}$$

Donde:

N = número de usuarios del estrato (visitantes + personal operativo).

PPC = producción de residuos per cápita (kg por visitante-día).

FS = factor de seguridad.

ρ = densidad de los residuos.

f = frecuencia de recolección.

Nota. Ecuación para el cálculo del volumen necesario para el almacenamiento de residuos sólidos. Obtenido de Grádiz y Raudales (2012). *Modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pinula.* (http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0415_MT.pdf), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

- Rutas de recolección interna

Para efectos operativos, las rutas de recolección interna deben coordinar el vaciado de los contenedores y garantizar su transporte en condiciones seguras hasta el área de acopio, como parte de la gestión interna que integra separación, recolección, transporte, almacenamiento y presentación de residuos (Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2019).

7.7.4. Logística de acopio y recolección

El MARN (2021) establece que “la recolección de los residuos y desechos sólidos comunes generados en las áreas públicas y privadas debe efectuarse como máximo cada setenta y dos horas” (art. 18, párr. 1). En este sentido, la logística de acopio y recolección interna busca que, tras la clasificación en el origen, los residuos se almacenen temporalmente en condiciones seguras e higiénicas, trasladándolos diariamente a áreas de acopio protegidas, donde los materiales orgánicos pueden depositarse en sistemas de compostaje o en envases cerrados; los reciclables almacenarse en sacos o estructuras de resguardo, y aquellos no aprovechables conservarse en contenedores sellados hasta su retiro por el servicio de recolección externa (Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2019).

7.7.5. Factores limitantes y criterios de eficiencia operativa

“El mayor problema que enfrentan los servicios de aseo urbano de América Latina y el Caribe es su deficiente administración, ya que los aspectos técnicos y tecnológicos son bien conocidos” (Ministerio de Economía y Finanzas [MEF], 2017, p. 135). En este contexto, la eficiencia en la operación de la gestión de residuos sólidos no se limita únicamente a la

capacidad institucional de las municipalidades, sino también al compromiso activo de la ciudadanía (García-Mondragón et al., 2023).

7.8. Educación ambiental y participación ciudadana en espacios públicos

La transformación del espacio público constituye una de las estrategias más relevantes de intervención urbana, ya que permite repensar la relación entre ciudadanía y entorno. Poma (2022) sostiene que estos procesos son más efectivos cuando consideran la participación de la ciudadanía como un eje fundamental, ya que el involucramiento de los habitantes en el diseño y gestión de los espacios compartidos contribuye a reducir los efectos ambientales negativos y a garantizar la sostenibilidad de las intervenciones.

7.8.1. Rol de la educación ambiental en la gestión interna de residuos

La formación ambiental, concebida como un proceso educativo que brinda a la población no únicamente conocimientos, sino además valores y capacidades para actuar activamente en la transformación del entorno, constituye un eje fundamental de la sostenibilidad. Cabrera (2022) plantea que este enfoque fomenta la reflexión crítica y la capacidad de analizar integralmente las problemáticas ambientales, al tiempo que fortalece actitudes responsables orientadas a la acción. Gracias a ello, la población puede tomar conciencia, asumir responsabilidades y colaborar en la construcción de soluciones conjuntas, lo cual fortalece la gestión ambiental dentro de ámbitos tanto públicos como privados.

7.8.2. Formación del personal operativo

La formación del personal operativo constituye un componente clave para asegurar la eficacia en los sistemas de manejo de residuos. En muchos países en vías de desarrollo, la capacitación resulta insuficiente y los trabajadores suelen carecer de equipos de protección personal, lo que incrementa su exposición a riesgos sanitarios y ocupacionales (PNUMA, 2005) (como se cita en EPA, 2020). Además, la falta de personal calificado y la alta rotación asociada a cambios administrativos representan obstáculos para la consolidación de proyectos sostenibles en el tiempo (EPA, 2020). En este contexto, se recomienda implementar programas de capacitación continua que incluyan tanto protocolos de seguridad para el manejo de residuos peligrosos y punzocortantes, como prácticas de clasificación en el origen, compostaje y destino final de los materiales, incorporando componentes de educación ambiental que fortalezcan la conciencia y el compromiso de quienes están en contacto directo con los desechos (Cabrera, 2022).

7.8.3. Estrategias de sensibilización para visitantes

La sensibilización ambiental dirigida a visitantes puede implementarse mediante campañas educativas que incluyan mensajes recordatorios en carteles, señalética y material visual ubicado en puntos estratégicos. Diversos manuales señalan que la colocación de recursos visibles, como afiches sobre mensajes que promuevan el reciclaje y el consumo responsable, contribuye a reforzar conductas sostenibles en la población (Ministerio de Educación, 2018). Asimismo, aprovechar fechas conmemorativas ambientales constituye una oportunidad para generar

campañas de concienciación que fortalezcan el compromiso de los visitantes con la protección de los recursos naturales.

7.8.4. Participación activa como elemento de sostenibilidad

Las estrategias participativas como dinámicas grupales, lluvias de ideas y reflexiones colectivas, permiten que los propios participantes elaboren mensajes de sensibilización ambiental, favoreciendo la apropiación del conocimiento y el cambio de actitudes hacia comportamientos responsables. En la misma línea, el desarrollo de proyectos comunitarios en los que los visitantes colaboren en jornadas de limpieza y reciclaje fortalece la conexión entre la experiencia turística y la conservación del entorno (UICN, 2019).

8. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

No aplica porque la investigación es de tipo descriptivo y no experimental, orientada al diagnóstico y propuesta técnica, sin la comprobación de relaciones causales entre variables.

9. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

OBJETIVOS E HIPÓTESIS (CUANDO PROCEDA)

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. ANTECEDENTES

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Residuos y desechos sólidos: concepto, clasificación problemática general

2.1.1. Definición de residuos y desechos sólidos.

2.1.1.1. Residuos sólidos urbanos (RSU) y su composición

2.2. Tipos de residuos sólidos o desechos sólidos: clasificación técnica y normativa

2.2.1. Clasificación según Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

2.2.2. Clasificación según composición o naturaleza

2.2.3. Clasificación según origen

2.2.4. Clasificación según su biodegradabilidad

2.2.5. Clasificación según su composición

- 2.3. Problemática ambiental y social asociada al manejo inadecuada
 - 2.3.1. Impactos ambientales
 - 2.3.1.1. Impactos sobre fauna y flora
 - 2.3.2. Impactos sociales y de salud
 - 2.3.3. Impacto económico
 - 2.3.4. Escala del problema en Guatemala
 - 2.3.5. Particularidades de la generación de residuos y desechos en espacios públicos y recreativos
- 2.4. Caracterización de residuos sólidos urbanos
 - 2.4.1. Equipo requerido para caracterización
 - 2.4.2. Metodología para llevar a cabo la caracterización
 - 2.4.2.1. Prueba de composición física
 - 2.4.2.2. Prueba de densidad de los residuos sólidos
- 2.5. Separación y clasificación en origen
 - 2.5.1. Fundamentos técnicos de la separación en origen
 - 2.5.2. Ventajas técnicas, operativas y ambientales
 - 2.5.3. Aplicación en espacios públicos y de uso recreativo
 - 2.5.3.1. Diseño de puntos de disposición diferenciada
 - 2.5.3.2. Comportamiento de los usuarios en espacios públicos
 - 2.5.3.3. Adaptaciones en parques ecológicos
- 2.6. Normativa nacional aplicable a la separación en origen

- 2.6.1. Acuerdo Gubernativo 281-2015 (Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos)
- 2.6.2. Guías técnicas el MARN
 - 2.6.2.1. Acuerdo Ministerial 297-2023 (Guía de Tipificación Iconográfica para Residuos y Desechos Sólidos Comunes)
- 2.7. Gestión operativa interna de residuos
 - 2.7.1. Infraestructura para la recolección diferenciada
 - 2.7.2. Infraestructura necesaria para el manejo interno
 - 2.7.3. Dimensionamiento de contenedores y rutas internas
 - 2.7.4. Logística de acopio y recolección
 - 2.7.5. Factores limitantes y criterios de eficiencia operativa
- 2.8. Educación ambiental y participación ciudadana en espacios públicos
 - 2.8.1. Rol de la educación ambiental en la gestión interna de residuos
 - 2.8.2. Formación del personal operativo
 - 2.8.3. Estrategias de sensibilización para visitantes
 - 2.8.4. Participación activa como elemento de sostenibilidad
- 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
 - 3.1. Determinación del tipo, composición y cantidad diaria de residuos
 - 3.2. Identificación de condiciones actuales y limitaciones
 - 3.3. Acciones para la separación y clasificación en origen

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 4.1. Determinación del tipo, composición y cantidad diaria de residuos
- 4.2. Identificación de condiciones actuales y limitaciones
- 4.3. Acciones para la separación y clasificación en origen

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

10. METODOLOGÍA

A continuación, se desarrolla los aspectos metodológicos a considerar para el desarrollo de la investigación.

10.1. Características del estudio

El estudio adopta un enfoque mixto: cuantitativamente se aplicará un protocolo gravimétrico para medir masa, densidad y composición de los residuos en cada zona del parque y cualitativamente, se efectuará una revisión documental y normativa sobre la gestión de residuos y desechos sólidos urbanos. Además, se realizarán entrevistas semiestructuradas al personal operativo y encuestas a los visitantes para explorar percepciones, barreras y motivaciones frente a la separación de residuos.

La investigación es descriptiva: se documentará la cantidad, tipo y ubicación de los residuos y las condiciones operativas actuales en el parque, problema derivado de la ausencia de caracterización y de infraestructura de separación. El estudio retrata la situación real como línea base para la propuesta de manejo.

El diseño adoptado será no experimental, pues la información se analizará en su estado original sin ninguna manipulación. Además, será transversal, ya que se estudiará un único momento durante la temporada de mayor afluencia, para capturar la dinámica real de generación y manejo de residuos. Este enfoque garantiza que los hallazgos describan con fidelidad la

situación vigente y sirvan de base técnica para la propuesta de separación y clasificación.

10.2. Unidades de análisis

La población se integra por los residuos y desechos sólidos generados en los salones de eventos, senderos, baños y oficinas del parque durante su jornada operativa. Estos cuatro estratos reflejan usos funcionales distintos y concentran la mayor parte del flujo de desechos.

10.3. Variables

Las variables en estudio se describen a continuación.

Tabla 2.

Variables en estudio

Variable	Definición Teórica	Definición operativa	Tipo de variable
Área funcional de generación	División del espacio según el uso predominante que condiciona la cantidad y tipo de residuos generados.	Clasificación de la muestra según provenga de senderos, baños, oficinas o salones de eventos.	Independiente
Cantidad diaria de residuos	Masa total de residuos generados en un día en áreas específicas del parque.	Peso (kg) medido por zona y día.	Dependiente
Composición gravimétrica	Proporción de los diferentes tipos de materiales presentes en una muestra de residuos, expresada en términos de peso.	Clasificación porcentual (%) en categorías normadas por la Guía MARN (2018).	Dependiente
Volumen de residuos	Espacio ocupado por los residuos sólidos, medido en unidades físicas de capacidad.	Volumen en metros cúbicos (m ³), medido con recipientes calibrados o fórmulas.	Dependiente

Nota: Descripción de la variable dependiente e independiente del estudio. Elaboración propia, utilizando Excel.

10.4. Fases de estudio

A continuación, se presentan las fases para desarrollar el estudio.

10.4.1. Fase 1: Revisión documental y normativa sobre la gestión de residuos sólidos urbanos

Se efectuará una revisión bibliográfica exhaustiva del marco normativo y técnico nacional que regula la separación y la gestión de residuos sólidos en espacios recreativos, consultando leyes, reglamentos y guías del MARN y MSPAS, así como manuales y estándares municipales que describen procedimientos operativos, sistemas de codificación de colores, criterios de diseño de contenedores y parámetros de caracterización gravimétrica.

Además, se revisarán lineamientos internacionales y experiencias latinoamericanas en parques urbanos para extraer buenas prácticas en muestreo, diseño de contenedores, rutas de recolección y campañas educativas. Estas prácticas se adaptarán a la escala, recursos e infraestructura del Parque Ecológico-Deportivo Cayalá, asegurando su viabilidad operativa y la participación activa de visitantes y personal.

10.4.2. Fase 2: Gestión o recolección de datos

La fase de gestión o recolección de datos comprende el trabajo de campo para obtener información primaria sobre la generación y composición de los residuos sólidos en el parque. En esta etapa se aplicará la caracterización gravimétrica como método principal para cuantificar y clasificar los residuos generados.

10.4.2.1. Etapa 1: Caracterización gravimétrica de los residuos sólidos

Para determinar la cantidad y composición de los residuos sólidos que se producen en el parque, se procederá de la siguiente manera:

10.4.2.2. Procedimiento para la caracterización gravimétrica

- Reconocimiento de las zonas a evaluar: Se identificarán y marcarán los cuatro estratos (salones de eventos, senderos, baños y oficinas) donde se generarán los residuos.
- Identificación y codificación de las bolsas: Durante catorce días consecutivos de muestreo, se asignará un código único a cada bolsa, que indique tanto su estrato (salones, senderos, baños, oficinas) como el día de recolección (día 1 a día 14).
- Cada muestra recolectada se mezclará uniformemente para asegurar que sea representativa del total de residuos generados en ese estrato durante el día.
- Aplicación del método de cuarteo: Las muestras se dividirán en cuartos de acuerdo con el protocolo de cuarteo, asegurando una submuestra manejable.
- Se pesarán las fracciones obtenidas del cuarteo antes de cualquier clasificación para obtener el peso total de la muestra.
- Clasificación de las fracciones por características físicas: Se separarán las fracciones según sus características (orgánicos, reciclables, no valorizables) como se indica en la Tabla 1.
- Pesaje y cálculo de porcentajes: Cada material clasificado se pesará por separado y se registrarán los resultados de peso y porcentaje.

Donde se mostrará, para cada tipo de residuo, su peso (kg) y el porcentaje que representa respecto al total de la muestra diaria.

10.4.2.2.1. Método de cuarteo

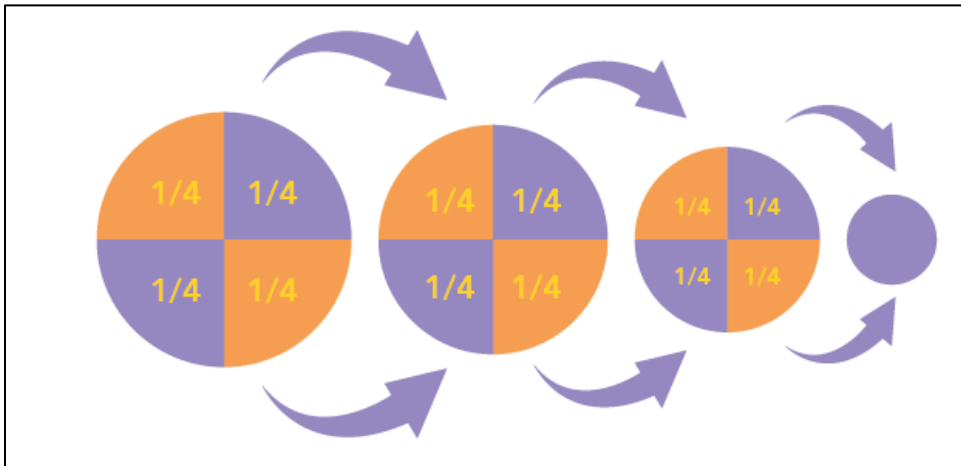
El método de cuarteo se utilizará para dividir y homogenizar las muestras obtenidas de los residuos sólidos recolectados en un día específico. El proceso consiste en formar un círculo uniforme con todos los residuos, del cual se extraen cuatro cuartos. Luego, se eliminan dos cuartos opuestos y se mezclan nuevamente los dos cuartos restantes. Este proceso se repite hasta obtener una muestra manejable.

Procedimiento:

- Extraer las muestras de las bolsas de residuos.
- Mezclar todas las muestras para homogenizar sobre una superficie plana cubierta con plástico.
- Realizar un círculo uniforme con los residuos y dividirlo en cuatro cuartos.
- Extraer dos cuartos opuestos y desechar los otros dos.
- Homogenizar los dos cuartos restantes y dividirlos nuevamente en cuatro cuartos.
- Extraer otros dos cuartos y repetir los pasos "d" y "e" hasta obtener una muestra manejable como se observa en la Figura 4.

Figura 4.

Método de cuarteo



Nota. Método de cuarteo. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2023). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes.* (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

10.4.2.2.2. Prueba de composición física en general

Se procederá a realizar el método de cuarteo a la muestra representativa diaria de residuos sólidos generados en el parque durante catorce días, los resultados obtenidos se registrarán en dos tablas; para semana 1 y semana 2 como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Registro de porcentajes de residuos sólidos generados en el parque

Tipo de residuo	Semana 1		Semana 2	
	Peso (kg)	Porcentaje (%)	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Orgánico				
papel y cartón				
vidrio				
material ferroso				
material no ferroso				
varios				
desechos				
sanitarios				
peligrosos				
Especiales				
Total				

Nota. Registro de porcentajes de residuos sólidos generados en el parque, Elaboración propia, realizado con Excel.

Luego del análisis general, teniendo los residuos agrupados de acuerdo con la categoría que pertenezcan, se debe de realizar un análisis de estos. La clasificación debe realizarse con ayuda de las tablas como se observa a continuación.

Tabla 4.*Clasificación residuos orgánicos*

Orgánico	Fecha:	Área:		
Núm.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
1	Residuos de alimentos			
2	Residuos de jardinería			
3	Residuos de origen animal			
4	residuos biodegradables			
5	Otros			
Total				








Nota. Clasificación de residuos orgánicos generados en el parque. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 5.*Clasificación de papel y cartón*

Papel y Cartón	Fecha:	Área:		
Núm.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
1	Papel			
2	Cartón			
3	Envase de cartón encerado			
Total				

Nota. Clasificación de papel y cartón generados en el parque. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 6.*Clasificación de plástico*

Plástico		Fecha:	Área:		
Núm.	Figura	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
1		Tereftalato de polietileno (PET)			
2		Polietileno de alta densidad (PEAD)			
3		Policloruro de vinilo (PVC)			
4		Polietileno de baja densidad (PEBD)			
5		Polipropileno (PP)			
6		Poliestireno (PS)			
7		otros			
Total					

Nota. Clasificación de plástico generados en el parque. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 7.*Clasificación de vidrio*

Vidrio		Fecha:	Área:		
Núm.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones	
1	Vidrio transparente				
2	Vidrio de color				
Total					

Nota. Clasificación de vidrio generados en el parque. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 8.*Clasificación de material ferroso*

M. Ferroso	Fecha:	Área:		
Núm.	Subproducto	Peso (kg)	% es	Observacion
1	Material Ferroso			
2	Latas			
Total				

Nota. Clasificación de material ferroso generados en el parque. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 9.*Clasificación de material no ferroso*

M. No Ferroso	Fecha:	Área:		
No.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
1	Material No ferroso			
2	Latas de aluminio			
Total				

Nota. Clasificación material no ferroso generado en el parque. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 10.*Clasificación de varios*

Varios	Fecha:	Área:		
Núm.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
1	Loza y cerámica			
2	Madera			
3	Hule			
4	Tetrapack			

Continuación de Tabla 10.

Varios		Fecha:		Área:
Núm.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
5	Cuero			
6	Algodón			
7	Trapo			
8	Fibra dura vegetal			
9	Fibra sintética			
10	Residuo fino			
Total				

Nota. Clasificación material clasificado como varios generado en el parque, basado en la Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes (MARN, 2018). Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 11.

Clasificación de residuos sanitarios

Sanitarios		Fecha:		Área:
Núm.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
1	Papel sanitario			
2	Pañal desechable			
Total				

Nota. Clasificación de residuos sanitarios generado en el parque, basado en la Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes (MARN, 2018). Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 12.

Clasificación de residuos peligrosos

Peligrosos		Fecha:		Área:
No.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
1	Pilas alcalinas			

Continuación de Tabla 12.

Peligrosos		Fecha:		Área:
No.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
2	Pilas de litio			
3	Pilas de mercurio			
4	Pilas recargables			
5	Baterías y acumuladores			
6	Aceites y lubricantes			
7	Focos incandescentes			
8	Focos ahorradores			
9	Pinturas y solventes			
10	Medicamentos caducos			
11	Jeringas, lancetas, astrillos			
12	Gasas y algodones con estos de sangre			
13	Material de diálisis			
14	Termómetros			
Total				

Nota. Clasificación de residuos peligrosos generados en el parque. Elaboración propia, realizada con Excel.

Tabla 13.

Clasificación de residuos especiales

Especiales		Fecha:		Área:
Núm.	Subproducto	Peso (kg)	%	Observaciones
1	Electrodomésticos			
2	Tecnológicos			
3	Material de construcción			
Total				

Nota. Clasificación de residuos especiales generado en el parque, basado en la Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes (MARN, 2018). Elaboración propia, realizado con Excel.

10.4.2.2.3. Prueba de densidad

Los datos de la densidad son utilizados para evaluar la masa total y el volumen de que se deben manejar. La medición de la densidad de los residuos sólidos en el parque se hace de la siguiente forma:

Figura 7.

Cálculo de la densidad

$$D = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$$

Donde

D = Densidad de los residuos (kg/m³)

Peso = Peso total de los residuos recolectados en kilogramos (kg)

Volumen = Volumen del recipiente utilizado para medir la densidad en metros cúbicos (m³)

Nota. Ecuación para el cálculo de la densidad de residuos sólidos. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes.* (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

Procedimiento:

- Preparar un recipiente y una balanza.
- Pesaje del recipiente vacío y medición de su volumen.
- Colocar los residuos del parque en el recipiente sin hacer presión y hasta llenar los espacios vacíos.

- Pesaje del recipiente lleno y, por diferencia, obtener el peso de los residuos.
- Se obtiene la densidad de los residuos al dividir el peso en kilogramos entre el volumen del recipiente en metros cúbicos.

10.4.2.3. Producción per cápita (PPC)

Para determinar la cantidad de residuos generados por cada persona en el parque, se calculará la producción per cápita (PPC) de residuos. Este cálculo se realizará utilizando la siguiente ecuación:

Figura 5.

Producción per cápita

$$PPC = \left(\frac{\text{Masa total de las muestras (kg)}}{\text{Número total de personas de la muestra}} \right) * \frac{1}{n} \text{ días}$$

Donde

PPC = Producción per cápita (kg/día)

Masa total de las muestras = Peso total de residuos generados (kg)

Número total de personas de la muestra = Total de personas que estuvieron presentes en el parque durante el periodo de recolección

n (días) = Número de días de recolección

Nota. Ecuación para el cálculo de la producción per cápita de residuos sólidos. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes.* (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

10.4.2.4. Porcentaje de residuos por día

Para determinar el porcentaje de cada tipo de residuo generado por día, se utilizará la siguiente ecuación

Figura 6.

Porcentaje de residuos por día

$$\text{Porcentaje de residuos generado por día (\%)} = \left(\frac{\text{Masa del residuo de interés}}{\text{Masa total de la muestra}} \right) * 100$$

Nota. Ecuación para el cálculo del porcentaje de residuos sólidos por tipo dentro de una muestra. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes.* (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

Este cálculo se repetirá para cada tipo de residuo y cada día de muestreo, llenando los valores en la siguiente tabla:

Tabla 14.

Registro de porcentaje de residuos generados por día en el parque

Tipo de residuo	% Día 1	% Día 2	% Día 3	% Día 4	% Día 5	% Día 6	% Día 7
Orgánico							
Papel y Cartón							
Plástico							
Vidrio							
Material ferroso							
Material no ferroso							
Varios (Caucho, Muero, Etc.)							
Desechos sanitarios							

Continuación de Tabla 14.

Tipo de residuo	% Día 1	% Día 2	% Día 3	% Día 4	% Día 5	% Día 6	% Día 7
Peligrosos							
Especiales							

Nota. Registro de porcentaje de residuos generados en el parque, basado en la *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes* (MARN, 2018). Elaboración propia, realizado con Excel.

10.4.3. Fase 3: Diagnóstico de barreras operativas y organizativas

Esta fase tiene como objetivo identificar las limitaciones técnicas, operativas y organizativas que dificultan una gestión eficiente de los residuos dentro del parque.

10.4.3.1. Procedimiento para encuestas y entrevistas semiestructuradas

Las encuestas y entrevistas semiestructuradas son herramientas cualitativas fundamentales para obtener información de los actores clave involucrados en la gestión de residuos dentro del parque, como el personal operativo, los encargados de las áreas y los visitantes.

10.4.3.2. Encuesta al personal operativo del parque

- Se aplicarán 4 encuestas a los empleados encargados de la limpieza y mantenimiento del parque, ya que son los responsables directos del manejo y disposición de los residuos.

- Las encuestas serán anónimas y voluntarias, realizadas en formato digital o físico. El personal podrá completarlas en el horario de trabajo, y se asegurará que tengan tiempo suficiente para responder de manera reflexiva.
- Las encuestas se entregarán y recogerán en el área administrativa del parque, o bien, se realizarán mediante aplicaciones móviles si los empleados tienen acceso a dispositivos.
- Se utilizarán preguntas cerradas y abiertas como se observa en la tabla 12. Las preguntas cerradas permitirán obtener datos cuantificables, mientras que las preguntas abiertas permitirán obtener información detallada sobre las barreras operativas y necesidades del personal.

Tabla 15.

Encuestas al personal operativo

Pregunta	Respuesta
¿Recibe capacitación sobre separación y manejo de residuos?	
¿Cada cuánto pasa el camión de recolección de residuos del parque?	
¿En su área de trabajo se separan adecuadamente los residuos?	
¿Qué problemas enfrenta para separar los residuos en su área?	
¿Qué recursos considera que faltan para mejorar la separación de residuos?	
¿El personal cuenta con suficiente apoyo para la separación de residuos?	
¿Considera que los visitantes del parque son conscientes de la separación de residuos?	
¿Cuál es el mayor reto que enfrenta en el manejo de residuos?	
¿Qué acciones o cambios considera necesarios para mejorar el sistema de separación en el parque?	
¿Considera que hay suficientes contenedores para cada tipo de residuo?	

Nota. Encuesta dirigida al personal operativo del parque para identificar barreras operativas, necesidades de recursos y propuestas de mejora en la gestión y separación de residuos. Elaboración propia, procesada mediante Microsoft Excel.

Los resultados de estas encuestas ayudarán a identificar las dificultades operativas que enfrentan los empleados del parque en su trabajo diario.

10.4.3.2.1. Encuesta a los visitantes del parque

- Se aplicarán aproximadamente 50 encuestas a los visitantes del parque. Esto se considera una muestra representativa del total de

personas que frecuentan el parque, y permitirá obtener un panorama claro sobre el nivel de conocimiento y actitud hacia la separación de residuos.

- Las encuestas a los visitantes se aplicarán mediante un código QR visible en varios puntos estratégicos del parque (entrada, zonas comunes, salones de eventos). Los visitantes podrán escanear el código con sus teléfonos móviles para acceder a la encuesta de manera rápida. También se podrán realizar encuestas en persona a aquellos visitantes que no tengan acceso a dispositivos móviles.
- Las encuestas estarán disponibles en puntos clave como la entrada principal, la zona de eventos y los senderos del parque. Además, se colocarán carteles informativos para incentivar la participación de los visitantes.
- Las preguntas serán principalmente cerradas para medir la conciencia y actitud de los visitantes sobre la separación de residuos, aunque también incluirán algunas preguntas abiertas para obtener sugerencias o comentarios, como se observa en la Tabla 14
- Realizar las encuestas durante los primeros 7 días de muestreo, con el fin de cubrir diferentes días de la semana y tener una muestra representativa.
- Los datos de las encuestas se analizarán y se agruparán por tipo de barrera (físicas, operativas, perceptuales), y se establecerán las relaciones entre las dificultades percibidas y la efectividad del sistema actual de separación de residuos.

Tabla 16.

Encuesta a los visitantes del parque

Pregunta	Respuesta
¿Está usted consciente de la existencia de contenedores para separar residuos en el parque?	
¿Sabe qué tipo de residuos debe colocar en cada contenedor?	
¿Le gustaría recibir más información sobre cómo separar los residuos en el parque?	
¿Considera que la separación de residuos en el parque es importante?	
¿Qué barreras encuentra para separar los residuos cuando visita el parque?	
¿Qué tipo de residuos genera más cuando visita el parque?	
¿Considera que los contenedores están bien distribuidos en el parque?	
¿Qué sugerencias tiene para mejorar la separación de residuos en el parque?	
¿Con qué frecuencia visita el parque?	
¿Ha visto señales o carteles explicativos sobre separación de residuos en el parque?	

Nota. Encuesta a los visitantes del parque, realizada para evaluar el nivel de conciencia y las barreras que enfrentan para separar residuos en el parque, así como las sugerencias para mejorar la separación de residuos. Elaboración propia, realizado con Excel.

10.4.4. Fase 4: Dimensionamiento de contenedores y diseño de rutas internas de recolección

El dimensionamiento de los contenedores debe ser adecuado al volumen de residuos generados en cada zona del parque, y las rutas de recolección deben optimizarse para facilitar el proceso de recolección y transporte.

10.4.4.1. Dimensionamiento de los contenedores

- Cálculo del volumen necesario

Se calculará el volumen total de residuos generado por cada estrato durante un período específico como se observa en la Figura 11, usando el promedio de producción per cápita (PPC) y la densidad de los residuos obtenidos en las etapas anteriores.

Figura 11.

Cálculo del volumen necesario

$$V = \frac{1000 * N * PPC * fs}{\rho * f}$$

Donde:

N = número de usuarios del estrato (visitantes + personal operativo).

PPC = producción de residuos per cápita (kg por visitante-día).

FS = factor de seguridad.

ρ = densidad de los residuos.

f = frecuencia de recolección.

Nota. Ecuación para el cálculo del volumen necesario para el almacenamiento de residuos sólidos. Obtenido de Grádiz y Raudales (2012). *Modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pinula.* (http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0415_MT.pdf), consultado el 18 de octubre de 2025. De dominio público.

- Selección del tipo de contenedor

Basado en el volumen calculado, se determinarán los tipos de contenedores más adecuados y el número de unidades necesarias para cada estrato.

10.4.4.2. Ubicación estratégica de los contenedores

Las propuestas para los contenedores se ubicarán en puntos clave del parque para maximizar la eficiencia de la separación y minimizar el esfuerzo de los visitantes y el personal operativo. Las zonas de mayor flujo de personas, como la entrada, los senderos, y los salones de eventos, recibirán contenedores más grandes o en mayor cantidad.

Tabla 17.

Dimensionamiento y ubicación de los contenedores en el parque

Zona	Tipo de residuos	Contenedor necesario	Frecuencia de recolección	Ubicación del contenedor
Salones de eventos				
Senderos				
Baños				
Oficinas				

Nota. Dimensionamiento y ubicación de los contenedores en el parque. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Cada estrato contará con contenedores específicos para cada tipo de residuo, y estarán señalizados adecuadamente para facilitar su uso.
- Se garantizará que los contenedores estén bien distribuidos, visibles y accesibles para los visitantes y el personal, sin obstruir caminos o áreas recreativas.

- Los contenedores estarán ubicados en sitios que permitan la facilidad de recolección diaria sin interferir con otras actividades del parque.

10.1.1.1. Diseño de las rutas internas de recolección

- Se diseñarán rutas eficientes para el personal de recolección de residuos, asegurando que los contenedores de cada estrato sean vaciados de manera oportuna y sin duplicar esfuerzos.
- Las rutas estarán basadas en la distribución geográfica de los estratos y la frecuencia de recolección, considerando la distancia a recorrer y el tiempo requerido.

Tabla 18.

Distancia, tiempo y frecuencia de recolección de residuos en el parque

Zona	Distancia al contenedor (m)	Tiempo estimado (min)	Frecuencia de recolección	Observaciones
Salones de eventos				
Senderos				
Baños				
Oficinas				

Nota. Dimensionamiento y ubicación de los contenedores en el parque. Elaboración propia, realizado con Excel.

10.4.5. Fase 5: Análisis integrado de resultados y formulación de la propuesta operativa

Los resultados a obtener son los siguientes:

10.4.5.1. Estadística de generación y composición gravimétrica

Tipo, composición y cantidad diaria de residuos sólidos que se generan en las distintas zonas y eventos de uso del parque.

10.4.5.2. Matriz de condiciones actuales y limitaciones

Condiciones actuales y limitaciones físicas, operativas y organizativas para la separación y clasificación de los residuos sólidos dentro del parque.

10.4.5.3. Propuesta operativa

Propuesta para la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados en el Parque Ecológico-Deportivo Cayalá, incluyendo dimensionamiento de contenedores, ubicación estratégica, rutas internas y plan de sensibilización.

11. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los cálculos y datos necesarios para analizar la información obtenida en el diseño de investigación para la gestión integral de residuos sólidos en el Parque Ecológico-Deportivo Cayalá son los siguientes:

- Gráfica de resultados de las encuestas al personal operativo y a los visitantes.
- Tabla de medición diaria del peso y porcentaje de cada fracción de residuo para la semana 1.
- Tabla de medición diaria del peso y porcentaje de cada fracción de residuo para la semana 2.
- Tabla de clasificación de residuos orgánicos.
- Tabla de clasificación de papel y cartón.
- Tabla de clasificación de plástico.
- Tabla de clasificación de vidrio.
- Tabla de clasificación de material ferroso.
- Tabla de clasificación de material no ferroso.
- Tabla de clasificación de varios.
- Tabla de clasificación de residuos sanitarios.
- Tabla de clasificación de residuos peligrosos.
- Tabla de clasificación de residuos especiales.
- Tabla de registro de porcentaje diario de residuos generados.
- Tabla de distancia, tiempo y frecuencia de recolección de residuos en el parque.

- Tabla de dimensionamiento y ubicación de los contenedores en el parque.
- Ecuación para el cálculo de la densidad de los residuos sólidos.
- Ecuación para el cálculo de la producción per cápita diaria de residuos sólidos.
- Ecuación para el cálculo del porcentaje diario de cada tipo de residuo.
- Ecuación para el cálculo del volumen necesario de contenedores.

Posteriormente, se utilizarán las siguientes herramientas para la presentación de resultados:

- Media aritmética y la desviación estándar semanal de cada fracción, además del porcentaje que representa respecto al total generado en cada zona y evento del parque.
- Matriz de condiciones actuales y limitaciones se sintetizarán las barreras físicas, operativas y organizativas identificadas a partir de las encuestas y de las observaciones de campo, con el fin de priorizar acciones de mejora en la separación y clasificación de residuos.
- Herramienta de integración operativa: Ubicación de contenedores por fracción y zona y matriz distancia–tiempo–frecuencia de rutas, para definir la frecuencia óptima de recolección.

12. CRONOGRAMA

En la siguiente tabla se presenta el cronograma sobre las actividades que se llevarán a cabo según los objetivos trazados en el inicio del estudio.

Tabla 19.

Cronograma de actividades a realizar en la investigación

Actividades	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Fase 1																								
Revisión bibliográfica y levantamiento de información del parque	■																							
Elaboración del protocolo		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■												
Diseño de instrumentos (encuestas, fichas, guías técnicas)					■	■																		
Fase 2																								
Entrevista a personal del parque													■											
Caracterización de residuos sólidos													■	■										
Medición de peso de residuos													■	■	■	■								
Entrevista a visitantes del parque													■	■	■	■								
Fase 3																								
Análisis de resultados y diagnóstico técnico-operativo																	■	■	■	■				
Formulación técnica de la propuesta de manejo																					■	■	■	■
Diseño de estrategia de capacitación y materiales educativos para personal del parque																							■	■
Conclusiones																								■
Informe final																								■

Nota: Actividades programadas de acuerdo con los objetivos de la investigación, distribuidas en fases y periodos mensuales. Elaboración propia, utilizando Excel.

13. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se realizará con recursos propios del estudiante de la Maestría en Energía y Ambiente, así como con el apoyo institucional del Parque Ecológico y Deportivo Cayalá para el acceso a las áreas de muestreo y recolección de información. Considerando que se trata de una investigación descriptiva y no experimental, se utilizarán principalmente recursos básicos de oficina, transporte, equipo de medición y servicios de asesoría académica como lo son:

Tabla 20.

Recursos necesarios para realizar la investigación

RECURSO	DESCRIPCIÓN	USO	FUENTE	MONTO
Disponible	Computadora con paquete de Office	Tabulación y cálculo de datos.	Personal	N.A.
	Servicio de internet	Investigación de información.	Personal	Q200.00
	Vehículo (Gasolina)	Traslado hacia el parque.	Personal	Q300.00
Necesario	Materiales de oficina	Impresión de fichas de campo y borradores de resultados	Personal	Q20.00
	Balanza	Pesar los residuos sólidos resultantes del proceso.	Personal	Q200.00
	Impresiones de encuestas y guías	Entrevistas y aplicación en campo	Personal	Q10.00
Total				Q730

Nota: Recursos necesarios para realizar la investigación, Elaboración propia, utilizando Word.

Con la disponibilidad de los recursos técnicos, financieros y humanos descritos, así como con la planificación adecuada de actividades, se determina que la investigación es factible.

REFERENCIAS

- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., & Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://doi.org/10.18235/0010235>
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA]. (2021). *Estrategia nacional de reciclaje: Parte uno de una serie para construir una economía circular para todos*. https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-01/spanish-version_final-national-recycling-strategy-es.pdf
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA]. (2023a). *Equidad en la gestión de residuos sólidos*. https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-09/swm_equity-spanish.pdf
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA]. (2023b). *Mercados de reciclaje*. En *Mejores prácticas para la gestión de los residuos sólidos: Guía para responsables de la toma de decisiones en países en desarrollo*. https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-09/swm_recyclingmarkets-spanish.pdf
- Amaya Pabón, C. E. (2023). Plan de gestión integral de los residuos sólidos para las áreas recreativas – deportivas. *Actividad Física y Ciencias*,

15(2), 44–58. <https://doi.org/10.56219/actividadfsicaycienciasphysicallactivityandscience.v15i2.2015>

Anzaldúa-Soulé, K. R., Bahena-Martínez, F. N., & Saldaña-Almazán, M. (2020). Concientización ambiental para mitigar los residuos sólidos: Parque Nacional El Veladero, Acapulco, México. *Ra Ximhai*, 16(4), 91–117. <https://doi.org/10.35197/rx.16.04.2020.05.ka>

Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental [AIDIS]. (2019). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos*. <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). *Lineamientos sectoriales para la gestión de residuos sólidos y el avance hacia la economía circular: Acelerando la transformación del sector*. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Lineamientos-sectoriales-para-la-gestion-de-residuos-solidos-y-el-avance-hacia-la-economia-circular--acelerando-la-transformacion-del-sector.pdf>

BearSaver. (2024, 16 de agosto). *Why every park needs animal-resistant trash solutions* [Por qué cada parque necesita soluciones de basura resistentes a animales]. <https://bearsaver.com/blogs/news/why-every-park-needs-animal-resistant-trash-solutions>

Busch Systems. (2021, 29 de marzo). *Top 5 practices to reduce park & recreation recycling contamination* [Cinco prácticas clave para reducir la contaminación del reciclaje en parques y áreas recreativas].

<https://www.buschsystems.com/blog/news/top-5-practices-to-reduce-park-recreation-recycling-contamination/>

García Vélez, P. R. (2022). *Plan de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios en la Colonia Lomas de Pamplona ubicada en la zona 13 de la Ciudad Capital, Guatemala, C. A.* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <https://drive.google.com/file/d/1yb2H2FxOFgjevSM9VolVdHVonV6sHEVd/view>

Cruz-Rodríguez, M. V., & Pérez-Ramírez, C. A. (2019). Impacto ambiental y percepción social en el Parque Urbano Matlazincas, Toluca, México. *Proyección. Estudios Geográficos y de Ordenamiento Territorial*, 13(26), 41–59. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/proyeccion/article/view/2837>

ECOLEC Waste Hub. (2021, 14 de junio). *Qué son los residuos domésticos.* <https://ecolec.es/informacion-y-recursos/tipos-de-residuos/domesticos/>

Enlace Profesional de Consultores. (2023, 31 de julio). *Medio ambiente y el Acuerdo Gubernativo 164-2021 Guatemala.* <https://enlacegt.com/licencia-ambiental/acuerdo-gubernativo-164-2021/>

Fenitra, R. M., Laila, N., Premananto, G. C., Abbas, A., & Sedera, R. M. H. (2023). *Explaining littering prevention among park visitors using the Theory of Planned Behavior and Norm Activation Model* [Explicación de la prevención de arrojar basura entre visitantes de parques mediante la Teoría del Comportamiento Planificado y el Modelo de Activación de Normas]. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 11(1), 39–53. <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2022.11.002>

García Macz, G. A. y Bonilla Landaverry, G. A. (2016). *Situación actual de la gestión integral de los residuos sólidos en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. https://www.researchgate.net/publication/339613904_Situacion_actual_de_la_gestion_integrada_de_los_residuos_solidos_en_el_municipio_de_Coban_Alta_Verapaz_Guatemala_C_A

García Vélez, P. R. (2022). *Plan de gestión integral de residuos sólidos domiciliarios en la Colonia Lomas de Pamplona ubicada en la zona 13 de la Ciudad Capital, Guatemala, C. A.* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://drive.google.com/file/d/1yb2H2FxFgjevSM9VolVdHVonV6sHEVd/view>

García-Mondragón, D., Cervantes-Zepeda, I., Gómez-Demetrio, W., Gallego-Alarcón, I., García-Pulido, D. y González-Blanco, G. (2023). Gestión de los residuos sólidos en México: análisis cualitativo de los diagnósticos básicos. *INTER DISCIPLINA*, 11(30), 215–242. <https://doi.org/10.22201/ceiach.24485705e.2023.30.81788>

Gök, B., Hartl, B., Dworak, S., Schwarzböck, T. & Allesch, A. (2025). *Consumer behaviour with regard to waste separation in public and private spaces* [Comportamiento del consumidor respecto a la separación de residuos en espacios públicos y privados]. *Detritus*, 30, 3–13. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2025.19467>

González, J. A. G. (2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas implicaciones ambientales. *Gestión & Región*, 19, 93–114. <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionyregion/article/view/149>

González Villalta, A. V. (2022). Diseño de investigación de la caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes y propuesta para su manejo ambiental, en el área urbana del municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18202/1/Aurora%20Virginia%20Gonz%C3%A1lez%20Villalta.pdf>

González Villalta, A. V. (2022). *Diseño de investigación de la caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes y propuesta para su manejo ambiental, en el área urbana del municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez* [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Institucional USAC. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18202/1/Aurora%20Virginia%20Gonz%C3%A1lez%20Villalta.pdf>

Grádiz, R. y Raudales, F. (2012). *Modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pinula* [Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0415_MT.pdf

Grau, J. (2015). *Solid waste management in Latin America and the Caribbean* [Gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe]. Inter-American Development Bank. <https://publications.iadb.org/en/solid-waste-management-latin-america-and-caribbean>

Hoornweg, D. & Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste: A global review of solid waste management* [Qué desperdicio: una revisión global de la gestión de residuos sólidos]. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>

IEA Bioenergy. (2013). *Source separation of MSW* [Separación en la fuente de los RSU] [Folleto técnico]. IEA Bioenergy Task 37. https://task37.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/32/2022/02/source_separation_web.pdf

Instituto Vasco de Estadística (Bilbao). *Residuos comerciales (RC)*. Eustat. Recuperado el 10 de septiembre de 2025 de https://es.eustat.eus/documentos/opt_1/tema_283/elem_12572/definicion.html

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Waste [Residuos]. *En 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Vol. 5). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol5.html>

LEANpio. (9 de febrero de 2022). Tipos de residuos industriales y cómo se gestionan. LEANpio. <https://www.leanpio.com/es/blog/tipos-de-residuos-industriales>

Leave No Trace Center for Outdoor Ethics. (2018). *Waste in national parks* [Residuos en los parques nacionales]. <https://lnt.org/research-resources/waste-in-national-parks/>

López Albán, M. E., & Rodríguez Vieira, M. G. (2022). *Educación ambiental y gestión de residuos sólidos: Un estudio en el nivel básico superior de Ecuador*. Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, 7(11), 291-323. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4858>

López Pimentel, A. L. (2015). *Impacto ambiental causado por residuos sólidos en el río Grijalva, Parque Nacional Cañón del Sumidero, Chiapas*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Archivo digital. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/8759/1/Tesis.pdf.pdf>

Manea, E. E., Bumbac, C., Dinu, L. R., Bumbac, M., & Nicolescu, C. M. (2024). *Composting as a Sustainable Solution for Organic Solid Waste Management: Current Practices and Potential Improvements* [Compostaje como solución sostenible para la gestión de residuos sólidos orgánicos]. *Sustainability*, 16(15), 6329. <https://doi.org/10.3390/su16156329>

Medina, R. (2016). *El reciclaje es la solución*. Sindicato Nacional de Trabajadores de la Educación. <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/4824>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MADS]. (s. f.). *Residuos peligrosos – RESPEL*. Recuperado el 10 de septiembre de 2025 de <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/residuos-peligrosos/>

Acuerdo Gubernativo Número 281-2015. *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos*. (15 de diciembre de 2015). Presidente de la República de Guatemala. Diario de Centro América. Guatemala. https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/acuerdo-gubernativo-numero-281-2015-politica-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-y-desechos-solidos/

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2018a). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2018b). *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes*. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/material-de-apoyo-dimards/>

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2023a). *Guía para la identificación gráfica de los residuos y desechos sólidos comunes*. https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-la-identificacion-grafica-de-los-residuos-solidos-comunes/

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2023b). *Lineamientos para la implementación de la clasificación secundaria de residuos y desechos sólidos comunes*. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/material-de-apoyo-dimards/>

Ministerio de Economía y Finanzas. (2017). *Segundo informe evaluación de diseño y ejecución de presupuesto de: Gestión integral de los residuos sólidos* Ministerio/Pliego: MINAM (PP 0036) Informe final. https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publico/ppr/eval_indep/2017_informe_final_residuos_solidos.pdf

- Ministerio de Educación. (2018). *Manual de buenas prácticas ambientales para instituciones educativas*. <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/02/Manual-BPA.pdf>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2023). *Instructivo para implementar la fase de separación en la fuente de residuos y desechos sólidos no peligrosos*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/05/1.-Instructivo-para-la-fase-de-separacion-en-la-fuente.pdf>
- Ministerio del Medio Ambiente de Colombia. (1997). Política para la gestión integral de residuos sólidos. https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Polit%C3%ACcas_de_la_Direcci%C3%B3n/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_integral_de_1.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2018). *Prevención, valorización y buen manejo de residuos*. <https://educacion.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/05/Prevenci%C3%B3n-Valorizaci%C3%B3n-y-Buen-Manejo-de-Residuos.pdf>
- Miranda Argueta, R. E. (2022). *Modelo de gestión integral para el manejo de residuos sólidos en un hotel ubicado en el municipio de Panajachel del departamento de Sololá, Guatemala*. [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Archivo digital. https://drive.google.com/file/d/15UIg5rhBK7U2caH8nPw-Jy2w9gDb_8sp/view
- Monterroso Montúfar, M. A. (2024). *El impacto ambiental de los desechos sólidos y el reciclaje como aporte al desarrollo sostenible a partir del*

Programa de la ONU para el Medio Ambiente, en Ciudad de Guatemala. 2017–2021 [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Ciencia Política].
<https://cdn.cienciapolitica.usac.glifos.net/digital/cedec12238.pdf>

Mora, A. y Molina, N. (2017). Diagnóstico del manejo de residuos sólidos en el Parque Histórico Guayaquil. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 26(2), 84–105. <https://doi.org/10.17163/lgr.n26.2017.07>

Municipalidad de San Martín de los Andes. (s. f.). Residuos institucionales. https://residuos.sma.gob.ar/?page_id=930

National Recreation and Park Association. (2016, julio). *Design is key to making recycling work* [El diseño es clave para que el reciclaje funcione]. Parks & Recreation Magazine. <https://www.nrpa.org/parks-recreation-magazine/2016/july/design-is-key-to-making-recycling-work/>

New Jersey WasteWise Business Network. (2015). *The economic benefits of recycling and waste reduction – WasteWise case studies from the private and public sectors* [Los beneficios económicos del reciclaje y la reducción de residuos – Estudios de caso]. State of New Jersey Department of Environmental Protection. <https://www.nj.gov/dep/dshw/recycling/wastewise/brbn03.htm>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2001). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/guia_integral_residuos_solidos.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2013). *Bioenergía y seguridad alimentaria: Evaluación rápida (BEFS RA). Manual de usuario: Residuos agrícolas y residuos ganaderos*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d45bf025-5c56-486f-ad08-534863ea2768/content>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (s. f.). *Manual de gestión de residuos sólidos [Anexo técnico]*. FAOLEX. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per186738anx.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial [ONUDI]. (s. f.). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos*. https://downloads.unido.org/ot/47/45/4745768/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf

Ormaza Salamea, E. L. (2014). *Diseño de una planta clasificadora de residuos sólidos urbanos para la Empresa Pública Municipal Mancomunada del Pueblo Cañari de los cantones: Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal en el año 2014* [Tesis de maestría, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8979>

Poma, M. S. (2022). Estrategias de intervención por medio del espacio público y participación ciudadana. *Urbe*, 14(2), 161–178. <https://revistas.udec.cl/index.php/urbe/article/view/5966>

Pontificia Universidad Javeriana Cali. (2019). *Plan de gestión integral de residuos (PGIR)*. https://www.javerianacali.edu.co/sites/default/files/2021-11/plan_gestion_integral_residuos_puj_cali_0.pdf

Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos, Acuerdo Gubernativo 281-2015. (21 de diciembre de 2015). Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Diario de Centro América. Guatemala. https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/acuerdo-gubernativo-numero-281-2015-politica-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-y-desechos-solidos/

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2018). *Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. <https://www.unep.org/es/resources/informe/perspectiva-de-la-gestion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe>

Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes. Acuerdo Gubernativo 164-2021. (10 de agosto de 2021). Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Diario de Centro América. Guatemala. <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/164-2021>

Reciclamás. (9 de abril de 2024). *Residuos de construcción y demolición (RCD): ¿A qué hacen referencia y por qué es importante su gestión?* Reciclamás. <https://reciclamas.eu/blog/residuos-de-construccion-y-demolicion-rcd-a-que-hacen-referencia-y-por-que-es-importante-su-gestion/>

Religa, P., & Adach, S. (2020). The problem of solid waste on the tourist trails of Tatra National Park, Poland [El problema de los residuos sólidos en los senderos turísticos del Parque Nacional Tatra, Polonia]. *eco.mont – Journal on Protected Mountain Areas Research and Management*, 12(1), 35–42. <https://doi.org/10.1553/eco.mont-12-1s35>

- Rentería, J. y Zeballos, M. (2014). *Propuesta de mejora para la gestión estratégica del Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios en el distrito de Los Olivos* [Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6285>
- Requena Ligorria, J. D. (2021). *Plan de desarrollo sostenible para la gestión de residuos sólidos generados por el mercado central del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala* [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://drive.google.com/file/d/12Jr6DXBTGP3F97DUhzfCe-dapnOJvRoV/view>
- Rivera Figueroa, L. H. y Sierra Villafranca, L. F. (2017). *Propuesta de proyecto de un parque eco amigable en el municipio de Santa Ana, Francisco Morazán, integrando la reutilización de residuos* [Tesis de maestría, Universidad Tecnológica Centroamericana]. <https://repositorio.unitec.edu/items/c510a015-0a6b-4f36-8e55-66984b9779f4>
- Rodríguez Herrera, H. (2012). *Gestión integral de residuos sólidos*. Biblioteca Digital Areandina. <https://digitk.areandina.edu.co/handle/areandina/518>
- Rodríguez, J. E. y Mejía Dávila, M. V. (2023). Impactos de la generación de basura en Guatemala. *Revista Análisis de la Realidad Nacional*, (44), 44–55. [https://rarn.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2024/06/RI44_Impactos de la generacion de basura en Guatemala.pdf](https://rarn.usac.edu.gt/wp-content/uploads/2024/06/RI44_Impactos_de_la_generacion_de_basura_en_Guatemala.pdf)
- Rojas Maldonado, M. C. (2023). *Modelo de gestión integral de residuos sólidos (GIRS) aplicado en la identificación de microempresas*,

pequeñas y medianas empresas (mipymes) de minería urbana en la ciudad de Guatemala. Caso de estudio: RAEE [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala, Escuela de Estudios de Posgrado]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18416/>

Rojas Utia, D. B. (2024). *Educación ambiental y manejo de residuos sólidos en los estudiantes de la Facultad de Pedagogía y Cultura Física de la Universidad Nacional de Educación La Cantuta* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle]. <https://repositorio.une.edu.pe/bitstreams/0f63ec70-3bb3-40a3-87ec-814742736792/download>

Amreen, S., Agarwal, M. K., Gautam, A. K., & Khajanchi, Y. (2024). *Comprehensive review of solid waste management strategies and disposal approaches* [Revisión integral de estrategias de gestión de residuos sólidos y enfoques de disposición]. *Multidisciplinary Reviews*, 6, e202355076. <http://dx.doi.org/10.31893/multirev.2023ss076>

Smith Medina, L. (2023). *Plan de manejo de residuos sólidos urbanos del Parque Nacional Lagunas de Zempoala (subzona de uso público)* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. <http://riaa.uaem.mx/handle/20.500.12055/4399>

Titto, E., & Savino, A. (2024). *Human health impact of municipal solid waste mismanagement: A review* [Impacto en la salud humana por la mala gestión de residuos sólidos municipales: una revisión]. *Advances in Environmental Engineering Research*, 5(2). <https://doi.org/10.21926/aeer.2402014>

- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN]. (2019). *Manual de educación ambiental para instructores comunitarios y líderes locales*. ORMACC-USAID. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecrepattach/IUCN%20-%20MANUAL%20AMBIENTAL-ICWL-USAID-2019-ORMACC.pdf>
- United Nations Environment Programme & International Solid Waste Association. (2024). *Global waste management outlook 2024 [Perspectiva global sobre la gestión de residuos 2024]*. UNEP. <https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024>
- Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Urbanos. (2024). *Gestión de residuos sólidos en América Latina*. <https://ieu.unal.edu.co/wp-content/uploads/2024/09/dgu-28-gestion-residuos-alta-070422.pdf>
- Velasteguí López, P. H. (2018). Efectos de la contaminación ambiental en la flora y fauna en el cantón La Maná. *ConcienciaDigital*, 1(2), 16–27. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v1i2.947>
- Vergara Mian, V. del S. (2024). *Residuos sólidos urbanos en parques de Mérida, Yucatán: Percepción ciudadana* [Tesis de maestría, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional]. <https://www.cinvestav.mx/Portals/0/sitedocs/mda/ecologia-humana/maestria/tesis/21TesisVergaraV24.pdf>
- Villatoro Herrera, R. R. (2004). *Propuesta para el manejo de desechos sólidos, generados en el Asentamiento Tecún Umán, Chinautla,*

Guatemala [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2400_C.pdf

Wang, P., Han, L., & Ai, F. (2022). *What drives visitors' use of bins in urban parks? An application of the Stimulus–Organism–Response model* [¿Qué motiva el uso de basureros por parte de los visitantes en parques urbanos? Una aplicación del modelo Estímulo–Organismo–Respuesta]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), 1510. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031510>

World Bank. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050* [Qué desperdicio 2.0: Una visión global de la gestión de residuos sólidos hasta 2050]. World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/d3f9d45e-115f-559b-b14f-28552410e90a>

World Health Organization. (2018). *Safe management of wastes from health-care activities* (2nd ed.) [Gestión segura de los residuos de las actividades sanitarias]. WHO Press. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259491>

WRAP. (2016). *Supporting evidence and analysis* (A Framework for Greater Consistency in Household Recycling in England) [Evidencia y análisis de apoyo (Un marco para una mayor coherencia en el reciclaje doméstico en Inglaterra)]. https://static.wrap.org.uk/consistency/Learn_more_about_the_evidence.pdf

APÉNDICES

Apéndice 1.

Árbol del Problemas



Nota. Árbol de Problemas. Elaboración propia, realizado con Visio.

Apéndice 2.

Matriz de Coherencia

DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE SEPARACIÓN Y CLASIFICACIÓN EN ORIGEN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL PARQUE ECOLÓGICO Y DEPORTIVO CAYALÁ, ZONA 16, CIUDAD DE GUATEMALA.		
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA PRINCIPAL	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN
<p>En el Parque Ecológico y Deportivo Cayalá, ubicado en zona 16 de la ciudad de Guatemala, no existe un sistema de separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados por los visitantes, lo que genera contaminación del suelo, agua y aire, proliferación de vectores de enfermedades y pérdida de recursos reciclables.</p>	<p>Pregunta Principal ¿Cuál será la propuesta de manejo adecuada para la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados por los visitantes en el Parque Ecológico y Deportivo Cayalá?</p> <p>Preguntas Secundarias</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué tipo de residuos sólidos se generan en el Parque Ecológico y Deportivo Cayalá y en qué cantidad? 2. ¿Qué condiciones o limitaciones existen actualmente para separar y clasificar los residuos en el parque? 3. ¿Qué acciones deben implementarse para el proceso de la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados por los visitantes del parque? 	<p>Objetivo General Diseñar una propuesta para la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados en el Parque Ecológico y Deportivo Cayalá.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar el tipo, la composición y la cantidad diaria de residuos sólidos que se generan en las distintas zonas y eventos de uso del parque. 2. Identificar las condiciones actuales y limitaciones físicas, operativas y organizativas para la separación y clasificación de los residuos sólidos dentro del parque. 3. Establecer las acciones para el proceso de la separación y clasificación en origen de los residuos sólidos generados por los visitantes del parque.

Nota. Matriz de Coherencia. Elaboración propia, realizado con excel.