

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**

**ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS
DOMICILIARES, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN
SEBASTIÁN, RETALHULEU, Y PROPUESTA PARA SU GESTIÓN.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LAS AUTORIDADES DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR:
JOSÉ MIGUEL QUICHE LÓPEZ

Previo a conferírsele el título de:
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de:
LICENCIADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

QUETZALTENANGO, NOVIEMBRE DE 2023

AUTORIDADES:

Rector Magnífico: M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis
Secretario General: Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

CONSEJO DIRECTIVO:

Director General y Presidente del Consejo Directivo: Dr. César Haroldo Milián Requena
Secretario Administrativo y de Consejo Directivo: Lic. José Edmundo Maldonado Mazariegos

REPRESENTANTE DE LOS DOCENTES

MSc. Edelman Cándido Monzón López
MSc. Elmer Raúl Bethancourt Mérida

REPRESENTANTE DE LOS ESTUDIANTES

Br. Aleyda Trinidad de León Paxtor de Rodas
Br. José Antonio Gramajo Martir

REPRESENTANTE DE EGRESADOS

Lic. Víctor Lawrence Díaz Herrera

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Ing. Agr. Jesús de León Wannam

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE:

Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca

EXAMINADORES:

Ing. Agr. MSc. Jorge Morales Alistum

Ing. Civil. Marco Vinicio Pérez Mejía

Ing. AT Bryan Roblero

SECRETARIO:

Ing. Agr. Jesús de León Wannam

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca

COORDINADOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Ing. Agr. Jesús de León Wannam

Nota: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación”. (Artículo 31 del reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente y Artículo 13 de la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, Guatemala 2023

Quetzaltenango 15 de marzo de 2023

Ingeniero Hugo Leonel Rodríguez Loarca

Director de la División de Ciencia y Tecnología

Centro Universitario de Occidente

Respetable Ingeniero:

Me dirijo a usted para informarle que he cumplido con mi calidad de ASESOR del trabajo de graduación del estudiante **José Miguel Quiché López**, con registro académico 201631075 quien elaboró la investigación titulada:

ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU, Y PROPUESTA PARA SU GESTIÓN

Al respecto, manifiesto que dicho trabajo ha sido concluido satisfactoriamente, y considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local del Centro Universitario de Occidente, por lo que recomiendo su publicación.

Atentamente

ID Y ENSEÑAD A TODOS



M.Sc. Jesús de León Wannam

Asesor

Quetzaltenango, 26 de julio 2023

Ing. Hugo Rodríguez Loarca
Director División Ciencia y Tecnología
Cunoc.

Ing. Rodríguez:

De conformidad con el nombramiento de revisor **GAL09-2023** de fecha 19 de abril 2023, en donde se me nombra revisor del trabajo de graduación titulado *“Análisis de los residuos y desechos sólidos domiciliarios en el área urbana del municipio San Sebastián Retalhuleu y propuesta para su gestión”*, elaborado por el estudiante **José Miguel Quiche López**, carnet 2804770071102 y registro académico No. 201631075, me permito manifestar que habiendo revisado el trabajo en mención, considero que satisface con los lineamientos establecidos para este tipo de trabajos con fines de graduación, por lo que recomiendo que el mismo pueda continuar con el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo, atentamente.



Ing. Agr. JORGE MORALES ALISTUM
COLEGIADO N.º 427

Ing. Agr. Jorge Morales Alistum

Revisor

Quetzaltenango, Agosto de 2,023

Honorable Consejo Directivo
Honorable Autoridades de la División de Ciencia y Tecnología
Honorable Mesa del Acto de Graduación de Juramentación

De conformidad con las normas que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del reglamento general de evaluación y promoción del estudiante del Centro Universitario de Occidente; tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

“ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS DOMICILIARES, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU, Y PROPUESTA PARA SU GESTIÓN”

Como requisito para optar al título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local en el grado académico de Licenciado.

Esperando la aprobación del documento y agradeciendo de antemano la atención a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



José Miguel Quiche López

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA**

Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 012-GAL-2023 de fecha dieciocho de octubre del año dos mil veintitrés del (la) estudiante: José Miguel Quiché López con Carné No. 2804 77007 1102 Registro Académico No. 201631075 emitida por el Coordinador de la Carrera de GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado:

“ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU Y PROPUESTA PARA SU GESTIÓN.”

Quetzaltenango, 27 de octubre de 2023.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”




Ing. Agr. Hugo Leonel Rodríguez Loarca
Director de División de Ciencia y Tecnología

/VSGdeG.

DEDICATORIA

A MI MADRE:

Quien con su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, ha motivado y contribuido a este logro académico.

A MI HERMANA:

Dolores Isabel, por confiar en mí y brindarme los recursos necesarios para cumplir con esta meta. Te dedico este logro con gratitud y amor.

A MI PEQUEÑA SOBRINA:

Sofía Elizabeth, quien a menudo fue mi compañía en horas de trabajo. Que este logro refleje la dedicación y el esfuerzo invertidos, y sirva de inspiración en un futuro, a forjar tus metas con pasión y determinación.

A MIS AMIGOS:

Les agradezco por sus valiosas aportaciones, debates enriquecedores y el ambiente colaborativo que crearon, lo cual impulsó mi trabajo hacia nuevas perspectivas.

AL PUEBLO DE GUATEMALA:

Con la esperanza de contribuir al estudio y solución de los problemas nacionales, dedico este trabajo en agradecimiento a la sociedad y a todos aquellos que creen en la importancia del conocimiento y la educación como pilares para la búsqueda colectiva del progreso y desarrollo del país.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:

La institución en la que he crecido como individuo. Llevaré con orgullo los valores y enseñanzas de mi alma mater a medida que emprenda nuevos desafíos en mi futuro. ¡Gracias, Universidad de San Carlos, por ser parte esencial de mi trayectoria!

A LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA:

Agradezco a todos mis profesores y a cada miembro del personal administrativo, por su dedicación, conocimiento, atención y amabilidad en todo lo referente a mi estancia como estudiante.

A MI ASESOR:

Por su orientación, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso de investigación. Ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de este documento, sino también en mi formación como profesional.

A MIS EXAMINADORES Y REVISOR DE TESIS

Quienes con su valiosa experiencia, me brindaron los conocimientos, observaciones y sugerencias oportunas para la culminación de esta etapa académica.

A MI FAMILIA Y AMIGOS:

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia y amigos, quienes han sido un pilar fundamental en mi camino hacia la culminación de esta tesis. Gracias por comprender mis ausencias y por celebrar mis logros como propios.

AL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU:

Finalmente, agradezco a la administración municipal y a la población perteneciente al área de estudio, por su valioso e incondicional apoyo para la realización de esta investigación.

**“ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS
DOMICILIARES, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN
SEBASTIÁN, RETALHULEU, Y PROPUESTA PARA SU GESTIÓN”**

RESUMEN

El documento identifica la situación actual que presenta el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, en cuanto a la generación y manejo de los residuos y desechos sólidos de origen domiciliario que se producen, particularmente, en la cabecera municipal.

Para efectos de este análisis, se llevó a cabo un estudio de caracterización de residuos y desechos sólidos, en el cual se determinó que en el área urbana del municipio se generan aproximadamente 4.12 toneladas diarias de residuos y desechos, de los cuales más de la mitad son susceptibles de aprovechamiento ya que el 58% está compuesto de materia orgánica y el 10% es valorizable para reciclaje.

De estos residuos y desechos que se generan diariamente, solo el 19.95% son dispuestos adecuadamente a través del servicio de recolección municipal. En consecuencia, los residuos y desechos no recolectados se constituyen como un problema local ya que facilitan la dispersión clandestina de estos, afectando los sistemas biológicos naturales y el entorno social del territorio. Esto a su vez indica que la población y el gobierno local no realizan una adecuada gestión respecto a los residuos y desechos sólidos.

Finalmente, la información, análisis y resultados de este estudio permitieron formular una propuesta con el propósito de mejorar las condiciones del sistema para el manejo de los residuos y desechos sólidos del municipio.

Palabras clave:

Residuos y desechos sólidos, cobertura de recolección, producción per cápita, generación y manejo.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	5
1.3. Justificación de la investigación.....	6
1.4. Objetivos	7
1.4.1. General.....	7
1.4.2. Específicos.....	7
1.5. Hipótesis.....	8
1.5.1. Hipótesis vinculadas a la generación de residuos sólidos domiciliars:	8
1.5.2. Hipótesis vinculadas al modelo de gestión actual de los residuos sólidos domiciliars:	8
2. MARCO TEORICO	9
2.1. Residuos y Desechos sólidos (RDS)	9
2.2. Clasificación de los residuos y desechos sólidos según su origen	9
2.2.1. Residuos y desechos sólidos municipales	9
2.2.2. Residuos y desechos sólidos domiciliars	9
2.2.3. Residuos y desechos sólidos industriales	10
2.2.4. Residuos y desechos sólidos hospitalarios	10
2.3. Clasificación de los residuos y desechos sólidos según su composición	10
2.3.1. Residuos y desechos orgánicos.....	10
2.3.2. Residuos y desechos inorgánicos	11
2.3.3. Residuos y desechos especiales	11
2.3.4. Residuos y desechos peligrosos.....	11
2.4. Impactos de los residuos y desechos sólidos en el medio ambiente	12
2.4.1. Contaminación al bien hídrico.....	12
2.4.2. Contaminación del suelo	12
2.4.3. Contaminación atmosférica	13
2.4.4. Contaminación visual	13
2.5. Etapas de la gestión de los residuos y desechos sólidos.....	13
2.5.1. Generación.....	14
2.5.2. Almacenamiento.....	14

2.5.3.	Recolección y transporte	14
2.5.4.	Tratamiento.....	15
2.5.4.1.	Incineración.....	15
2.5.4.2.	Compostaje.....	15
2.5.4.3.	Reciclaje	16
2.5.4.4.	Transformación de residuos y desechos sólidos	16
2.5.5.	Disposición final.....	17
2.6.	Los RDS y su relación con la salud y el ambiente	17
2.7.	Modelo de gestión ideal para el manejo de los residuos y desechos sólidos	18
2.7.1.	Beneficios que se obtienen de una gestión adecuada	19
2.7.2.	Propuesta de un modelo de Gestión de RDS municipal.....	19
2.7.3.	Marco legal de los residuos y desechos sólidos	20
2.7.4.	Marco político de los residuos y desechos sólidos en Guatemala.....	22
2.8.	Indicadores ambientales de los residuos y desechos sólidos.....	22
2.8.1.	Producción per cápita (PPC) de residuos y desechos sólidos.....	23
2.8.2.	Composición de los residuos y desechos sólidos	23
2.8.3.	Cobertura de recolección de residuos y desechos sólidos	24
2.8.4.	Prueba de densidad o peso volumétrico (kg/m ³)	25
3.	MARCO METODOLOGICO.....	26
3.1.	Definición del método de investigación.....	26
3.2.	Contexto espacial y temporal	28
3.3.	Dimensión cuantitativa.....	28
3.3.1.	Población y muestra.....	28
3.3.2.	Variables.....	29
3.3.3.	Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos. La validez de los instrumentos de investigación	29
3.3.4.	Fuentes de información	33
3.3.5.	Técnicas para el análisis de datos	33
3.4.	Dimensión cualitativa.....	34
3.4.1.	Categoría de análisis.....	34
3.4.1.1.	Definición conceptual	34
3.4.1.2.	Sub categorías	35
3.4.1.3.	Fuentes de información	35

3.4.1.4.	Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos. Validez de los instrumentos de la investigación.....	35
3.4.1.5.	Técnicas seleccionadas para el análisis de datos.....	37
3.4.1.6.	Pasos del trabajo de campo	38
4.	PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	39
4.1.	Caracterización de los residuos y desechos sólidos domiciliarios generados en el área urbana de San Sebastián, Retalhuleu.....	39
4.1.1.	Producción Per-cápita (PPC) de residuos y desechos sólidos domiciliarios ...	39
4.1.1.1.	Proyección de la generación de residuos y desechos sólidos.....	41
4.1.2.	Composición física de los residuos y desechos sólidos domiciliarios.....	42
4.1.3.	Cobertura de Recolección.....	44
4.1.3.1.	Eficiencia del personal de recolección	45
4.1.4.	Densidad o peso volumétrico (kg/m ³)	46
4.2.	Situación actual de la gestión de los residuos y desechos sólidos domiciliarios	47
4.2.1.	Manejo de los residuos y desechos sólidos a nivel institucional	47
4.2.1.1.	Aspectos organizativos y administrativos de la entidad.....	47
4.2.1.2.	Aspectos técnicos y operativos	49
4.2.1.3.	Aspectos financieros	52
4.2.2.	Manejo a nivel domiciliario de los residuos y desechos sólidos	54
4.2.2.1.	Almacenamiento.....	55
4.2.2.2.	Frecuencia de eliminación.....	56
4.2.2.3.	Clasificación y separación.....	57
4.2.2.4.	Reciclaje.....	58
4.2.2.5.	Reutilización.....	59
4.2.2.6.	Disposición final	60
4.3.	Discusión de resultados.....	62
5.	CONCLUSIONES.....	65
6.	RECOMENDACIONES.....	67
7.	PROPUESTA PARA LA GESTIÓN ADECUADA DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU.	69
7.1.	Presentación.....	69
7.2.	Objetivo	70

7.3.	Principio normativo y legal	70
7.4.	Componentes estratégicos de la propuesta	71
7.4.1.	Aspecto social.....	71
7.4.1.1.	Participación comunitaria.....	71
7.4.1.2.	Estrategia de comunicación y marketing	72
7.4.2.	Aspectos Técnicos	73
7.4.2.1.	Generación	73
7.4.2.2.	Almacenamiento.....	74
7.4.2.3.	Clasificación.....	74
7.4.2.4.	Recolección y transporte	77
7.4.2.5.	Tratamiento y disposición final.....	78
7.4.3.	Aspecto económico.....	80
7.4.3.1.	Presupuesto (orientativo).....	80
7.4.3.2.	Financiamiento (orientativo).....	81
7.4.4.	Seguimiento y control.....	81
7.4.5.	Cronograma de ejecución	82
7.4.6.	Responsables de la ejecución	83
8.	BIBLIOGRAFIA.....	84
9.	ANEXO	86
9.1.	Área de estudio delimitado.....	86
9.2.	Inventario de Generación Per-cápita de residuos y desechos sólidos.	87
9.3.	Proyección del crecimiento poblacional de San Sebastián, Retalhuleu.	88
9.4.	Boleta para la prueba de composición física.	89
9.5.	Boleta para la determinación de la Densidad de los residuos y desechos sólidos..	90
9.6.	Boleta para la entrevista a población del área urbana.	91
9.7.	Boleta para la entrevista a funcionarios públicos.	94
9.8.	Boleta para la guía de observación.....	98
9.9.	Método de cuarteo	100
9.10.	Organigrama de la entidad responsable de la gestión de los RDS.	102
9.11.	Rutas de recolección del tren de aseo municipal.....	103
9.12.	Documentación fotográfica	105
9.13.	Datos para estimar el área requerida del relleno sanitario.....	108

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definición conceptual, operacional e instrumental de las variables.....	30
Tabla 2. Operacionalización de las subcategorías de análisis	36
Tabla 3. Peso total recolectado	40
Tabla 4. Cálculo de la PPC.....	40
Tabla 5. Cantidad de residuos y desechos sólidos generados en el área urbana.	41
Tabla 6. Generación de RDS en relación al crecimiento poblacional.....	41
Tabla 7. Composición física de los residuos y desechos sólidos domiciliars.....	42
Tabla 8. Generación de residuos y desechos sólidos por categoría.....	44
Tabla 9. Cálculo de la cobertura de recolección.....	44
Tabla 10. Generación y recolección de residuos y desechos sólidos domiciliars.....	45
Tabla 11. Cálculo de la eficiencia del personal de recolección.....	46
Tabla 12. Densidad de los residuos y desechos sólidos.	47
Tabla 13. Puestos y funciones, Tren de aseo.....	48
Tabla 14. Costos de operación, Tren de aseo municipal	53
Tabla 15. Ingresos por operación, Tren de aseo municipal	53
Tabla 16. Actividades para la participación social en la gestión de los RDS.....	71
Tabla 17. Matriz para diseño del programa de comunicación.....	72
Tabla 18. Alternativas para la generación de RDS.....	73
Tabla 19. Estrategia para la separación de RDS desde el hogar.....	75
Tabla 20. Proceso para el tratamiento de los residuos y desechos sólidos	79
Tabla 21. Costo para el manejo de los residuos y desechos sólidos.....	80
Tabla 22. Plan tarifario para el manejo de los RDS domiciliars.....	81
Tabla 23. Indicadores para el seguimiento y control del sistema de gestión de los RDS	82
Tabla 24. Cronograma de ejecución.....	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de viviendas muestreadas	39
Figura 2. Composición porcentual promedio de los residuos y desechos	43
Figura 3. Rutas de recolección	50
Figura 4. Distribución de usuarios activos, Tren de aseo municipal	51
Figura 5. Vertedero para la disposición final de los residuos y desechos sólidos	52
Figura 6. Población/Viviendas con y sin servicio de recolección	54
Figura 7. Percepción de la calidad del servicio de recolección	55
Figura 8. Recipiente utilizado para el almacenamiento de los residuos y desechos sólidos	56
Figura 9. Frecuencia de eliminación de los residuos y desechos sólidos	57
Figura 10. Población que separa en orgánico e inorgánico	58
Figura 11. Porcentaje de población que recicla	59
Figura 12. Porcentaje de población que reutiliza	59
Figura 13. Formas de eliminación de los residuos y desechos sólidos.....	60
Figura 14. Distribución de basureros clandestinos	61
Figura 15. Aspectos normativos y legales para el manejo de los RDS	70
Figura 16. Clasificación de los residuos y desechos domiciliarios.....	75
Figura 17. Planificación para la etapa de recolección	77
Figura 18. Aspectos para la eficiencia del personal operativo	78
Figura 19. Área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu.....	86
Figura 20. Método de cuarteo para la reducción del tamaño de la muestra	101
Figura 21. Ruta de recolección 1.	103
Figura 22. Ruta de recolección 2.	104
Figura 23. Ruta de recolección 3.	104
Figura 24. Recolección de las muestras.....	105
Figura 25. Aplicación y distribución de entrevistas	105
Figura 26. Pesaje de las muestras para la determinación de la PPC.....	105
Figura 27. Método del cuarteo para reducir el tamaño de la muestra	105
Figura 28. Prueba de la composición física de los residuos y desechos sólidos	106
Figura 29. Prueba de densidad de los residuos y desechos sólidos	106
Figura 30. Sitio de disposición final de los residuos y desechos sólidos municipales	106
Figura 31. Recolección manual, Tren de aseo municipal.....	106
Figura 32. Forma de eliminar la basura por la población sin servicio de recolección	107
Figura 33. Servicio de recolección no autorizada.....	107
Figura 34. Vertedero ilegal en la ribera del río Samalá.....	107

1. INTRODUCCIÓN

La gestión de los residuos y desechos sólidos representa una problemática que ha afectado a Guatemala durante muchos años. El acelerado crecimiento poblacional, la urbanización y los patrones de producción y consumo de la sociedad, han ocasionado un incremento en la generación de residuos y desechos, y un particular cambio en la composición de estos.

Si bien Guatemala es, de acuerdo al Banco Mundial (2018), uno de los países latinoamericanos que generan menos residuos y desechos sólidos, la falta de acciones para abordar la problemática de manera integral, responsable y eficiente, son escasas a nivel nacional, lo que resulta en niveles sin precedentes de impactos ambientales, económicos y sociales para el país.

Actualmente, en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu, se generan diariamente 4.12 toneladas de residuos y desechos sólidos de origen domiciliario, y se recupera únicamente el 19.95% a través del servicio de recolección municipal. Esto indica que 3,294 kilogramos de residuos y desechos carecen de un manejo autorizado para su disposición final, por lo que se constituye como uno de los grandes factores que ejercen presión en el ambiente, ya que estos son quemados o dispuestos en botaderos ilegales.

Por otro lado, a nivel municipal, no existe ninguna experiencia de una recolección diferenciada, la escasa infraestructura necesaria para un manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos y el déficit económico asociado a su gestión, representan un desafío para el gobierno local, al ser este la entidad responsable del manejo de los residuos y desechos que se generan en el territorio. Estos elementos evidencian que no se ha dimensionado adecuadamente los aspectos específicos que reflejan la realidad ambiental en torno a la problemática de la gestión local de los residuos y desechos sólidos municipales.

El presente estudio aborda la problemática expuesta, efectuando para ello, un análisis de la situación actual del manejo y de la generación de los residuos y desechos sólidos de origen domiciliario, delimitando la zona de estudio al área urbana del municipio. Así mismo, se formula una propuesta, en base a los resultados, para la gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos.

1.1. Antecedentes

Con el propósito de analizar los estudios previos vinculados al tema de investigación, se desarrolló una síntesis de los mismos. Entre ellos destacan los elaborados por estudiantes de la carrera de ingeniería en gestión ambiental local. Estos antecedentes resultaron relevantes para desarrollar el estudio, porque brindaron orientaciones teóricas y metodológicas para su planteamiento, implementación y análisis.

Dentro de la dinámica de los residuos y desechos sólidos, se han elaborado estudios que analizan su gestión, entre ellos, el realizado por (Chay, 2010) en la tesis **Evaluación y propuesta de mejora de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Palencia, departamento de Guatemala**, indica que el inadecuado manejo de los desechos se da principalmente por la mala administración de recursos, tanto humanos como financieros, que se asignan al mejoramiento del ornato. Por lo que, el sistema de recolección, al no cubrir la demanda total de la población, pierde registros importantes acerca de las cantidades de desechos que genera el municipio.

En el departamento de Retalhuleu, se han generado investigaciones vinculadas a la gestión de los residuos y desechos sólidos, tal es el caso de (Hernández, 2010) en su tesis titulada **Propuesta de un programa para el manejo de los desechos sólidos, generados en el área urbana del municipio de Retalhuleu, departamento de Retalhuleu**, en la cual establece que uno de los problemas más grandes que enfrenta el municipio, no es la generación de desechos como tal, sino la forma como se eliminan, lo cual contribuye a la contaminación del medio ambiente. Además, el sistema de recolección y disposición final de desechos sólidos con el que trabaja la municipalidad no es capaz de disminuir los altos índices de contaminación, provocando la aparición constante de botaderos de basura clandestinos en terrenos baldíos y puentes, lo que resulta perjudicial para la salud de los habitantes y el ornato de la ciudad.

A nivel internacional, en la investigación titulada **El manejo de los desechos sólidos en el municipio de Quezaltepeque, departamento de La Libertad**, realizada por (Guevara Avelar, Maldonado Flores, & Vásquez Chávez, 2013), indican que la problemática del manejo de residuos sólidos en el país tiene diferentes orígenes, en las que destacan; la poca conciencia ambiental de la población, la baja capacidad de inversión del país en general

para el manejo de la basura, el crecimiento de una cultura orientada al consumo, una falta de educación formal sobre el tema y un marco normativo ineficiente y desactualizado.

(Rodas, 2015) En su tesis de posgrado titulada **Gestión de residuos sólidos domiciliarios en San Andrés Itzapa municipio de Chimaltenango**, indica que el inadecuado manejo, almacenaje, transporte y disposición final de los residuos sólidos domiciliarios, ponen en riesgo la salud de los habitantes, debido a que se produce contaminación del aire, del agua, del medio ambiente y que es fuente de crecimiento y propagación de diferentes vectores. Se identificó que la población y las autoridades son conscientes de la problemática del manejo inadecuado de los residuos y sobre los riesgos a los que están expuestos, sin embargo no se actúa, debido principalmente a la inexistencia de un plan municipal para la gestión de los residuos.

Otra investigación asociada a la gestión de los residuos y desechos sólidos es la realizada por (Rivera F. J., 2015) en la tesis de la carrera de ingeniería en gestión ambiental local: **Análisis del manejo de residuos sólidos en el metamercado municipal de Coatepeque, Quetzaltenango y propuesta para su manejo integral**, la cual establece que el sistema de manejo de los residuos sólidos es ineficiente o prácticamente nulo, correspondiente a un servicio no integral de recolección y transporte, lo cual provoca un vertido incontrolado de los residuos, generando contaminación al medio ambiente.

(Quich, 2017) en la tesis titulada **Sistematización de manejo de los desechos y residuos sólidos, en la planta tratamiento de desechos sólidos, en el instituto recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala, IRTRA, en el municipio de San Martín Zapotitlán, del departamento de Retalhuleu, Guatemala, C.A.**, indica que el crecimiento poblacional y los patrones de consumo desmedidos, provocan el aumento en la generación de los residuos y desechos sólidos, y que es evidente la falta de interés de las autoridades municipales, el gobierno, iniciativa privada, sociedad civil, Organizaciones no gubernamentales para resolver la problemática. Por lo que, modelos de gestión de los residuos sólidos tales como los realizados en la planta de tratamiento de residuos sólidos del Instituto de Recreación de los trabajadores –IRTRA-, son modelos replicables para el manejo y disposición de los residuos sólidos municipales.

(Córdova, 2017) en su tesis titulada **Modelo de gestión integral del manejo de los desechos y residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Andrés Semetabaj, Sololá**, indica que cuando la cobertura del servicio de recolección de desechos sólidos del área urbana municipal es ineficiente, el problema corresponde a cuestiones socioculturales en el pago por servicios de limpieza y poco interés de las personas por dar un manejo adecuado a sus desechos, por lo que se debe incentivar a los grupos sociales organizados del municipio para el manejo adecuado de los desechos sólidos y el pago de un servicio de tren de aseo.

(Olguín, 2017) en su tesis doctoral titulado **Gestión integral de residuos sólidos urbanos en los municipios de Actopan, San Salvador y El Arenal del Estado de Hidalgo, México**, establece que la zona de estudio muestra una gestión tradicional en el manejo de los residuos sólidos, es decir, la disposición de los residuos sólidos se realiza en basureros a cielo abierto, la recuperación de materiales aprovechables se hace por parte de personas de bajos recursos económicos en condiciones antihigiénicas, además es común la práctica de incineración de los residuos a falta del servicio de recolección. La autora indica que tal situación es un punto de partida para la planificación de la gestión de los residuos sólidos urbanos.

De acuerdo a la estudiante de la carrera de ingeniería en gestión ambiental local (Sosa, 2019) en la tesis **Evaluación del sistema de manejo de residuos sólidos en la aldea Tzununá, Santa Cruz la laguna, Sololá y propuesta de participación social en los procesos de manejo de residuos sólidos**, el manejo de los residuos sólidos presenta un débil funcionamiento cuando en la etapa de recolección no cubre al mayor número de familias involucradas al sistema, por lo que resalta la importancia de la participación social.

Estas investigaciones están relacionadas al tema de los residuos y desechos sólidos, sin embargo, el punto central de dichas investigaciones se enfoca en el manejo que le dan las autoridades municipales, evidenciando que pocos estudios brindan información cuantitativa. Por lo tanto, en este estudio se planteó el análisis tanto del modelo de gestión actual como el de la generación de residuos y desechos sólidos desde la fuente, delimitando el área de estudio al área urbana del municipio y considerando específicamente los residuos y desechos sólidos de origen domiciliar.

1.2. Planteamiento del problema

En Guatemala, la generación de residuos y desechos sólidos, la carencia de tratamiento y disposición adecuada, constituyen uno de los grandes factores que originan una problemática ambiental de grandes dimensiones derivado de la contaminación que estos provocan al recurso hídrico, el suelo, y la atmósfera, y por el momento, las previsiones a futuro no son buenas respecto a la mejora de esta situación, pues se carece de información que refleje la realidad, así como de capacidad técnica para el manejo, voluntad por parte de las autoridades y la población, recursos económicos asignados a la resolución de la problemática y de planes y políticas realistas para abordar el problema a nivel nacional.

Es importante resaltar que municipios como San Sebastián, Retalhuleu, afrontan retos especiales para la gestión de los residuos y desechos sólidos, ya que estos no han sido dimensionados apropiadamente, por lo que, para comprender la problemática, es imprescindible analizar el modelo de gestión actual. En seguimiento a lo anterior, se evidenció a través de consultas preliminares, previo al presente estudio, la ausencia de documentos que contengan información sobre el manejo, generación y composición de los residuos y desechos sólidos municipales. De acuerdo a la Oficina de Gestión Ambiental del municipio, se estima únicamente (proposición sin confirmar a través de procedimientos técnicos y científicos) que la composición de los residuos y desechos, en su gran mayoría, corresponden a los de tipo orgánico.

Por otro lado, la respuesta de la municipalidad a la problemática de los residuos y desechos no ha sido la adecuada, y esto se ve reflejado en la reducida cobertura de recolección, la ausencia de un sistema para la clasificación y tratamiento de los residuos, y la carencia de especificaciones técnicas para la disposición final, cuyo caso corresponde al botadero a cielo abierto. En ese sentido, se evidencia la necesidad de profundizar el tema.

Para llevar a cabo el estudio se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es el modelo de gestión actual de los residuos y desechos sólidos en el área urbana de San Sebastián, Retalhuleu? y ¿Cuál es la cantidad y composición física de los residuos y desechos sólidos domiciliarios que se generan en el área urbana de San Sebastián, Retalhuleu?

1.3. Justificación de la investigación

Dentro de las problemáticas ambientales prioritarias en Guatemala, se encuentran la generación de residuos y desechos sólidos y su gestión inadecuada. Las municipalidades, de conformidad con los códigos, municipal y de salud, son las encargadas de su gestión. Sin embargo, es evidente que este no responde a la realidad.

Algunos municipios no contemplan el servicio de recolección domiciliar, otros recolectan de forma parcial los residuos y desechos, mientras que la mayoría realizan la disposición final en botaderos a cielo abierto, en los que no se efectúa ningún tipo de tratamiento, provocándose contaminación del agua, el suelo y la atmósfera. Por otro lado, la mayor parte de la población urbana tiene un consumo superior de bienes y productos, respecto al ámbito rural, lo que incrementa la cantidad de residuos y desechos sólidos generados, y simultáneamente no contribuye a su manejo responsable, al realizar prácticas inapropiadas para su disposición final.

Respecto al municipio de San Sebastián, Retalhuleu, en los últimos años, el crecimiento urbano y demográfico han generado un incremento en los volúmenes de residuos y desechos sólidos, así como un cambio en la tipología de los mismos (de orgánicos a no orgánicos), propiciando una mayor demanda de manejo y tratamiento, principalmente en el área urbana. La respuesta del gobierno local ha sido históricamente débil, lo que ha provocado la proliferación de botaderos ilegales, entre los que resaltan los ubicados a lo largo de la ribera del río Samalá. Paralelamente, el manejo inadecuado que algunas familias le dan a estos residuos y desechos, ha ocasionado el incremento de la contaminación ambiental. Este escenario exige acciones estratégicas que permitan revertir los efectos negativos de los residuos y desechos sólidos en el medio ambiente y la sociedad.

Para abordar la problemática descrita, se necesita de información cualitativa y cuantitativa sobre la gestión actual de los residuos y desechos sólidos. Es por ello que este estudio se ha desarrollado con el propósito de generar la información y resultados oportunos para la toma de decisiones y la provisión de los elementos que permitan formular una propuesta técnica, económica y social para la gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos del municipio.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

Analizar la generación y manejo de los residuos y desechos sólidos domiciliarios en el área urbana del municipio de San Sebastián, departamento de Retalhuleu.

1.4.2. Específicos

- Obtener datos de composición física, peso y volumen de los residuos y desechos sólidos domiciliarios que se generan en el área urbana del municipio de San Sebastián, departamento de Retalhuleu.
- Identificar el actual modelo de gestión de los residuos y desechos sólidos domiciliarios que la población y la municipalidad realizan en el área urbana del municipio de San Sebastián, departamento de Retalhuleu.
- Generar una propuesta para la gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos domiciliarios en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis vinculadas a la generación de residuos sólidos domiciliarios:

Hi1: Más de la mitad de la composición de los residuos y desechos sólidos domiciliarios que se generan en el área urbana del municipio de San Sebastián, departamento de Retalhuleu, corresponden a los de tipo orgánico.

Hi2: La producción per cápita de residuos y desechos sólidos domiciliarios, en el área urbana del municipio de San Sebastián, departamento de Retalhuleu, es menor en comparación al promedio nacional.

1.5.2. Hipótesis vinculadas al modelo de gestión actual de los residuos sólidos domiciliarios:

Hi3: La municipalidad de San Sebastián, departamento de Retalhuleu, realiza un manejo ideal de los residuos y desechos sólidos domiciliarios, generados en el área urbana.

Hi4: Los habitantes del área urbana de San Sebastián, departamento de Retalhuleu, realizan un manejo inadecuado de los residuos y desechos sólidos domiciliarios que generan.

2. MARCO TEORICO

2.1. Residuos y Desechos sólidos (RDS)

De acuerdo a (Bustos Flores, 2008), desecho sólido es todo lo que es generado como producto de una actividad, ya sea por la acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos, que, en muchos casos, es difícil de reincorporar a los ciclos naturales. Se refiere a un desperdicio sin utilidad después de un proceso.

Residuo sólido se puede definir como cualquier objeto o material de desecho que se produce tras la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo y que se abandona después de ser utilizado. Estos residuos sólidos son susceptibles o no de aprovechamiento o transformación para darle otra utilidad o uso directo. No tienen ningún valor económico para el usuario pero si un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida de la materia (Arenales, 2013).

Es decir que, los desechos sólidos son la parte de la “basura” que no será reciclado debido a que carece de utilidad o valor, mientras que los residuos sólidos son aquellos que si bien son basura, tienen valor potencial de ser reutilizados o procesados.

2.2. Clasificación de los residuos y desechos sólidos según su origen

La cantidad y la naturaleza de estos es variante y dependiente del lugar donde se genere y cada uno poseen particularidades diferentes.

2.2.1. Residuos y desechos sólidos municipales

De acuerdo a (Córdova, 2017), los residuos sólidos municipales – RSM, son una masa heterogénea compuesta de los desechos provenientes de las viviendas, el comercio, la industria (pequeña industria y artesanía) e instituciones y los desechos resultantes del barrido de vías y áreas públicas, cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales.

2.2.2. Residuos y desechos sólidos domiciliarios

Este se refiere a la basura o desperdicio generado en viviendas, locales comerciales y de expendio de alimentos, hoteles, colegios, oficinas y cárceles, además de aquellos desechos provenientes de podas y ferias libres. Por lo tanto, los RDS totales generados tienen un

doble componente, por un lado la fracción que sigue su curso a un relleno sanitario, y otra que continúa su curso hacia el reciclaje (Córdova, 2017).

2.2.3. Residuos y desechos sólidos industriales

Los residuos industriales son desperdicios orgánicos e inorgánicos descargados por empresas industriales o comerciales. Los desperdicios orgánicos en gran escala tienen su origen en las industrias de alimentos, lecherías, empacadoras de pescado, fábricas de papel, procesos petroquímicos, fábricas textiles y lavanderías. Los desechos inorgánicos incluyen ácidos, álcalis, cianuros, sulfuros y sales de arsénico, plomo, cobre, cromo y zinc (Gordon, 2018).

2.2.4. Residuos y desechos sólidos hospitalarios

El Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, Acuerdo Gubernativo 509-2001, define estos desechos como aquellos “producidos durante el desarrollo de las actividades por los entes generadores, tales como hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, casas de salud, clínicas odontológicas, centros de maternidad y en general cualquier establecimiento donde se practiquen los niveles de atención humana o veterinaria con fines de prevención, diagnóstico, recuperación, tratamiento o investigación”.

2.3. Clasificación de los residuos y desechos sólidos según su composición

Los criterios para la clasificación deben considerar primordialmente los resultados obtenidos del estudio de composición y caracterización de residuos y desechos sólidos del área a intervenir, de los recursos disponibles y tipos de residuos valorizables del área; por ejemplo, en el estudio realizado, alguno de los residuos puede no ser valorizable debido a que no existe mercado en el área o su generación es mínima (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018). Los residuos y desechos más comunes se clasifican en los siguientes:

2.3.1. Residuos y desechos orgánicos

Los residuos orgánicos son el conjunto de residuos provenientes de vegetales o animales o sus subproductos. Forman parte de más de la mitad de nuestros desperdicios y tienen la

particularidad de poder desintegrarse o descomponerse, son biodegradables (Rivera F. J., 2015).

2.3.2. Residuos y desechos inorgánicos

Es todo desecho de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, etc. (Chay, 2010) .

2.3.3. Residuos y desechos especiales

Los residuos y desechos especiales son aquellos que sin ser peligrosos, por su naturaleza, pueden impactar el ambiente o la salud, debido al volumen de generación o la difícil degradación, lo que requiere implementar un sistema de recuperación con el fin de reducir la cantidad de desechos generados, evitando una inadecuada disposición y, en algunos casos, la reducción del tiempo de vida de los rellenos sanitarios. Entre los ejemplos, a nivel común, se puede mencionar el ripio (escombros), colchones, muebles y llantas, los cuales en su mayoría pueden ser sometidos a un proceso de reciclaje al ser adecuadamente dispuestos (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

2.3.4. Residuos y desechos peligrosos

Los residuos y desechos peligrosos son productos generados por las actividades humanas que ponen sustancial o potencialmente en peligro la salud humana o el medio ambiente cuando son manejados inadecuadamente. Se puede ejemplificar las pilas, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos, acumuladores, productos químicos, medicamentos, cadáveres, jeringas, pañales, toallas sanitarias, entre otros (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018).

De acuerdo a la “Guía para la Identificación Gráfica de los Residuos Sólidos Comunes” elaborado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, dentro de los residuos y desechos comunes no se consideran los residuos y desechos peligrosos y especiales, sin embargo, se hace referencia de estos para su reparo y oportuna atención en caso existiera presencia de los mismos. Su regulación dependerá según el marco legal o normativo al que corresponda.

2.4. Impactos de los residuos y desechos sólidos en el medio ambiente

El crecimiento poblacional que experimentan las zonas urbanas; ha traído consigo un aumento en la generación de residuos y desechos sólidos, dificultando de esta forma su adecuada disposición y provocando una serie de impactos negativos en el medio ambiente. Al ser inadecuadamente tratados pueden generar malos olores, proliferación de fauna nociva (roedores, insectos y otros) y generación de gas metano, considerado uno de los principales gases causantes de la alteración del efecto invernadero, precursor del cambio climático.

2.4.1. Contaminación al bien hídrico

El inadecuado manejo y disposición final de los residuos y desechos sólidos contamina el recurso hídrico superficial y subterráneo, dificultando su empleo para el consumo humano, el riego de cosechas o cualquier otra actividad que necesite el empleo de este recurso (Osorto, 2012).

La presencia de basuras, bolsas, colchones, escombros y en general cualquier elemento que pueda represar el cauce normal de un río o una quebrada, puede afectar el flujo normal del agua. El inadecuado manejo de los lixiviados provenientes de vertederos a cielo abierto, permite que estos se infiltren en el suelo, contaminando los acuíferos con sustancias tóxicas que incrementan los costos de tratamiento de estas fuentes.

2.4.2. Contaminación del suelo

Este es el recurso que más directamente se ve afectado por el inadecuado manejo de los residuos y desechos sólidos, ya que el ser humanos los ha depositado en este, a través de los años. Su contaminación ocurre a través de diferentes elementos como son los lixiviados, que se filtran a través del suelo, afectando la productividad del mismo y acabando con la microfauna que habita en él (lombrices, bacterias, hongos, musgos, entre otros.), lo cual lleva a la pérdida de productividad del suelo, aportando así a incrementar el proceso de desertificación del suelo. La presencia constante de basuras en el suelo evita la recuperación de la flora de la zona afectada e incrementa la presencia de plagas y animales que causan enfermedades como las ratas, cucarachas, moscas y zancudos (Osorto, 2012).

2.4.3. Contaminación atmosférica

Los residuos y desechos sólidos en su proceso de descomposición generan malos olores y gases como metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). Estos gases ayudan a incrementar el efecto invernadero en el planeta, aumentando la temperatura y generando el deshielo en los polos. Este proceso de descomposición se puede controlar con una correcta disposición de los residuos y desechos sólidos a través de su incineración tecnificada, de la ubicación de los residuos y desechos en rellenos sanitarios y/o botaderos especializados. También los residuos y desechos sólidos pueden afectar el aire, cuando estos son quemados de manera descontrolada, generando humo y material en pequeñas partículas, los cuales afectan el sistema respiratorio de los seres humanos (Osorto, 2012).

2.4.4. Contaminación visual

Aunque no es uno de los recursos más renombrados, es uno de los más afectados por la incorrecta disposición de los residuos y desechos sólidos, ya que la constante presencia de basura en lugares expuestos; causa un deterioro al paisaje, afectando la salud humana ya que genera: estrés, dolor de cabeza, problemas psicológicos, trastornos de atención, disminución de la eficiencia laboral, mal humor (Osorto, 2012)

El creciente desarrollo urbano y por ende la gran concentración poblacional del país ha generado un deterioro del paisaje y de la calidad de vida, por la falta de cultura en cuanto a la gestión de los residuos y desechos sólidos.

2.5. Etapas de la gestión de los residuos y desechos sólidos

El sistema está comprendido por todas las actividades funcionales u operativas relacionadas con la manipulación de los residuos y desechos sólidos desde el lugar donde son generados hasta la disposición final de los mismos (Sáez & Urdaneta G., 2019).

Se describe a continuación la situación actual de las etapas comunes que conforman este sistema para algunos países de América Latina y el Caribe.

2.5.1. Generación

La generación constituye la primera etapa del sistema de gestión de residuos y desechos sólidos y está directamente relacionada con las actividades que realiza el ser humano, el crecimiento poblacional, los cambios en los patrones de consumo, el incremento de la actividad industrial y comercial y las condiciones climáticas, entre otros factores (Ojeda, Lozano, & Quintero, 2018).

La generación de residuos y desechos sólidos es el indicador más importante para dimensionar la escala que deberán tener los distintos servicios para la gestión de estos y prever las dificultades que se encontraran en los procesos. Especialmente es un parámetro muy importante para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de recolección y disposición final.

Su cuantía varía entre las distintas localidades de acuerdo con una serie de factores que influyen en su determinación, tales como desarrollo económico, nivel de ingreso, sectores de actividad predominantes, patrones de consumo, cantidad de población de la localidad, grado de urbanización y densidad poblacional, entre otros.

2.5.2. Almacenamiento

Durante esta etapa, los residuos y desechos sólidos son retenidos en un lugar seguro, en el cual no causen contaminación al medio ambiente, desarrollo de fauna nociva o mal aspecto; hasta que sean entregados al servicio de recolección (Osorto, 2012).

2.5.3. Recolección y transporte

Las actividades de recolección y transporte tienen por objeto la evacuación de los residuos y desechos sólidos de la fuente de generación, a fin de que estos sean dispuestos en una instalación de procesamiento de materiales, un centro de transferencia, reciclaje o disposición final (Osorto, 2012).

La recolección de desechos es un proceso que se efectúa de diferentes formas, en Guatemala, existe la recolección puerta a puerta, donde una empresa privada o recolectores individuales pasan de puerta en puerta de las viviendas para recolectar sus desechos, ya sea con camión recolector o una carretilla, a un costo relativamente bajo, en algunos casos los

días de recolección están establecidos; pero este sistema cubre un mínimo porcentaje de la población, ya que en su mayoría los pobladores se encargan de la recolección y disposición de sus propios desechos.

El servicio de recolección y transporte de residuos y desechos ha sido históricamente priorizado por los municipios sobre el resto de los servicios de gestión de residuos y desechos sólidos. La visibilidad social del accionar municipal, el rechazo popular a la acumulación de los residuos y desechos en la puerta de las casas y los peligrosos efectos sobre la salud de la población son aspectos que influyen en gran medida para que así sea.

La recolección de desechos sólidos implica su transporte al lugar donde deberán ser descargados. Este puede ser una instalación de procesamiento, tratamiento o transferencia de materiales o bien un relleno sanitario. La recolección y transporte es la actividad más costosa del servicio de aseo urbano; en la mayoría de los casos representa entre 80 y 90% del costo total (Arenales, 2013).

2.5.4. Tratamiento

El tratamiento es la penúltima etapa en el ciclo del sistema de gestión de los residuos y desechos sólidos, tiene por objetivo principal disminuir el riesgo de producir contaminación y proteger la salud. Algunos métodos de tratamiento de residuos y desechos sólidos son:

2.5.4.1. Incineración

La incineración es un proceso de tratamiento en el cual los desechos sólidos son sometidos a un proceso de combustión completa a altas temperaturas, durante un tiempo de retención adecuado, obteniendo de esta forma un material inerte con un volumen relativamente inferior al del producto inicial. Facilita el tratamiento de los residuos y desechos sólidos en núcleos urbanos, en los cuales la disponibilidad de terrenos para la construcción de rellenos sanitarios es limitada, sin embargo los costos asociados a este proceso son relativamente elevados (Osorto, 2012).

2.5.4.2. Compostaje

El compostaje o estabilización biológica de residuos, es un proceso controlado por el cual los residuos orgánicos son tratados y se descomponen dando como resultado un abono con

características de un suelo vegetal que se puede utilizar en tierras agrícolas, bosques y jardines (Osorto, 2012).

2.5.4.3. Reciclaje

El reciclaje constituye una de las actividades fundamentales en la gestión adecuada de residuos sólidos, implica el desarrollo de ciertas actividades:

- Separación y recogida de materiales residuales
- Preparación de materiales para su posterior procesamiento o reutilización
- Reutilización, reprocesamiento y nueva fabricación de productos.

En el área centroamericana el reciclaje es una actividad relativamente reciente, se desarrolla básicamente en el mercado informal donde se encuentra integrado por pequeños recolectores ambulantes y segregadores que obtienen los residuos y los proporcionan a una serie de intermediarios para su reaprovechamiento. Los principales componentes que se reciclan en el área son los productos de papel, cartón, vidrio, aluminio y plástico. En las áreas rurales el reciclaje de materia orgánica constituida por restos de comida o maleza puede ser útil para la elaboración de compost utilizado en la agricultura (Osorto, 2012).

2.5.4.4. Transformación de residuos y desechos sólidos

La transformación de los residuos y desechos sólidos implica la alteración física, química o biológica de estos con el fin de:

- Mejorar la eficacia de las operaciones de sistemas de gestión de residuos
- Recuperación de materiales reutilizables y reciclables
- Recuperación de productos de conversión, energía en forma de calor y biogás combustible

La transformación de los residuos y desechos sólidos se constituye como una alternativa viable para el correcto reaprovechamiento de los recursos disponibles, disminuyendo a su vez los impactos negativos generados por el alto consumismo y requerimiento de materias primas cada vez más escasas (Osorto, 2012).

2.5.5. Disposición final

La disposición final de los desechos recolectados es el eslabón final de la cadena de la gestión de residuos y desechos sólidos como parte del saneamiento ambiental. Es la acción de depositar o confinar permanentemente residuos y desechos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos. Puede incluir varias técnicas como los son:

- Rellenos Sanitarios
- Plantas de Incineración
- Centros de Valorización y Recuperación incluyendo el Compostaje, Coprocesamiento y otras.

La basura no recolectada se constituye en uno de los grandes factores que ejercen presión al ambiente. La misma suele alimentar los basureros clandestinos tanto del área rural como urbana, aunque una buena proporción de los hogares posee el hábito de quemarla o enterrarla. Estos dos últimos fenómenos suceden con mayor frecuencia en el ámbito rural, en donde mayores extensiones de superficie y la dispersión de las viviendas son propiciadoras de estas prácticas (Arenales, 2013)

2.6. Los RDS y su relación con la salud y el ambiente

La gestión inadecuada de los residuos y desechos sólidos (RDS) tiene un impacto negativo en la salud de la población, en los ecosistemas y en la calidad de vida. Los impactos directos sobre la salud afectan principalmente a los recolectores y formales e informales. Estos impactos se agravan cuando los desechos peligrosos no se separan en el punto de origen y se mezclan con los desechos municipales. Algunos impactos indirectos se deben a que los residuos y desechos en sí y los estancamientos que causan cuando se acumulan en zanjas y en drenes, se transforman en reservorios de insectos y roedores. Además, la quema de basura a cielo abierto, en el campo y en los botaderos aumenta los factores de riesgo de las enfermedades relacionadas con las vías respiratorias, incluido el cáncer (Umaña , Laroj , Salazar Ortiz, Cáceres , & Bessalel , 2003).

Los impactos al ambiente son la contaminación de los recursos hídricos, del aire, del suelo, de los ecosistemas tropicales diversos de Centroamérica y el deterioro del paisaje. La acumulación de residuos y desechos sólidos puede formar una barrera de contención del flujo del agua, lo que causaría inundaciones locales y, como consecuencia, la erosión y la pérdida de suelos fértiles (Umaña , Laroj , Salazar Ortiz, Cáceres , & Bessalel , 2003).

Las formas tradicionales de manejo y disposición de los residuos y desechos, revuelven indiscriminadamente los tipos de materiales descartados que ya salen mezclados de la mayoría de fuentes generadoras. Al mezclarse los diferentes materiales desechados hace que su aprovechamiento post uso o tratamientos sean más difíciles de aplicar. Así mismo la acumulación de materiales descartados constituyen en su mayoría, criaderos de vectores (moscas, zancudos, ratas, cucarachas), portadores de enfermedades epidémicas (tifoidea, cólera, paludismo, dengue, entre otras) (Aguirre, L. V. , (2000)

2.7. Modelo de gestión ideal para el manejo de los residuos y desechos sólidos RDS

La gestión de los residuos y desechos sólidos se define como la disciplina asociada al control del manejo adecuado de los RDS (reducción en la fuente, reúso, reciclaje, barrido, almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento y disposición final) para un mejoramiento en la sostenibilidad de la localidad pública; llevándola a cabo se requiere de un proceso continuo de planeación, operación, monitoreo y adaptación de la planeación. (Instituto Nacional de Ecología, 2001)

Se debe identificar cada etapa del sistema según su ámbito funcional:

- **Manejo y planteamiento:**
 1. Planeación estratégica.
 2. Estructura legal/regulatoria.
 3. Participación de la población.
 4. Reforzamiento institucional.
 5. Lugares de disposición.

- **Generación:**

1. Reducción de RDS.
2. Caracterización de RDS.

- **Manipulación:**

1. Recolección y transferencia.
2. Reciclaje y tratamiento.

- **Disposición final:**

1. Evaluación de la disposición de RDS actual.
2. Tecnologías y técnicas disponibles en el municipio.
3. Evaluación de los principales problemas (jerarquización).
4. Obtención de recursos.
5. Levantamiento de datos generales del área o localidad.
6. Toma de decisiones sobre la disposición final de los RDS (Diagramas).
7. Tratamientos aplicables para la disminución de impactos.
8. Remediación y acciones mitigadoras.

2.7.1. Beneficios que se obtienen de una gestión adecuada

Entre los principales beneficios, se encuentran los siguientes:

- Reducción de costos.
- Disminución del volumen de RDS que llegan al relleno sanitario.
- Organización de la estructura de cada uno de los componentes del servicio de recolección y limpieza.
- Minimización del impacto sobre el ambiente.
- Optimización del aprovechamiento de los recursos.

2.7.2. Propuesta de un modelo de Gestión de residuos y desechos sólidos municipal

Como indica (Chay, 2010), el funcionamiento de un modelo para la gestión de los residuos y desechos sólidos es responsabilidad de la municipalidad, y no deben considerar

únicamente los aspectos de sostenibilidad técnica o financiero-económica, como se hace tradicionalmente, sino que también debe incluir los aspectos socio-culturales, ambientales, institucionales y políticos que influyen en la sostenibilidad total para la gestión de los residuos y desechos sólidos.

De acuerdo a (Umaña , Laroj , Salazar Ortiz, Cáceres , & Bessalel , 2003) este modelo debe optimizar, en lo posible, los siguientes aspectos:

- Aspectos técnicos: La tecnología debe ser de fácil implementación, operación y mantenimiento; debe usar recursos humanos y materiales de la zona y comprender todas las fases, desde la generación hasta la disposición final.
- Aspectos sociales: Se debe fomentar hábitos positivos en la población y desalentar los negativos; se promoverá la participación y la organización de la comunidad.
- Aspectos económicos: El costo de implementación, operación, mantenimiento y administración debe ser eficiente, al alcance de los recursos de la población y económicamente sostenible, con ingresos que cubran el costo del servicio.
- Aspectos organizativos: La administración y gestión del servicio debe ser simple y dinámico.
- Aspectos de salud: Deber fomentar un programa de salud dirigido a la población basado en la prevención de enfermedades infecto-contagiosas, causadas por el mal manejo de los residuos y desechos sólidos.
- Aspectos ambientales: Debe evitar impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire.

2.7.3. Marco legal de los residuos y desechos sólidos

En la Cumbre de la Tierra realizada en 1992 por la ONU en Río de Janeiro, se formularon cuatro áreas de programas relacionadas con los residuos y desechos: (a) reducción al mínimo de los desechos, (b) aumento al máximo de la reutilización y reciclado ecológico de los residuos, (c) promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racional de los desechos y (d) ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los residuos y desechos; con la finalidad de promover el desarrollo sostenible y ecológicamente racional para el siglo XXI en todos los países (Organización de Naciones Unidas, 1992).

De acuerdo a (Sáez & Urdaneta G., 2019), muchos países latinoamericanos con miras a cumplir con las metas propuestas en la Cumbre de la Tierra, modificaron la legislación ambiental para seguidamente diseñar planes de gestión de residuos y desechos sólidos, tanto a nivel nacional como municipal, adaptados a las necesidades de cada región o zona.

Constitución Política de la República de Guatemala, Artículo 97. Medio Ambiente y Equilibrio Ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y el agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.

Acuerdo gubernativo 164-2021, Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes. Tiene como objetivo principal garantizar la salud de la población y el medio ambiente a través de una serie de compilación de normas sanitarias y ambientales que se basan en la implementación de planes municipales para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos.

Código Municipal, Artículo 68 Competencias propias del municipio, inciso a). “Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final”.

Código de Salud (Decreto 90-97), Artículo 102, Responsabilidad de las municipalidades. “Corresponde a las municipalidades la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento con las normas sanitarias aplicables. Las municipalidades podrán utilizar lugares para la disposición de los desechos sólidos o construir los respectivos rellenos sanitarios, previo dictamen del Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (hoy sustituido por MARN), el cual deberá ser...en el plazo estipulado”.

2.7.4. Marco político de los residuos y desechos sólidos en Guatemala

Política Nacional para el Manejo Integral de los residuos y desechos sólidos (Acuerdo Gubernativo No. 111-2005). Es una Política que busca la participación e involucramiento de todos los entes de la sociedad guatemalteca, haciendo conciencia del manejo integrado de los desechos y residuos sólidos urbanos definido como el conjunto de procedimientos y estrategias que conforman el sistema de separación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final y cuya meta es promover el establecimiento de una gestión integral que sea ambientalmente compatible y económicamente viable, así como la introducción de prácticas de producción más limpia incorporando la dimensión ambiental en su concepción y desarrollo. El responsable de la coordinación y el seguimiento de esta política es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN- a través de la dependencia encargada de la gestión integral de los residuos y desechos sólidos.

Política Marco de Gestión Ambiental (Acuerdo Gubernativo 791-2003). El objetivo de la política es fortalecer la gestión de la calidad ambiental, promoviendo el crecimiento económico, el bienestar social y la competitividad a escala nacional, regional y mundial, a partir de la incorporación del concepto de producción limpia en los procesos productivos, fomentando el uso de prácticas innovadoras de gestión ambiental previniendo y minimizando los impactos y riesgos a los seres humanos y al ambiente.

Política de Conservación, Protección y Mejoramiento del Ambiente y los Recursos Naturales (Acuerdo Gubernativo 63-2007). Esta política considera que la protección y conservación del ambiente y los recursos naturales debe coadyuvar al aumento de la productividad y el crecimiento económico y éste a su vez deberá ser sustentable y equitativo con la sociedad y la naturaleza para orientar el desarrollo sostenible del país.

2.8. Indicadores ambientales de los residuos y desechos sólidos

El manual de indicadores ambientales municipales es un instrumento que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN– proporciona, con la finalidad de que las autoridades ambientales municipales sean capacitadas y orientadas para poder generar indicadores ambientales que permitan sintetizar y expresar numéricamente aspectos específicos de la realidad ambiental de los municipios de Guatemala. A través de la

propuesta de indicadores simples presentada en el manual, las municipalidades podrán mantener una medición de variables suficiente y adecuada que permita reflejar de manera sintética y sistemática de desempeño ambiental la medición de variables ambientales, en torno a la gestión local de los desechos sólidos (MARN, 2015, citado por Gordon, 2018).

2.8.1. Producción per cápita (PPC) de residuos y desechos sólidos

La producción per cápita de residuos y desechos sólidos representa el promedio de la cantidad de basura que produce una persona diariamente, es expresado en kilogramos por habitante día (kg/hab/día). El propósito de este indicador es disponer de una medida unitaria de la generación de residuos y desechos para una localidad determinada que sea fácilmente comparable y a la vez, específica de una ciudad, de una región, de un barrio o de una zona urbana o de un determinado nivel de ingreso. Este indicador, por ser unitario, puede multiplicarse por la población para obtener la producción diaria, mensual o anual de residuos y desechos sólidos de esa localidad. De acuerdo al (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018), se estima que en Guatemala la generación per cápita de residuos y desechos sólidos comunes es de 0.519 kilogramos por habitante al día.

En base a la *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes* del MARN, para calcular la PPC se emplea la siguiente formula:

$$PPC = \left[\frac{\text{Peso total de las muestras (Kg).}}{\text{Número total de las personas de la muestra}} \right] * 1/7$$

2.8.2. Composición de los residuos y desechos sólidos

Según (Duarte, 2004), el conocimiento de la composición de los residuos y desechos tiene gran importancia para la toma de decisiones en la elección de los sistemas de tratamiento. Existen varios factores que influyen sobre la composición y las características de los residuos y desechos, entre ellos:

- Las características de la población; zonas rurales o urbanas, residenciales o zonas de servicios, etc.
- El clima y la estación; los residuos y desechos recogidos en época seca presentan un mayor contenido de restos de frutas y verduras mientras que las escorias y cenizas aumentan en la época lluviosa.
- El modo y el nivel de vida de la población; el consumo de productos alimenticios ya preparados hace que aumente el contenido de envases de todo tipo: vidrios, plásticos, papeles y cartones. Pero, por otra parte, se produce una disminución de restos de vegetales, carnes y grasas.

El método, aprobado y validado en campo por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN-, para el análisis de residuos y desechos sólidos, corresponde a los estudios de composición y caracterización de residuos y desechos sólidos.

2.8.3. Cobertura de recolección de residuos y desechos sólidos

Este indicador mide en forma de porcentaje la relación que existe entre la cantidad de población con alguna forma de servicio de recolección de desechos y la población urbana total. El indicador se considera relevante porque registra el grado en que una población está recolectando los desechos producidos para darle un tratamiento sanitario, considerando que otras formas de disposición de los desechos son inadecuadas (Esteban, 2018).

De acuerdo a (Chay, 2010), para mejorar la eficiencia técnica se debe tomar en cuenta la cobertura de recolección, y para ello se considera la siguiente expresión:

a) Cobertura de recolección

$$\text{Cobertura de recolección} \% = \left[\frac{\text{Población con servicio de recolección.}}{\text{Población total del área urbana}} \right] * 100$$

Rango aceptable: 60 a 100%

Rango regularmente aceptable: 30 – 59%

Rango no aceptable: < 30%

b) Eficiencia del personal de recolección

$$\text{Eficiencia del personal (Ton./día)} = \left[\frac{\text{Cantidad de residuos recolectado al mes (ton)}}{(\text{Cantidad del personal laboral al mes}) * (\text{Días laborales al mes})} \right]$$

Rango aceptable: 1.0 a 2.0 ton/personal/día

Rango regularmente aceptable: 0.5 a 0.9 ton/personal/día

Rango no aceptable: < 0.5 ton/personal/día

2.8.4. Prueba de densidad o peso volumétrico (kg/m³)

Como cita (Gordon, 2018), el volumen o densidad es el peso de los residuos y desechos generados contenido en una unidad. Este dato es útil para estimar los servicios y vehículos necesarios para la recolección de los residuos y desechos sólidos.

El procedimiento para calcular la densidad o peso volumétrico, es la siguiente (MARN, 2018):

$$\text{Densidad} = \left[\frac{\text{Peso de los RDS (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}} \right]$$

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Definición del método de investigación

Debido a la naturaleza del tema y los objetivos planteados, el diseño metodológico seleccionado corresponde a la investigación de tipo mixto (cualitativo y cuantitativo).

- **Enfoque cuantitativo:**

En este enfoque, el investigador recolecta datos sobre el fenómeno bajo estudio para probar la hipótesis planteada, a través de la medición numérica y el análisis estadístico de las variables (Sampieri, Metodología de la investigación, 2010).

El método seleccionado es el no experimental, descriptivo y transversal. Este método se utiliza cuando no hacemos variar intencionalmente las condiciones del fenómeno bajo estudio. Se basa fundamentalmente en la observación de dicho fenómeno tal y como se encuentra en su contexto natural, para después analizarlo (Sampieri, Metodología de la investigación, 2010).

- **Enfoque cualitativo:**

La investigación cualitativa se enfoca en comprender los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con su contexto (Sampieri, Metodología de la investigación, 2010).

El método principal seleccionado corresponde al estudio de caso.

- **Secuencia temporal**

La secuencia temporal fue sucesiva, ya que inicialmente se abordó la parte cualitativa y posteriormente la cuantitativa.

- **Estrategia utilizada**

La estrategia utilizada fue la complementaria, debido a que los datos del método cuantitativo se complementaron con los datos del método cualitativo, para elaborar el análisis y en base a ello, plantear la propuesta.

a. Pasos del trabajo de campo

Para llevar a cabo la investigación en la fase de campo, se realizaron los siguientes pasos:

1. Acercamiento con la municipalidad para informar sobre la realización del estudio, solicitar apoyo y ofrecer los documentos finales:

Se realizó un primer acercamiento a la municipalidad de San Sebastián con el propósito de informar sobre el estudio, solicitar información y apoyo técnico, y ofrecer los documentos finales. La estrategia utilizada fue el acercamiento con la Oficina de Gestión Ambiental, para después enlazarse con otras dependencias, empleados y funcionarios municipales que brindaron información y acompañaron las visitas de campo.

2. Primera visita a las viviendas:

Se llevó a cabo una primera visita a las viviendas de la cabecera municipal que formaron parte de la muestra representativa de la zona de estudio. Durante esa primera visita, se efectuó la encuesta (Anexo 9.6) en la que se recopiló información sobre el manejo de los residuos y desechos sólidos domiciliarios que realizan los habitantes del área urbana. De igual forma, se solicitó la autorización para recolectar muestras de residuos y desechos sólidos para la caracterización, identificando y georreferenciando la vivienda participante.

3. Segunda visita a las viviendas:

Esta visita se realizó en las viviendas seleccionadas previamente. La recolección y transporte de las muestras se realizó con un vehículo tipo pick up y se trasladaron al área del rastro municipal. Con el apoyo del personal de la municipalidad y epesistas, se realizó la caracterización de los residuos y desechos recolectados haciendo uso de boletas para registrar el peso (Anexo 9.2), composición física (Anexo 9.4) y volumen (Anexo 9.5).

4. Obtención de información municipal:

Por medio de entrevistas, consultas documentales y observación, se recolectó la información vinculada al modelo actual de gestión de los residuos y desechos sólidos a nivel institucional. Se inició con las entrevistas en la municipalidad (Anexo 9.7). La consulta documental se realizó sobre un reglamento municipal que contenía información vinculada a la gestión de los residuos y desechos sólidos del municipio. Mientras que la observación (Anexo 9.8) consistió en el acompañamiento de las personas que efectúan el manejo de residuos y desechos, así como la visita de los sitios relevantes en los que este se lleva a cabo.

3.2. Contexto espacial y temporal

El municipio de San Sebastián, departamento de Retalhuleu, se encuentra a 180 kilómetros de distancia de la ciudad capital y a 4 kilómetros de la cabecera departamental de Retalhuleu. Tiene una extensión territorial de 28 km cuadrados, una altura de 311 metros sobre el nivel del mar; con latitud 14°33'40'' y longitud 91°38'50''. El área de estudio delimitado (Anexo 9.1) corresponde a la cabecera municipal, el cual se encuentra dividido en cuatro cantones urbanos que son: Pajosóm, Parinox, Paój, Ixpatz.

El contexto temporal de la investigación contempló un periodo de inicio y finalización de 6 meses.

3.3. Dimensión cuantitativa

3.3.1. Población y muestra

Para esta investigación se consideraron dos tipos de etapa con sus respectivas muestras, las cuales se identifican a continuación:

- **Etapa A: totalidad de viviendas del área urbana de la cabecera municipal de San Sebastián, Retalhuleu:**

Muestra: De acuerdo al (INE, 2018), San Sebastián cuenta con un total de viviendas de 6,502 y una población urbana de 9,799. Es por eso que, para establecer el tamaño de la muestra, se hizo uso del teorema del límite central. En el teorema del límite central se señala que, cuando una muestra es suficientemente grande, una muestra de más de cien casos será una muestra con una distribución normal en sus características (Sampieri, Metodología de la Investigación, 2014). Por lo que el tamaño de la muestra fue de 101 unidades muestrales, es decir, 101 viviendas. La distribución de la muestra abarcó la totalidad de la zona de estudio; el área urbana del municipio. La muestra se realizó con el propósito de obtener los datos que corresponden a la variable: manejo de residuos y desechos sólidos en las viviendas del área urbana de San Sebastián. Para ello se efectuó la entrevista vinculada al tema.

- **Etapa B: totalidad de residuos y desechos sólidos generados en las viviendas del área urbana de la cabecera municipal de San Sebastián, Retalhuleu:**

Muestra: En este caso, el muestreo fue más complejo. En primer lugar, se obtuvo la autorización en las 101 viviendas entrevistadas para recolectar los residuos y desechos sólidos que generan. La recolección se realizó una vez a la semana, los días miércoles, durante un mes. Es decir, 4 veces a lo largo del estudio. A la muestra recolectada se pesó y se aplicó el método de cuarteo (Anexo 9.9) para obtener; la cantidad (kg) de residuos y desechos generados por persona, por unidad de tiempo (día, mes, año), la composición física, expresado en porcentaje, y la densidad de los residuos y desechos sólidos.

3.3.2. Variables

En la Tabla 1 se presentan las variables estudiadas, con su respectiva definición conceptual, operacional e instrumental. Para la definición operacional se incluyeron los indicadores con sus respectivos descriptores, utilizados para recopilar los datos. Mientras que para la definición instrumental, se incluyeron los instrumentos que se utilizaron para obtener los datos de los indicadores y para hacer efectivas las técnicas de recolección de datos.

La construcción de la tabla se realizó en base a los antecedentes, ya que la revisión de los estudios previos vinculados al tema brindó orientaciones para su estructuración.

3.3.3. Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos. La validez de los instrumentos de investigación

Se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos para el desarrollo del estudio:

Encuesta: Se utilizó para recopilar información de relevancia para los indicadores de la variable “manejo de residuos y desechos sólidos”, llevándose a cabo por medio de la boleta que se encuentra en los anexos del presente documento. La boleta fue validada en las 10 primeras viviendas encuestadas.

Cuarteo: A través de esta técnica, se redujeron las muestras de residuos y desechos sólidos que se utilizaron para realizar la caracterización de los mismos. En el Anexo 9.9 del presente documento se detalla su implementación y los instrumentos físicos que se utilizaron para llevarlo a cabo.

Tabla 1. Definición conceptual, operacional e instrumental de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Descriptorios del indicador	Definición instrumental
<p>Caracterización de los residuos y desechos sólidos generados en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu.</p>	<p>La caracterización de residuos y desechos es la actividad que consiste en determinar la composición de un residuo en diferentes fracciones. Mediante éstas, podremos conocer con detalle qué se está depositando en los contenedores de recogida selectiva y en función de ello, tomar las medidas correctoras (MARN, 2018).</p>	<p>Cantidad de residuos y desechos sólidos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Producción per cápita RDS generado por persona, expresado en kg/hab/día, mes, año. - Generación total RDS en el área urbana del municipio, expresada en kg y ton/día, mes, año. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se registró en una boleta (Anexo 9.2) el peso de cada bolsa en base a una identificación de código único de la vivienda. - Para el cálculo del peso se utilizó una báscula de piso con capacidad de 300 lbs, de colgar con capacidad de 110 lbs, y una báscula sensible con capacidad de 44 lbs. - Para obtener la PPC se utilizó la fórmula: $PPC = (\text{peso total de las muestras} / \text{No. total de personas de la muestra}) / \text{No. de días recolectados}.$ - Se estimó la cantidad de residuos sólidos generados en el área urbana, considerando la PPC y la población total del área urbana.
		<p>Tipo de residuos y desechos sólidos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Composición física de los RDS. - Porcentaje de residuos y desechos generados por tipo y subtipo, según su aporte al peso total de la muestra. 	<ul style="list-style-type: none"> - La técnica empleada para reducir la muestra y establecer la composición física de los RDS corresponde al método de cuarteo (Anexo 9.9). - La separación se realizó utilizando equipo de protección (guantes, mascarilla), palas y escobas. - Para el cálculo porcentual de cada tipo de residuos se utilizó la fórmula: $\% = (\text{Peso del residuo clasificado} / \text{Peso inicial}) * 100$

		Densidad de los residuos y desechos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> - Volumen del recipiente utilizado. - Densidad total de los residuos y desechos sólidos, expresada en kg/metro cúbico de residuo sólido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Al momento de realizar el primer cuarteo se aprovechó para realizar el cálculo del peso volumétrico. - Se determinó el volumen de la caja utilizada como recipiente, aplicando la fórmula: $V = \text{alto} \times \text{largo} \times \text{ancho}$ - Se llenó el recipiente hasta que alcanzó la capacidad, sin hacer presión dentro del mismo. - Se registró el peso de los RDS (sin considerar el peso de la caja). - Se determinó la densidad aplicando la fórmula: $D = (\text{Peso de RDS Kg} / \text{Volumen del recipiente m}^3)$
El manejo de residuos y desechos sólidos en las viviendas del área urbana de la cabecera municipal de San Sebastián, Retalhuleu.	El manejo de residuos y desechos sólidos está comprendido por todas las actividades funcionales u operativas relacionadas con la manipulación de los residuos y desechos sólidos desde el lugar donde son generados hasta la disposición final de los mismos	Servicios de recolección	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de viviendas en las que se utiliza el servicio de recolección. - Disposición vecinal a pagar por el servicio. - Identificación de los prestadores de servicios de recolección. - Frecuencia de utilización del servicio. - Costo y periodicidad de pago del servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se estructuró una boleta (Anexo 9.6) para la entrevista dirigida a la muestra de 101 viviendas. - Cada vivienda encuestada, se identificó con un código único, colocando un sticker en la puerta principal para facilitar la posterior recolección de los RDS a caracterizar. - Los datos obtenidos a través de las boletas de encuesta, se tabularon para obtener los porcentajes y elaborar los gráficos.

	(Sáez & Urdaneta G., 2019).		<ul style="list-style-type: none"> - Calidad del servicio desde la perspectiva de los pobladores del área urbana. - Tipo y número de recipientes utilizados para el almacenamiento de RDS. 	
		Clasificación y separación de RDS desde la fuente generadora	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de viviendas en las que se realiza alguna acción de separación de RDS. - Categorías en las que se separan los RDS en las viviendas que realizan separación. 	
		Reciclaje y reutilización de residuos y desechos sólidos en las viviendas	<ul style="list-style-type: none"> - Porcentaje de viviendas en las que realiza reciclaje y reutilización de RDS. - Tipos de residuos que se reciclan y se reutilizan. - Motivos por los que realizan reciclaje y reutilización. 	
		Disposición final de residuos y desechos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> - Formas de eliminación de los RDS. - Forma y lugar de disposición final de los residuos y desechos sólidos cuando el propio particular se encarga. 	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Geoposicionamiento de viviendas: Se capturaron las coordenadas de las viviendas encuestadas, con el propósito de representar las zonas de muestreo y los resultados a través de mapas temáticos. Para ello, se utilizó GPS móvil, ortofotos y el software Arcgis.

Revisión documental: Se realizó la revisión documental de archivos en formato físico y electrónico, que estaban vinculados a la generación y gestión de residuos y desechos sólidos del municipio

3.3.4. Fuentes de información

Los informantes para desarrollar la investigación, incluyeron a todos aquellos actores que intervienen en el sistema, desde la generación y el manejo de los residuos y desechos sólidos a nivel domiciliar. También se realizaron revisiones documentales, por lo tanto, las fuentes de información se dividieron en:

- **Primarias:** Se consultó por medio de entrevistas a los actores que intervienen en el proceso de la variable, es decir, a los entes generadores de residuos y desechos. Entre ellos, se consideró principalmente a la población del área urbana y otros que, durante el proceso, se consideraron relevantes.
- **Secundarias:** Se realizó una revisión documental, considerando para ello el Reglamento para la administración y funcionamiento del servicio de tren de aseo domiciliar y calles del municipio de San Sebastián, Retalhuleu. Además de la consulta de la página web de la Municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu.

3.3.5. Técnicas para el análisis de datos

Para analizar los datos que se recopilaron en el trabajo de campo, se utilizaron las siguientes técnicas:

- **Encuesta: Determinación de porcentajes, elaboración de gráficas e interpretación:** Los datos que se obtuvieron a través de las encuestas, se analizaron a través de la determinación de porcentajes, según las diferentes respuestas que se obtuvieron para una misma pregunta. Estos porcentajes se interpretaron a través de un proceso deductivo, utilizando de referencia, el marco teórico como parámetro para generar tipologías, explicaciones y conceptos.

- **Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos: Operaciones aritméticas, determinación de porcentajes, elaboración de tablas, gráficos e interpretación:** A través de operaciones aritméticas, se determinaron los porcentajes de residuos y desechos sólidos, según su tipología. El volumen y la cantidad de residuos y desechos generados por persona y total por área estudiada. Con esos datos, se elaboraron tablas y gráficos para presentar la información, realizando un análisis deductivo de las mismas, en base a los antecedentes y marco teórico.
- **Elaboración de mapas temáticos y análisis geoespacial:** Con las coordenadas obtenidas, se elaboraron los mapas temáticos sobre las zonas de muestreo, con el propósito de representar la información.

3.4. Dimensión cualitativa

3.4.1. Categoría de análisis

La categoría de análisis en esta investigación corresponde al “Sistema municipal de gestión de residuos y desechos sólidos implementado en el área urbana de la cabecera municipal de San Sebastián, Retalhuleu”.

3.4.1.1. Definición conceptual

El buen manejo de los residuos y desechos sólidos es responsabilidad de todos. Sin embargo, el Código municipal y Código de salud, establecen que una vez que los residuos y desechos sólidos son descartados por el generador, pasan a ser responsabilidad de la municipalidad. La responsabilidad principal de la municipalidad es organizar y manejar el sistema de aseo público, incluida la provisión de infraestructura para el servicio de recolección y disposición final de los residuos y desechos sólidos (Umaña , Laroj , Salazar Ortiz, Cáceres , & Bessalel , 2003).

Derivado de ello, se formula la siguiente definición conceptual de “sistema de gestión de residuos y desechos sólidos”, siendo: el conjunto de componentes coordinados por la municipalidad, para el manejo de residuos y desechos sólidos del municipio, entre los que destacan como elementos básicos: la recolección, transporte, separación, reciclaje, conversión en abono orgánico y disposición final, contemplando todos estos o algunos de ellos como parte del sistema, así como otros componentes que contribuyen al manejo.

3.4.1.2. Sub categorías

El procedimiento para operacionalizar las subcategorías, y que de acuerdo a (Umaña , Laroj , Salazar Ortiz, Cáceres , & Bessalel , 2003), son los elementos imprescindibles, es decir, aquellos que no pueden faltar en la gestión de los residuos y desechos sólidos, se describen en la Tabla 2.

3.4.1.3. Fuentes de información

Las fuentes de las que se obtuvo la información, se dividen en primarias y secundarias.

- **Fuentes primarias:** Se consideró como informantes clave a empleados y funcionarios municipales que estaban vinculados en alguna de las fases o procesos del sistema de gestión de residuos y desechos sólidos municipal. La información se obtuvo a través de entrevistas en la Oficina de Gestión Municipal y Tren de Aseo. Por otro lado, también se obtuvo información mediante observación estructurada, es decir, se utilizó una guía de observación en la que se plasmó lo percibido a través del acompañamiento a los empleados del servicio de recolección, los recorridos y las visitas de campo al vertedero municipal.
- **Fuentes secundarias:** Las fuentes secundarias fueron consultas documentales, consistente en la revisión del “Reglamento para la administración y funcionamiento del servicio de tren de aseo domiciliar y calles del municipio de San Sebastián, Retalhuleu”. Además de la consulta de la página web de la Municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu, mismos que se consultaron de manera electrónica y física, conforme su disponibilidad y autorización de la entidad encargada de brindar la información.

3.4.1.4. Técnicas e instrumentos para la recopilación de datos. Validez de los instrumentos de la investigación

- **Entrevistas:** Estos fueron de tipo semiestructuradas, y se efectuaron al personal que labora realizando actividades vinculadas al manejo de los residuos y desechos sólidos. En la boleta (Anexo 9.7) para la entrevista se expone una serie de preguntas que se realizaron a las personas que correspondían según sus funciones.

Tabla 2. Operacionalización de las subcategorías de análisis

Subcategorías	Aspectos estudiados	Procedimiento e instrumentos utilizados
Organización de la entidad y aspectos administrativos	Tipo de entidad (municipal o privada), organigrama de la entidad que realiza la gestión de los residuos y desechos sólidos en el área urbana de la cabecera municipal; cobro por el servicio y rentabilidad, cantidad, puestos y funciones de las personas que intervienen en el sistema, fecha de inicio de operaciones, sedes e infraestructura, políticas, planes, programas y proyectos, reglamentos.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrevista a funcionarios y recopilación de datos, en base a la boleta de entrevista (Anexo 9.7). - Consulta en la oficina de Información Pública y de la página web de la municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu.
Recolección y transporte	Equipo que se utiliza, cantidad y características de los vehículos, rutas, días y horarios de recolección, descripción del procedimiento, área geográfica que cubre, cantidad de viviendas que abarca, número y tipo de recipientes utilizados para la recolección, recursos humanos que intervienen.	<ul style="list-style-type: none"> - La recolección de datos se logró a través de entrevistas, acompañamiento al personal de recolección y observaciones de campo en base a la guía de observación (Anexo 9.8). - Se trazaron las rutas de recolección con la aplicación móvil Wikiloc. - Los puntos de ubicación geográfica de los sitios de interés se realizaron con aplicación GPS móvil.
Separación	Infraestructura, equipo, maquinaria, lugar, procedimiento; recurso humano, materiales.	
Reciclaje	Materiales que se reciclan, lugares en los que se realiza el reciclaje, cantidades que se venden para reciclar, precios de venta, procedimientos.	
Compostaje	Cantidades de compost generadas, procedimientos realizados, lugares en los que se realiza el compostaje, usos del compost, precios de venta, recurso humano que participa en el compostaje, materiales, equipo, maquinaria e infraestructura que se utilizan.	
Disposición final	Sitio y métodos de disposición final, maquinaria, equipo, infraestructura, recursos humanos, procedimientos.	<ul style="list-style-type: none"> - La descripción se logró a través de entrevistas y observaciones de campo.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

- **Observación estructurada y no estructurada:** La de tipo estructurada, se desarrolló a través de la boleta de observación (Anexo 9.8), con el propósito de observar cada una de las fases de la gestión de los residuos y desechos sólidos. La de tipo no estructurado, se aplicó para aquellos aspectos no contemplados en la boleta de observación estructurada pero que se consideraron relevantes para el estudio, los cuales fueron plasmados a través de documentación fotográfica y anotaciones en una libreta de campo.
- **Consulta documental:** La recolección de datos se realizó mediante la toma de notas, fotografías, copia de archivos electrónicos, lectura, impresiones y fotocopias de documentos que contenían información relevante y vinculada con el estudio.
- **Georreferenciación:** A través del GPS móvil y la aplicación móvil Wikiloc, se captaron las coordenadas de las rutas de recolección, distancia y ubicación del vertedero municipal y basureros ilegales dentro de la zona de estudio.

3.4.1.5. Técnicas seleccionadas para el análisis de datos

Entre las técnicas que describe (Rivera F. J., 2015) y que sirvieron como antecedente para el análisis de los datos, se encuentran los siguientes:

- **Elaboración de tablas y gráficos descriptivos:** La información recopilada, fue la base para el desarrollo de los gráficos y tablas descriptivas. Por medio de estos se realizó la presentación y el análisis de la información.
- **Elaboración de mapas temáticos y análisis geoespacial:** Se elaboraron mapas temáticos para generar un modelo y representación de la realidad estudiada, lo que contribuyó a explicar algunos aspectos del manejo de los residuos y desechos sólidos.
- **Deducción:** Mediante la deducción, se utilizó el marco teórico, para explicar el modelo de gestión actual de los residuos y desechos sólidos que realiza la municipalidad y lo que ocurre en las etapas que este abarca en la zona estudiada.

3.4.1.6. Pasos del trabajo de campo

La validación de los instrumentos de recopilación de datos. Esta actividad se realizó durante la primera semana del trabajo de campo y durante el transcurso de la investigación.

Reconocimiento de campo. Estos fueron útiles para realizar las observaciones pertinentes, zonificar el área de estudio y distribuir las encuestas, los cuales fueron necesarios para establecer los aspectos contextuales.

Entrevistas. Se realizaron en base a las boletas de entrevista (ver Anexos).

Obtención de información geográfica. Por medio del uso del GPS móvil y la aplicación móvil Wikiloc, se tomaron datos, tanto del recorrido del Tren de aseo como la ubicación y distancia recorrida hacia el vertedero municipal.

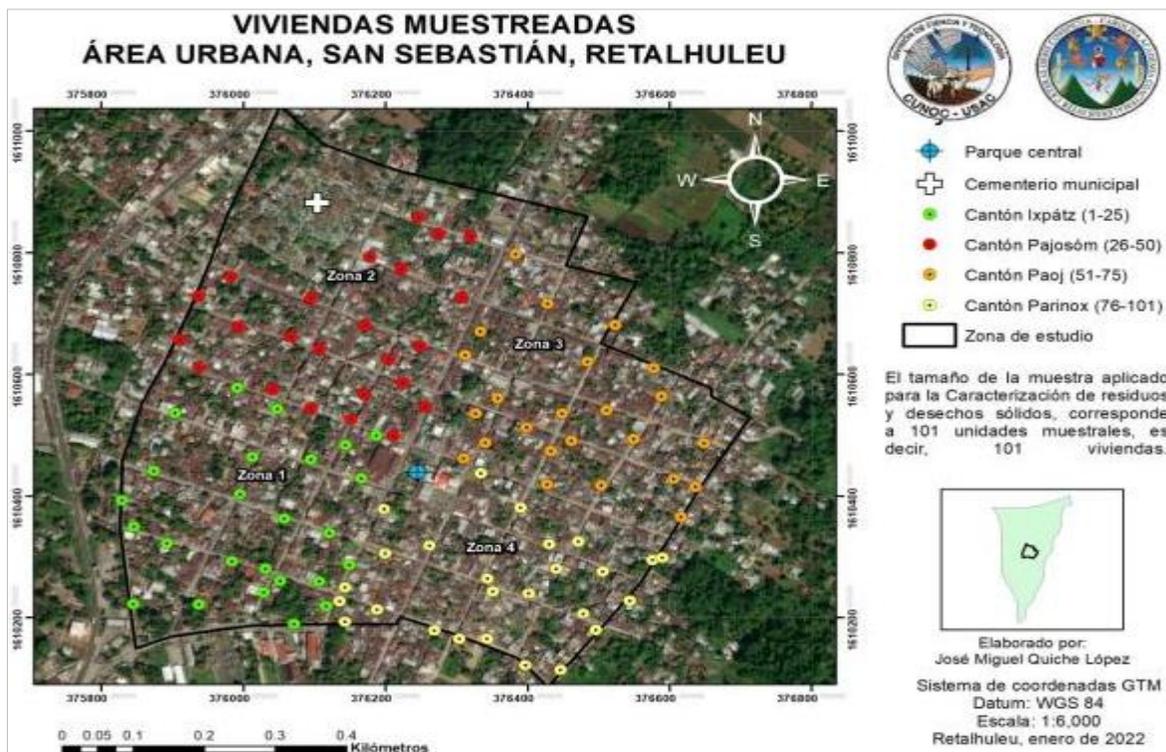
Obtención de resultados y verificación de conclusiones: A partir de los resultados, se generó las conclusiones e interpretación de los resultados en relación al problema abordado.

4. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Caracterización de los residuos y desechos sólidos domiciliarios generados en el área urbana de San Sebastián, Retalhuleu

Se realizó un estudio de Caracterización de residuos y desechos sólidos para determinar el peso, composición física y densidad de los residuos y desechos sólidos. Para ello, se muestreó en 101 viviendas del área urbana del municipio (Figura 1). Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Figura 1. Distribución de viviendas muestreadas.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.1.1. Producción Per-cápita (PPC) de residuos y desechos sólidos domiciliarios

Se registró en una boleta (Anexo 9.2) el peso de las 101 bolsas recolectadas de las viviendas muestreadas. Para el pesaje de cada bolsa se utilizó una báscula con capacidad de 110 y 44 lbs, con la finalidad de obtener la cantidad (lb/kg) total de residuos y desechos generados al día. El número total de habitantes dentro de la muestra se obtuvo a partir de la entrevista (Anexo 9.6) aplicada a las 101 viviendas. La recolección y pesaje de las muestras se realizó una vez a la semana, los días miércoles, durante un mes. Es decir, 4 veces a lo largo del estudio, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 3. Peso total recolectado

Semana No.	Tamaño de la muestra (Viviendas)	Número total de personas de la muestra	Peso recolectado	
			Lb.	Kg.
1	101	551	518.5	235.18764
2	101	551	547.71	248.437077
3	101	551	467.54	212.0703087
4	101	551	511.25	231.898192
		Total	2,044.993	927.5932177

Fuente: Elaboración propia, 2022.

A partir de los datos del cuadro anterior, se estimó la producción per cápita por día (PPC) de residuos y desechos sólidos domiciliarios. Para obtener la PPC, de acuerdo a la *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes* del MARN, la suma total del peso de la muestra recolectada en las viviendas se divide por el número total de habitantes que residen en las viviendas muestreadas. El número resultante se divide por el número de veces (días) en que se realizó la recolección. El procedimiento se detalla a continuación:

Tabla 4. Cálculo de la PPC

PPC =	$\frac{\text{Peso total de las muestras (lb)}}{\text{Número total de las personas de la muestra}}$	* 1/7
PPC =	$\frac{2,044.993}{551}$	* 1/4
PPC =	0.9278552 lb o 0.42086806780 kg.	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo a la tabla anterior, la cantidad de residuos y desechos sólidos que genera una persona al día, en el área urbana del municipio de San Sebastián, departamento de Retalhuleu, es de 0.93 libras o 0.42 kilogramos por habitante al día.

Por lo tanto, se determina que la Producción Per Cápita (PPC) de residuos y desechos sólidos del municipio, se mantiene aún por debajo del promedio nacional, ya que de acuerdo al MARN, en Guatemala, la generación per cápita de residuos y desechos sólidos comunes es de 1 libra y 2 onzas (1.125 lb o 0.510 kg) por habitante al día.

Al dimensionar el resultado de este indicador con la población del área urbana del municipio, se obtiene que, la generación diaria de residuos y desechos sólidos de origen domiciliar es de 4,115 kilogramos o 4.12 toneladas en promedio.

Tabla 5. Cantidad de residuos y desechos sólidos generados en el área urbana.

Población (área urbana)	Producción per cápita de residuos y desechos sólidos Kg/hab/día	Total de residuos y desechos sólidos Día		Total de residuos y desechos sólidos Semana	
		Kg	Ton	Kg	Ton
9,799	0.42	4,115.58	4.12	28,809.06	28.81

Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.1.1.1. Proyección de la generación de residuos y desechos sólidos

Según las estimaciones y proyecciones nacionales de población del (INE, 2018), en Guatemala se tiene un aumento de población anual variable, y en base al incremento, se realizó una proyección del crecimiento poblacional para el municipio de San Sebastián, Retalhuleu (Anexo 9.3), con la finalidad de estimar la producción de residuos y desechos sólidos domiciliarios que se estará generando en el área urbana, en un lapso de 20 años a partir del 2021.

Tabla 6. Generación de residuos y desechos sólidos en relación al crecimiento poblacional

Año	Total de habitantes (área urbana)	Producción total Kg/día	Total de residuos y desechos sólidos mensual		Total de residuos y desechos sólidos anual	
			Kilogramos	Toneladas	Kilogramos	Toneladas
2021	9,799	4,115.58	123,467.4	123.47	1,502,186.7	1,502.19
2022	9,941	4,175.22	125,256.6	125.26	1,523,955.3	1,523.96
2023	10,081	4,234.02	127,020.6	127.02	1,545,417.3	1,545.42
2024	10,219	4,291.98	128,759.4	128.76	1,566,572.7	1,566.57
2025	10,354	4,348.68	130,460.4	130.46	1,587,268.2	1,587.27
2026	10,488	4,404.96	132,148.8	132.15	1,607,810.4	1,607.81
2027	10,618	4,459.56	133,786.8	133.79	1,627,739.4	1,627.74
2028	10,747	4,513.74	135,412.2	135.41	1,647,515.1	1,647.52
2029	10,873	4,566.66	136,999.8	137.00	1,666,830.9	1,666.83
2030	10,997	4,618.74	138,562.2	138.56	1,685,840.1	1,685.84
2031	11,118	4,669.56	140,086.8	140.09	1,704,389.4	1,704.39
2032	11,237	4,719.54	141,586.2	141.59	1,722,632.1	1,722.63
2033	11,354	4,768.68	143,060.4	143.06	1,740,568.2	1,740.57
2034	11,469	4,816.98	144,509.4	144.51	1,758,197.7	1,758.20
2035	11,582	4,864.44	145,933.2	145.93	1,775,520.6	1,775.52

2036	11,692	4,910.64	147,319.2	147.32	1,792,383.6	1,792.38
2037	11,800	4,956.00	148,680.0	148.68	1,808,940.0	1,808.94
2038	11,907	5,000.94	150,028.2	150.03	1,825,343.1	1,825.34
2039	12,011	5,044.62	151,338.6	151.34	1,841,286.3	1,841.29
2040	12,113	5,087.46	152,623.8	152.62	1,856,922.9	1,856.92
2041	12,213	5,129.46	153,883.8	153.88	1,872,252.9	1,872.25

Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo a la tabla anterior, el crecimiento poblacional del área urbana del municipio ocasionará que en los próximos 20 años, la cantidad de residuos y desechos aumente en un 25%. En promedio, anualmente se estará incrementando la cantidad de residuos y desechos sólidos en 18,503.31 kg o 18.5 toneladas.

Las proyecciones de este indicador son de utilidad para disponer de la infraestructura, maquinaria, equipo y el personal necesario para satisfacer la demanda creciente de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos y desechos sólidos.

4.1.2. Composición física de los residuos y desechos sólidos domiciliarios

El procedimiento empleado para establecer la composición física de los residuos y desechos sólidos corresponde al método del cuarteo (Anexo 9.9). Con este método se redujo los residuos y desechos recolectados por cada muestreo realizado, obteniendo una muestra representativa de 135 libras. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 7. Composición física de los residuos y desechos sólidos domiciliarios

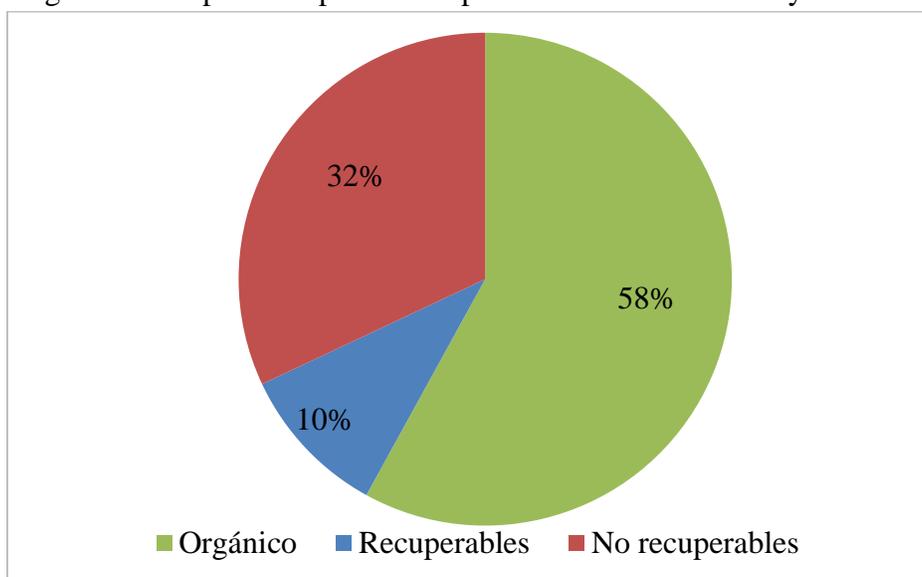
Categoría	Tipo de residuo y desecho	Peso (kg)	Porcentaje (%)
Aprovechable	Orgánico	35.8338	58
Recuperable	Papel y cartón	2.49476	4
	Vidrio	1.58757	2
	Material ferroso y no ferroso	1.2247	2
	PET	1.04326	2
No recuperable	Plástico	14.0614	23
	Desechos sanitarios	2.336001	4
	Peligrosos	0.635029	1
	Varios	2.26796	4
Muestra total representativa		61.4844	100%

Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo a la tabla anterior, los residuos y desechos sólidos generados en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu, están compuestos en su mayoría por los de tipo orgánico (58%).

Al ser de origen domiciliario se puede observar la presencia de restos vegetales, de comida, tortilla, pan, fruta, ceniza y hoja de árboles. El 10% está comprendido por latas, cartón, papel, botellas de vidrio y PET; los cuales son residuos con potencial de recuperables. Y el 32% de los desechos generados carecen de utilidad o valor económico, debido a que en su mayoría corresponden a productos plásticos de un solo uso (23%) como; bolsas, utensilios, empaques de frituras y productos comerciales, de plástico y duroport. Además de desechos sanitarios (4%), productos inertes y peligrosos (5%); cerámica, trapos, baterías, jeringas y medicamentos.

Figura 2. Composición porcentual promedio de los residuos y desechos



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Más de la mitad de la composición de los residuos y desechos sólidos que se generan en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu pueden ser tratados con métodos de aprovechamiento tales como; la producción de compostaje, aboneras y el reciclaje. El tratamiento adecuado de estos residuos reduciría hasta en un 65% el volumen de residuos y desechos sólidos que son enviados al vertedero municipal y así generar un menor impacto ambiental.

Como se muestra en la Tabla 8, al aplicar la composición porcentual con el indicador de generación de residuos y desechos sólidos, se dimensiona la cantidad de residuos y desechos que se generan al día según su composición física.

Tabla 8. Generación de residuos y desechos sólidos por categoría.

Producción total Kg/día	Orgánico 58%		Recuperables 10%		No recuperables 32%	
	kg/día	ton/día	kg/día	ton/día	kg/día	ton/día
4,115.58	2,387.04	2.39	411.56	0.41	1,316.98	1.32

Fuente: Elaboración propia, 2022.

El conocimiento de la composición física de los residuos y desechos sólidos que se generan en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, es fundamental para determinar los subproductos o parte de los residuos aprovechables o que puedan ser valorizados, y cuáles serían los sistemas de tratamiento y disposición final más adecuados.

4.1.3. Cobertura de Recolección

El procedimiento para calcular el porcentaje de la cobertura de recolección se detalla en la Tabla 9. Este indicador determina el porcentaje de la población que cuenta con el servicio de recolección de residuos y desechos sólidos. Para el cálculo se determinaron: a) Los habitantes promedio en las viviendas, el cual se estimó utilizando el total de domicilios y de habitantes dentro de la muestra, siendo una población de 551 personas y 101 viviendas, dando como resultado 5 habitantes en promedio por hogar. Y, b) La población del área urbana que cuenta con el servicio de recolección, el cual, de acuerdo a la oficina de Tren de aseo municipal de San Sebastián, Retalhuleu, corresponde a 391 usuarios/viviendas.

Tabla 9. Cálculo de la cobertura de recolección

% Cobertura de recolección =	$\frac{\text{Población con servicio de recolección}}{\text{Población total del área urbana}} * 100$
% Cobertura de recolección =	$\frac{1,955}{9,799} * 100$
% Cobertura de recolección =	19.95.
Rango aceptable: 60 a 100%	
Rango regularmente aceptable: 30 – 59%	
Rango no aceptable: < 30%	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se observa en la tabla anterior, la cobertura de recolección de residuos y desechos sólidos domiciliarios en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu, es del 19.95%, el cual de acuerdo a (Chay, 2010) se encuentra dentro de un rango no aceptable, ya que no abarca siquiera a ¼ de la población total.

La recolección de los residuos y desechos sólidos que genera la población del área urbana del municipio resulta muy relevante. Sin embargo, la poca cobertura del servicio de recolección o tren de aseo (19.95%) en el área urbana del municipio representa una deficiencia de la administración municipal de San Sebastián, principalmente porque no evita que el resto de los generadores, es decir, el 80% de la población, propicien su dispersión sin control en el ambiente.

Al comparar este indicador con el indicador de generación de residuos y desechos sólidos per cápita, se obtiene que 3,294.55 kilogramos (3.29 toneladas) de residuos y desechos sólidos no son dispuestos o carecen de un manejo autorizado para su disposición final, ya que de las 4.12 toneladas promedio que se generan al día en el área urbana del municipio, solo se recolecta y dispone de manera controlada 821 kilogramos, es decir 0.82 toneladas.

Tabla 10. Generación y recolección de residuos y desechos sólidos domiciliarios.

Año	Población (área urbana)	Generación calculada		Recolección estimada		Promedio de cobertura %
		Kg/día	Ton/día	Kg/día	Ton/día	
2021	9,799	4,115.58	4.12	821.03	0.82	19.95

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Varios elementos se pueden atribuir al origen de la reducida cobertura en la recolección de residuos y desechos sólidos, entre ellos se identifica la negativa de los pobladores por pagar por el servicio, los altos costos para llevar a cabo esta operación, y otras deficiencias que serán abordadas más adelante en este documento.

4.1.3.1. Eficiencia del personal de recolección

Con este parámetro se puede determinar los niveles de productividad del servicio de recolección. De acuerdo a (Chay, 2010) para calcular este indicador se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia del personal (Ton/día)} = \left[\frac{\text{Cantidad de residuos recolectado al mes (ton)}}{\text{Cantidad de personal laboral al mes * Días laborales al mes}} \right]$$

Rango aceptable: 1.0 a 2.0 ton/personal/día

Rango regularmente aceptable: 0.5 a 0.9 ton/personal/día

Rango no aceptable: < 0.5 ton/personal/día

A partir de la Tabla 10 se obtuvo la estimación de la cantidad de residuos y desechos sólidos domiciliarios recolectados al mes en el área urbana del municipio. Y a través de entrevistas (Anexo 9.7) se obtuvo el dato de cantidad y días laborales del personal de recolección. El resultado se presenta a continuación:

Tabla 11. Cálculo de la eficiencia del personal de recolección.

Eficiencia del personal (Ton/día) =	$\frac{\text{Residuos y desechos recolectados al mes (ton)}}{\text{Personal al mes * días laborales al mes}}$
Eficiencia del personal (Ton/día) =	$\frac{24.6}{4*20}$
Eficiencia del personal (Ton/día) =	0.31.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se observa en la tabla anterior, la eficiencia del personal no se encuentra en el rango necesario para satisfacer las necesidades colectivas de la recolección.

De acuerdo a la Organización Mundial para la Salud –OMS-, se estima que en América Latina un trabajador recolecta entre 1 a 2 toneladas por jornada laboral.

Sin embargo, el resultado de este indicador depende en gran medida por el método de recolección, equipo con que se cuenta, grado de dificultad de las rutas y nivel de participación comunitaria. Algunos de estos elementos son abordados más adelante.

4.1.4. Densidad o peso volumétrico (kg/m³)

En el momento de mezclar los residuos y desechos sólidos, previo al primer cuarteo para la prueba de composición física, se realizó la prueba de densidad para conocer el peso de los residuos y desechos sólidos que caben en un metro cúbico.

Para ello se utilizó una caja de cartón como recipiente, cuyo volumen se expresa en la Tabla 12. El procedimiento se realizó por cada muestreo realizado, obteniendo el siguiente resultado.

Tabla 12. Densidad de los residuos y desechos sólidos.

Semana No.	Volumen recipiente (m ³)	Peso neto de los RDS		Densidad (Volumen/peso)
		Libras	Kilogramos	
1	0.030132	12.5	5.669905	188.16889
2	0.030132	15	6.80389	225.802801
3	0.030132	13	5.8967	195.695606
4	0.030132	14.2	6.441012	213.7598566
Densidad promedio				205.8567884 kg/m³

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los resultados obtenidos en la tabla anterior indican que en promedio se ocupa 205.86 kilogramos de residuos y desechos sólidos (sin compactar) por metro cubico, equivalente a 0.21 toneladas por metro cúbico.

El resultado de este indicador es de utilidad para calcular el área y las dimensiones de las diferentes unidades para los sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos y desechos sólidos que se generan en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu.

4.2. Situación actual de la gestión de los residuos y desechos sólidos domiciliarios

Para presentar los resultados del modelo actual de la gestión para el manejo de los residuos y desechos sólidos domiciliarios que realiza la municipalidad y la población en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu, se ha dividido este apartado en: 1) Manejo a nivel institucional y, 2) Manejo a nivel domiciliar.

4.2.1. Manejo de los residuos y desechos sólidos a nivel institucional

4.2.1.1. Aspectos organizativos y administrativos de la entidad

La entidad encargada del manejo de los residuos y desechos sólidos que se generan en el área de estudio, es la Municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu, a través del servicio de recolección de basura de la oficina Tren de aseo municipal. Este servicio municipal fue creado en sesión pública extraordinaria, celebrada por el Honorable Concejo Municipal, el 30 de agosto de 2013, en el punto resolutivo No. 2 del acta número 16-2013.

a. Personal que intervienen en el sistema.

Actualmente, la oficina de Tren de Aseo Municipal cuenta con 7 empleados para llevar a cabo el servicio de recolección de basura.

Tabla 13. Puestos y funciones, Tren de aseo.

Puesto	Cantidad	Funciones	Tipo
Encargado	2	<ul style="list-style-type: none">- Velar por que el servicio se preste de forma eficiente y ordenada.- Brindar la información necesaria a los interesados en la prestación del servicio de la oficina.- Realizar el cobro y llevar el registro de los usuarios.- Planificar y coordinar la prestación del servicio.	Personal permanente Renglón 011
Piloto	1	<ul style="list-style-type: none">- Conducir el vehículo utilizado para el servicio de recolección de basura.	
Recolector	4	<ul style="list-style-type: none">- Levantar los contenedores de basura y vaciar su contenido en el vehículo.- Descargar la basura del vehículo en el vertedero.	Personal por contrato Renglón 022

Fuente: Elaboración propia, 2022.

El personal que dispone la oficina de tren de aseo municipal realiza únicamente las operaciones básicas de recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos al vertedero municipal. Sin embargo, no se cuenta con el personal suficiente para llevar a cabo programas y proyectos para la etapa de separación y tratamiento. También se carece de técnicos municipales con el conocimiento sobre los principios y técnicas para el manejo de los residuos y desechos sólidos, lo que dificulta tomar decisiones acertadas para mejorar el sistema de aseo.

b. Políticas, reglamentos y normativos

A nivel administrativo, se cuenta únicamente con un documento oficial vinculado al manejo de los residuos y desechos sólidos en el municipio. El “*Reglamento para la administración y funcionamiento del servicio de tren de aseo domiciliar y calles del municipio de San Sebastián, Retalhuleu*”, es el instrumento municipal que tiene por objeto regular la prestación del servicio de recolección, tratamiento y disposición final de los

residuos y desechos sólidos municipal. Además de contener un conjunto de normas generales de carácter prohibitivas dirigido a la población para la conservación del medio ambiente y preservación del ornato municipal.

El reglamento fue aprobado en acta municipal No. 28-2013, en septiembre de 2013 y publicado en el Diario de Centroamérica en enero de 2014. En este mismo se establece que la entidad responsable de velar por que el Reglamento se aplique correctamente es la Oficina de Servicios Públicos Municipales –OSPM-.

La administración actual presenta una débil planificación e inexistente ejecución de programas y proyectos para el manejo de los residuos y desechos sólidos, principalmente porque carece del personal calificado y del marco legal (políticas, normativos, planes, programas y demás ordenanzas municipales) que regulen el manejo de los residuos sólidos. Por lo tanto, se debe fortalecer las capacidades de los servidores públicos que intervienen en el sistema para incrementar la capacidad de planificación, gestión y ejecución.

4.2.1.2. Aspectos técnicos y operativos

Se ha determinado que la entidad pública presenta un sistema de saneamiento con poca planificación, lo que se ve reflejada en los elementos abordados para este aspecto, los cuales se describen a continuación:

a. Infraestructura y maquinaria

La municipalidad cuenta únicamente con la sede municipal, el edificio en el que se encuentran las diferentes oficinas, entre ellas, la oficina de tren de aseo municipal para el manejo municipal de los residuos y desechos sólidos.

Para llevar a cabo las operaciones de aseo municipal, se dispone de: Vehículo tipo camión con capacidad de 60 quintales, troque, carreta, escobas, pala y rastrillo, tonel plástico, guantes, botas, mascarillas y gabachas para identificar a los recolectores.

b. Recolección y transporte

La recolección municipal de los residuos y desechos sólidos se realiza una vez al día, de lunes a viernes, en horario de 6:00 am a 2:00 pm. El recorrido para la recolección obedece a una ruta establecida para cada zona y sector del área urbana y rural del municipio (Anexo 9.11).

De tal manera que la frecuencia de recolección en el área de estudio es de dos veces por semana.

Los residuos y desechos sólidos son recolectados de puerta en puerta de manera manual. En el transcurso del recorrido se presentan situaciones que dificultan las actividades de recolección, tales como: vehículos estacionados y puestos de venta en vías públicas que obstruyen el acceso del camión recolector.

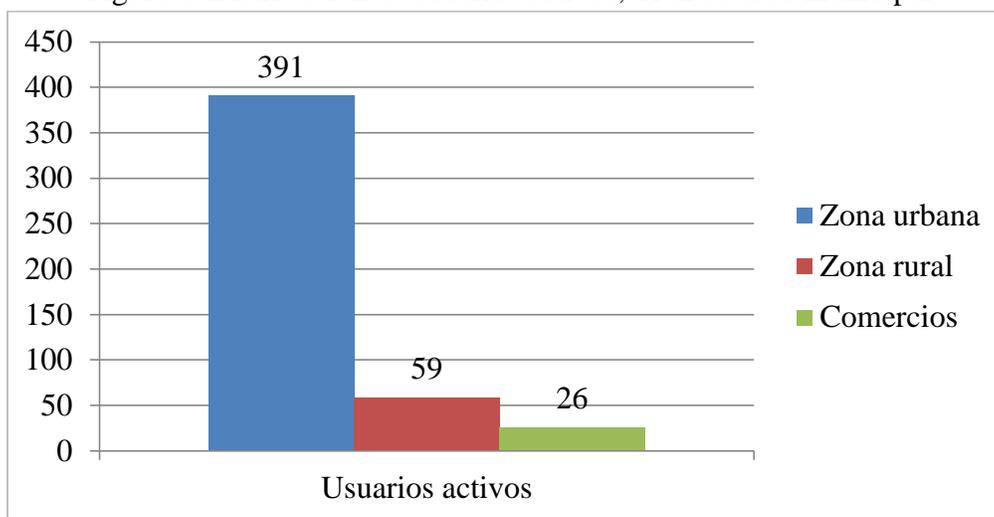
Figura 3. Rutas de recolección



Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo a la oficina de Tren de Aseo Municipal, se cuenta con 476 usuarios inscritos y activos. Como se muestra en la Figura 4, la mayor concentración de usuarios se encuentra dentro del área de estudio, es decir, el área urbana del municipio, distribuidos de la siguiente manera; zona 1 con 76, zona 2 con 114, zona 3 con 129 y zona 4 con 72 usuarios respectivamente. En el área rural se cuenta con un total de 59 usuarios que abarcan los sectores; Pucá, Samalá, Xulá, Xelajú. El resto de usuarios corresponden a 26 empresas y comercios.

Figura 4. Distribución de usuarios activos, Tren de aseo municipal



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El sistema de recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos carece de capacidad instalada, infraestructura y tecnología apropiada. El diseño actual del recorrido para la recolección presenta trazos innecesarios y repetitivos en algunos puntos del municipio, lo que prolonga el tiempo de recolección, ocasionando un bajo desempeño en la prestación del servicio. Esto se refleja en sus bajos niveles de recaudación, de eficiencia, de calidad y de cobertura, además de aumentar los costos de operación, provocando que la población se encuentre en un estado de inconformidad y poco sensibilizada con respecto al servicio público de Tren de aseo.

c. Tratamiento y disposición final

La municipalidad no cuenta con la infraestructura necesaria para contar con centros de acopio o plantas de tratamiento de residuos y desechos sólidos, de modo que no se realiza ningún tipo de almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento a los residuos y desechos sólidos generados en el municipio.

Asimismo, la municipalidad no cuenta con un sitio propio para la disposición final de los residuos y desechos sólidos recolectados, por consiguiente, no existe un procedimiento técnico para llevar a cabo el mismo, únicamente son dispuestos en un vertedero general ubicado en la Aldea la Guitarra, Retalhuleu, a una distancia, considerablemente extensa, de 20.73 kilómetros del municipio de San Sebastián, Retalhuleu.

Figura 5. Vertedero para la disposición final de los residuos y desechos sólidos



Fuente: Elaboración propia, 2022.

El vertedero es administrado por la municipalidad de Retalhuleu. En este se promueve la contaminación del suelo y de la atmósfera debido a que el vertedero es a cielo abierto sin tratamiento de lixiviados, gases y sin la infraestructura necesaria para realizar un control técnico sanitario.

4.2.1.3. Aspectos financieros

a. Costos de operación

En base a los datos de la Dirección de Administración Financiera Integrada Municipal – DAFIM- de la municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu, se estima que el costo para el funcionamiento de la oficina de Tren de aseo municipal asciende a Q.41,073 mensual y Q.492,880 anual.

Tabla 14. Costos de operación, Tren de aseo municipal

Concepto	Costo mensual	Costo anual
Salarios	Q.20,240	Q.242,880
Combustible y lubricantes	Q.3,750	Q.45,000
Mantenimiento y reparación de vehículo	Q.2,083	Q.25,000
Arrendamiento de terreno (Vertedero)	Q.15,000	Q.180,000
Total	Q.41,073	Q.492,880

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la DAFIM, 2022.

La municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu, al no contar con un sitio propio para la disposición final de los residuos y desechos sólidos, realiza el pago mensual de quince mil quetzales por concepto de arrendamiento de terreno a la municipalidad de Retalhuleu para tener la autorización de depositar los residuos y desechos del municipio, en el vertedero municipal de Retalhuleu.

El costo operativo (recolección, transporte y disposición final) constituye el 51% del costo total del sistema. Por lo tanto, conforman el componente clave para determinar la sostenibilidad financiera del sistema.

b. Ingresos por operación

Debido a que los ingresos resultantes por el servicio de recolección del Tren de aseo municipal dependen de la cantidad de usuarios y el origen de los residuos y desechos, estos presentan una variación por la actualización mensual. En consecuencia, la DAFIM programa un monto estimado de ingreso mensual, siendo este de Q.10,000 mensuales por concepto de extracción de basura.

En el Reglamento para el funcionamiento del Tren de aseo municipal, se establece que la tarifa por los residuos y desechos sólidos de origen domiciliario es de Q.20 y para las industrias, establecimientos comerciales y otros, asciende entre los Q.100 y Q.1,000.

Tabla 15. Ingresos por operación, Tren de aseo municipal

Ingresos	Mensual	Anual	% percibido
Programado	Q.10,000	Q.120,000	100
Percibido*	Q.16,540.83	Q.198,490	165
*Promedio de ingresos mensuales registrados en el periodo de enero a diciembre de 2021.			

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la DAFIM, 2022.

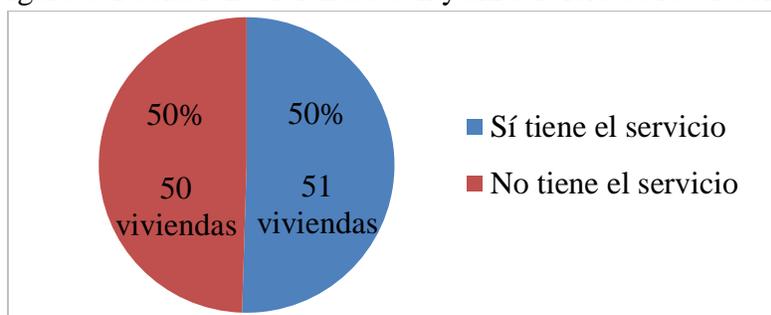
Los ingresos que genera el servicio de recolección de residuos y desechos sólidos se destinan para cubrir los gastos de administración, operación y funcionamiento del mismo. Sin embargo, la municipalidad recupera solo el 40% del costo total por operación del servicio, cubriendo el resto por medio de subsidio municipal, por lo que el servicio no resulta rentable para la municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu.

4.2.2. Manejo a nivel domiciliario de los residuos y desechos sólidos

En relación al análisis de los datos obtenidos de las entrevistas (Anexo 9.6) aplicadas a la muestra representativa, que para efectos de este análisis, corresponden a 101 viviendas del área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu, se tiene que, el 50% de esta muestra (viviendas) utiliza el servicio de recolección del Tren de aseo municipal y el otro 50% no dispone del servicio municipal.

Es necesario aclarar que el porcentaje real de la población urbana que cuenta con el servicio de recolección de residuos y desechos sólidos se expresa en el indicador de “cobertura de recolección”, en la página 44 de este documento. Mientras que el porcentaje presentado en este inciso, representa únicamente a las viviendas que formaron parte de la muestra representativa (Figura 1) de la zona de estudio y que se realizó con el propósito de obtener los datos que corresponden a la variable “manejo de residuos y desechos sólidos en las viviendas del área urbana de San Sebastián, Retalhuleu”.

Figura 6. Población/Viviendas con y sin servicio de recolección

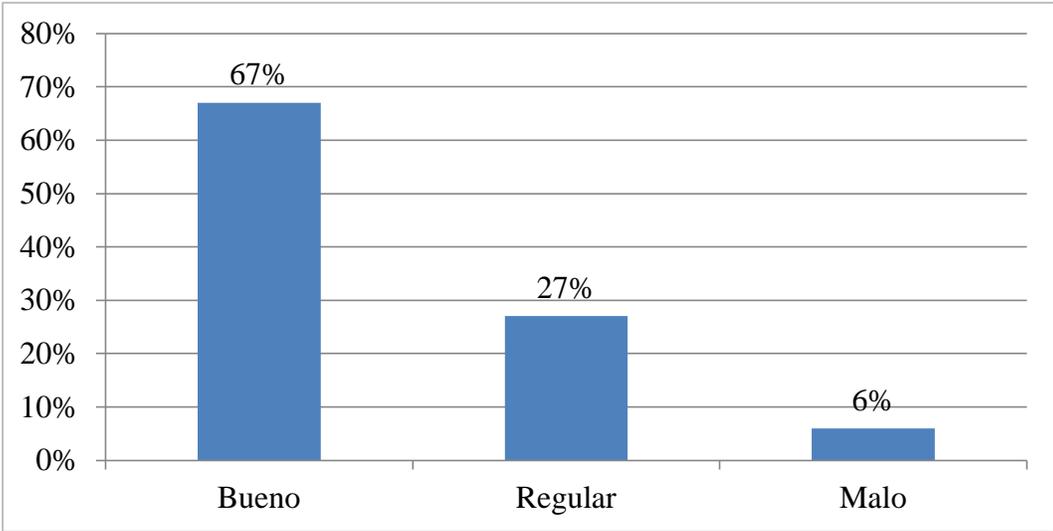


Fuente: Elaboración propia, 2022.

De la muestra representativa, se tiene que, la población que cuenta con el servicio de recolección municipal, paga Q20 mensuales por el servicio de extracción de basura. Y de esta población, el 96% menciona estar de acuerdo con la tarifa, ya que califican el monto como accesible y económico. Únicamente el 4% lo considera un precio elevado y costoso.

En cuenta a la percepción del nivel de calidad del servicio de recolección de residuos y desechos sólidos, el 67% de los usuarios califica la calidad del servicio como aceptable. El 27% considera el servicio como medianamente aceptable ya que sus expectativas no son totalmente cumplidas. Y el 6% de usuarios coloca el servicio municipal en un nivel de calidad baja, debido a que no cumple con sus expectativas, principalmente por quejas y conflictos con el personal de recolección sobre el número de bolsas extraíbles permitidas.

Figura 7. Percepción de la calidad del servicio de recolección



Fuente: Elaboración propia, 2022.

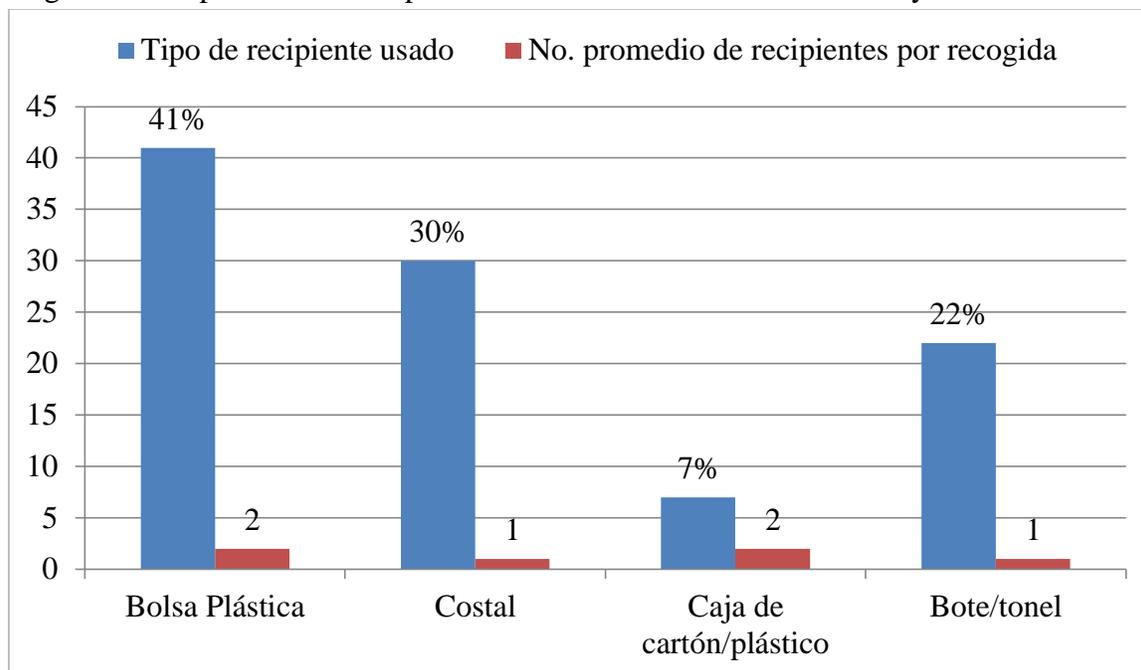
De la población que no es atendida por el Tren de aseo municipal, solo el 22% menciona estar dispuesto a pagar por el servicio municipal ya que consideran que el servicio es para el bienestar de la comunidad. El 78% restante no está dispuesto a contar con el servicio municipal debido a que no lo consideran relevante o no están dispuestos a realizar los trámites requeridos. De igual manera, la percepción de generar volúmenes pequeños de basura, impulsa a la población a la eliminación propia o a través de recolectores informales. Es importante mencionar que dentro de esta población existe el caso de vecinos que contaban con el servicio municipal, pero optaron por cancelar el servicio por conflictos con la administración por falta de monitoreo y control en el cobro.

4.2.2.1. Almacenamiento

La población del área urbana del municipio dispone temporalmente los residuos y desechos sólidos en diferentes tipos de recipientes para su almacenamiento, previo a la recolección y disposición final.

El más utilizado son las bolsas de polietileno de 0.7m x 0.5m, principalmente por la facilidad de manipulación. Por otro lado, el costal y botes plásticos representan en conjunto el 52% de recipientes con mayor uso ya que estos son utilizados como contenedores reutilizables. Y en menor uso, debido a la capacidad mínima de almacenaje, se encuentran las cajas de cartón y plástico, entre otros, con un 7% de representatividad.

Figura 8. Recipiente utilizado para el almacenamiento de los residuos y desechos sólidos



Fuente: Elaboración propia, 2022.

En promedio, las personas descartan dos recipientes por recogida, especialmente cuando son bolsas plásticas y cajas, ya que estos ocupan un menor volumen de residuos y desechos para su almacenamiento. A diferencia del costal y botes que permite mayor cantidad de residuos y desechos sólidos, por lo que en promedio se utiliza uno por recogida.

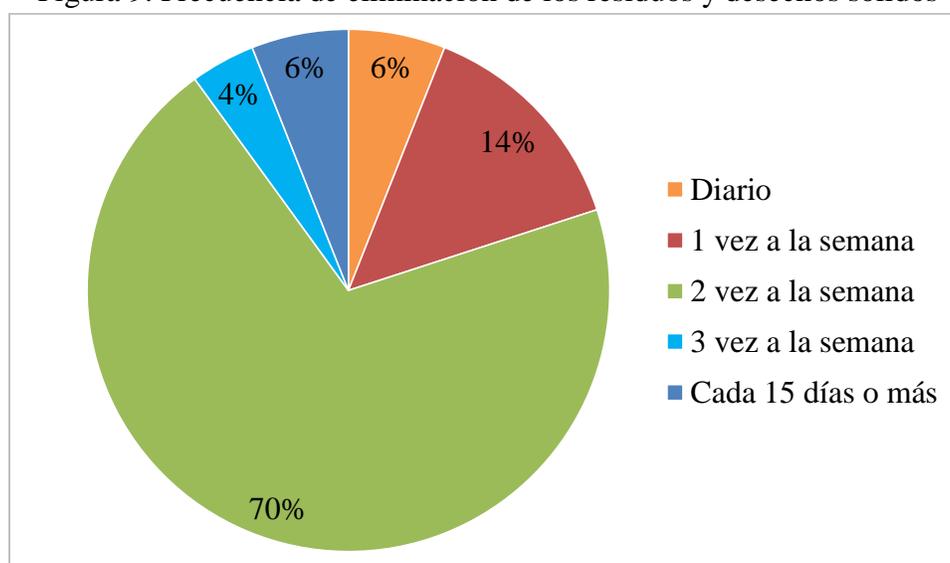
4.2.2.2. Frecuencia de eliminación

Una pequeña parte de la población no tiene la capacidad suficiente para almacenar durante más de un día los residuos y desechos sólidos que generan, principalmente porque evitan la proliferación de olores y vectores en la vivienda. Es por ello que el 6% de la población dispone la basura para su eliminación diariamente, mientras que un 4% lo realiza 3 vez a la semana.

Por otro lado, la sensación de generar cantidades pequeñas de residuos y desechos sólidos influye en que 6% de la población opte por disponer la basura a cada 15 días y 14% lo realiza al menos una vez a la semana.

La frecuencia de eliminación con mayor concentración es la de 2 veces por semana, ya que el 70% de la población menciona alcanzar la capacidad máxima de almacenaje de los recipientes a los tres días. De manera que la recolección con frecuencia de dos veces a la semana resulta eficiente y aceptable para la mayor parte de la población del área urbana del municipio.

Figura 9. Frecuencia de eliminación de los residuos y desechos sólidos



Fuente: Elaboración propia, 2022.

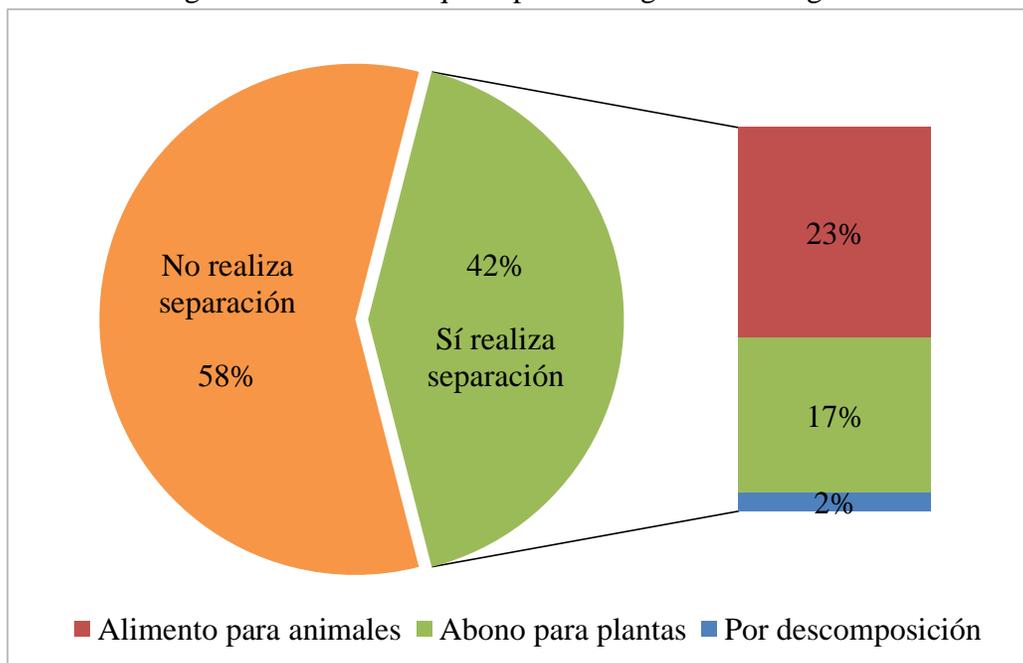
4.2.2.3. Clasificación y separación

De acuerdo al análisis de datos obtenido de las entrevistas, se revela que el 58% de la población no realiza ningún tipo de clasificación o separación de los residuos y desechos sólidos que generan. Esta cultura social se debe a que en el municipio no existen programas o proyectos que promuevan la separación de los residuos y desechos sólidos desde el hogar, provocando que se pierda el potencial de aprovechamiento de los residuos ya que se mezclan desde el origen.

Sin embargo, existe un considerable porcentaje de la población que sí realiza una separación de los residuos y desechos en la categoría de orgánico e inorgánico, incluso sin el conocimiento de los impactos ambientales que esto conlleva.

La razón principal es que el 40% de esta población aprovecha una parte de los residuos orgánicos como fuente de alimento para animales de crianza (gallinas y cerdos) y como abono en el jardín. Únicamente el 2% separa los orgánicos de los inorgánicos para evitar la proliferación de olores y lixiviados por el proceso de descomposición de estos.

Figura 10. Población que separa en orgánico e inorgánico



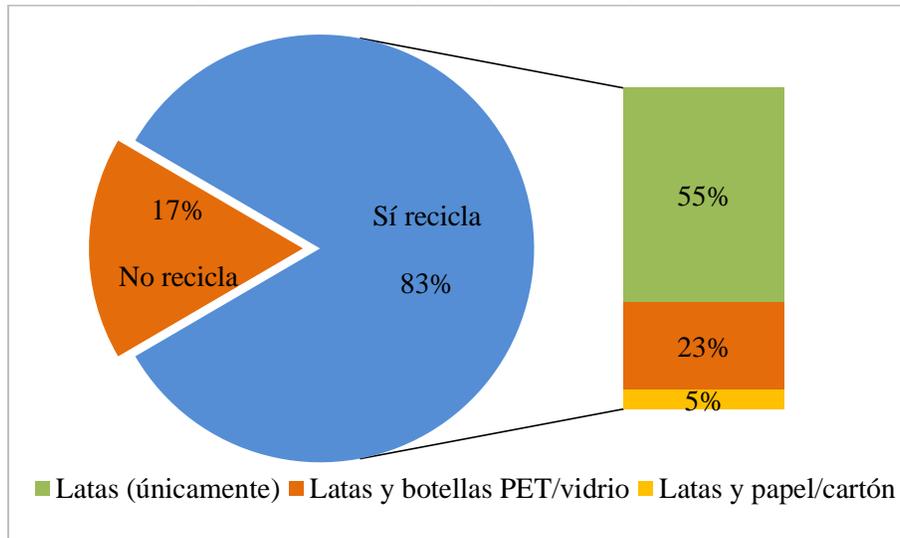
Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.2.2.4. Reciclaje

Como se mencionó anteriormente, en el municipio no existen programas que fomenten la separación o reciclaje desde el origen. A pesar de ello, un porcentaje alto de la población está vinculada con la actividad del reciclaje, ya que el 83% realiza el acopio de ciertos subproductos que representan un valor económico en el mercado, específicamente las latas de aluminio, botellas de vidrio/PET y papel/cartón (Figura 11).

Estos resultados sugieren que el sector informal dedicado a la compra-venta de reciclables es altamente activo dentro del municipio, ya que como mencionan (Abarca-Guerrero, Maas, & Hogland, 2015), muchas personas dependen económicamente de la recolección puerta a puerta de materiales reciclables pagando para ello una tarifa. Por lo tanto, esto promueve que la población acopie algunos residuos con la finalidad de obtener ingresos económicos.

Figura 11. Porcentaje de población que recicla

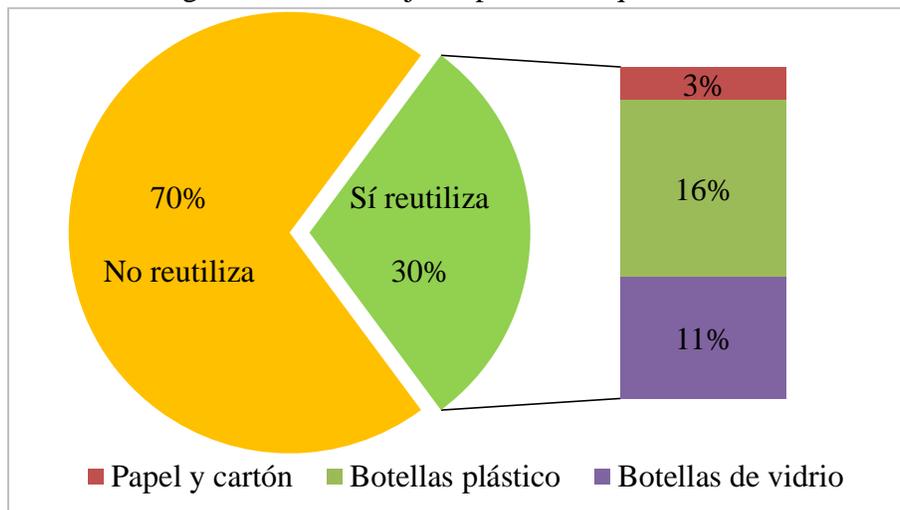


Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.2.2.5. Reutilización

La práctica de la reutilización es uno de los principios de las 3R's (reducir, reciclar, reutilizar) con menor representación dentro del área urbana del municipio, puesto que solo un 30% de la población reutiliza, ocasionalmente, algunos elementos para darle otro uso. De esta población, el 16% reutiliza botellas PET como material para la elaboración de macetas o como recipiente para almacenar líquidos. El 11% reutiliza las botellas o frascos de vidrio como recipiente para almacenar productos varios. 3% de la población reutiliza papel y cartón para manualidades o para la elaboración de piñatas.

Figura 12. Porcentaje de población que reutiliza



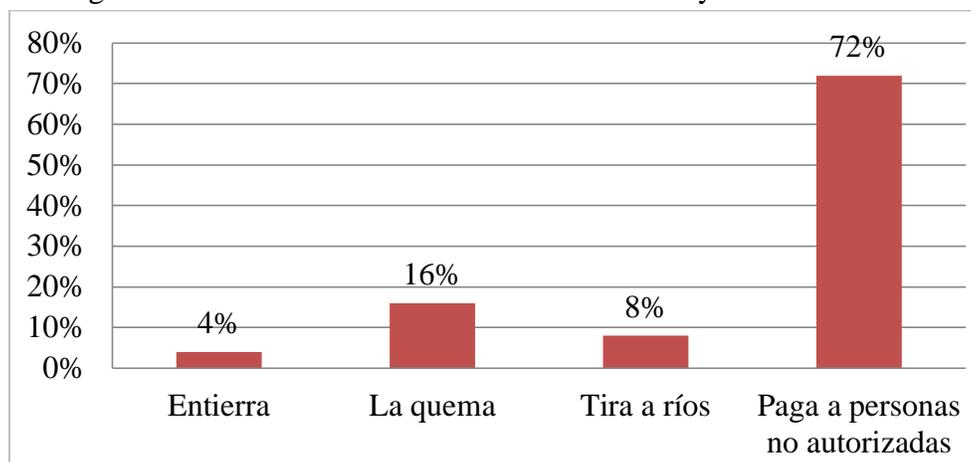
Fuente: Elaboración propia, 2022.

4.2.2.6. Disposición final

La disposición final que realiza la población que no cuenta con el servicio de recolección municipal, varía de acuerdo a la cantidad y tipo de residuos que generan. La percepción de generar cantidades mínimas de residuos y desechos sólidos impulsa a la población a la eliminación propia, siendo la más tradicional, con un 16% de preferencia, la quema de la basura en los espacios cercanos a la vivienda (ver Anexo 9.12, figura 30) a la vez que se realiza un aprovechamiento energético de algunos productos como el papel, cartón, plásticos rígidos y PET, ya que son utilizados como material combustible al momento de cocinar alimentos.

El 4% de la población entierra los residuos y desechos, y un 8% opta por disponer su basura en alguno de los ríos que a traviesan el área urbana del municipio.

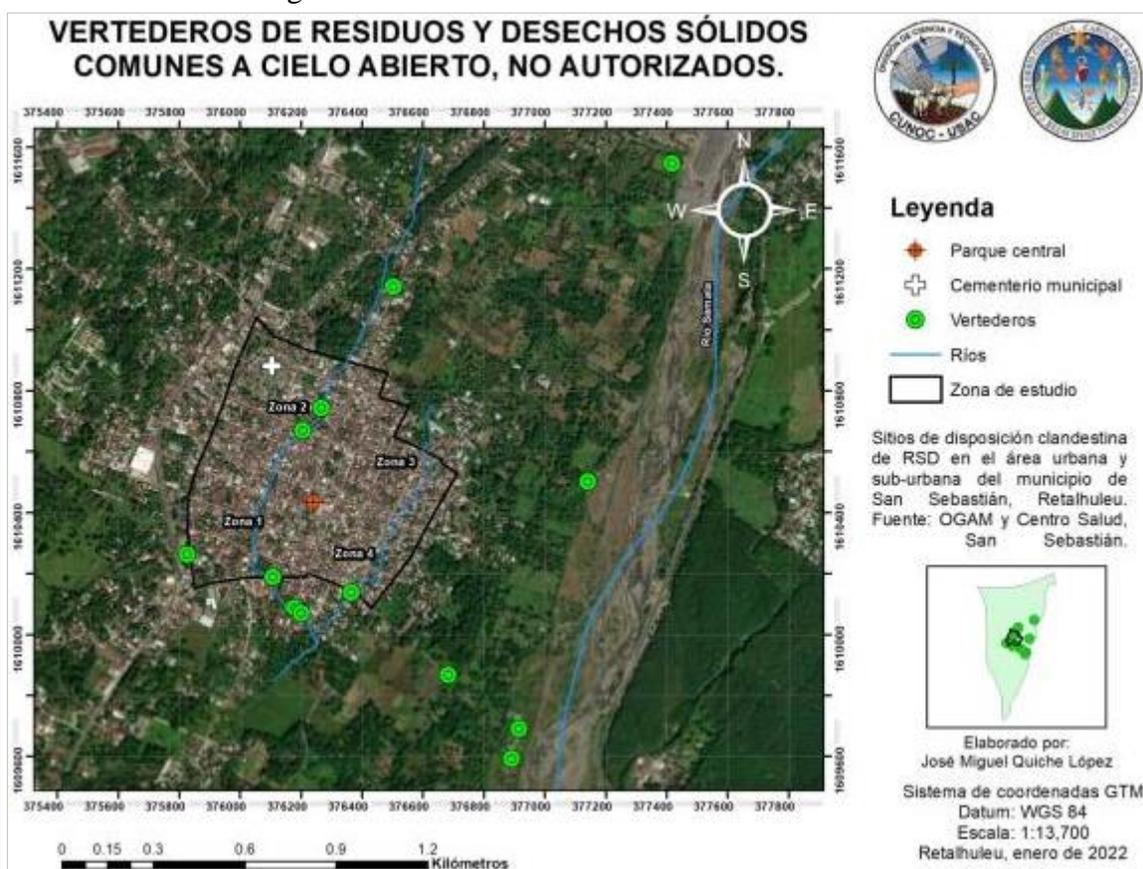
Figura 13. Formas de eliminación de los residuos y desechos sólidos



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Como se muestra en la gráfica anterior, el método de eliminación más utilizado por la población, es la de pagar a personas que ofrecen, de manera ilegal, el servicio de recolección de basura. En promedio, por recogida se remunera con cinco quetzales a estas personas, los cuales en su mayoría corresponden a “tricicleros” del área urbana del municipio (ver Anexo 9.12, figura 31). En consecuencia, el municipio registra basureros clandestinos, dispersos en su mayoría en los ríos Ixpátz y Cachél que a traviesan el área urbana del municipio. Los más importantes se encuentran ubicados en la ribera del río Samalá.

Figura 14. Distribución de basureros clandestinos



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de la OGAM y Centro Salud, 2022.

De la población que cuenta con el servicio de Tren de aseo municipal, el 61% de los usuarios que no son atendidos cuando el servicio se suspende temporalmente, optan por acumular los residuos y desechos sólidos para el siguiente día de recolección. El 8% menciona que al ser volúmenes pequeños de basura, prefiere quemar los residuos y desechos sólidos. Es imprescindible mencionar que, existe un considerable número de usuarios que promueve la dispersión clandestina de los residuos y desechos sólidos, ya que el 31% indica que remunera económicamente a personas no autorizadas para deshacerse de sus residuos y desechos cuando el camión recolector no realiza la ruta. De modo que, cuando el servicio de recolección no está en funcionamiento, no se garantiza que la población que cuenta con el servicio, haga una disposición final adecuada de los mismos.

4.3. Discusión de resultados

De las 4.12 toneladas de residuos y desechos sólidos que se generan diariamente en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu, los de tipo orgánico (restos de alimento y de jardín) representan más de la mitad de la composición física con un 58%, debido a que de las propiedades físicas que estos presentan (humedad, peso específico, granulometría, entre otros), se consideró únicamente el peso (kilogramos) para determinar el indicador. Y estos residuos, como indica (Rivera F. J., 2015), comúnmente presentan un alto porcentaje de humedad, el cual incorpora más peso por el agua que estos contienen.

En cuanto al 10% de los residuos generados con valor potencial de ser reciclados, la baja recolección de estos se debe principalmente a que la población realiza de manera informal, el acopio de algunos de estos, ya que tienen conocimiento sobre el valor comercial que algunos elementos representan en el mercado. Siendo en su mayoría, con un 83% de representatividad, las latas con mayor valor económico para la población. El resto de productos como los plásticos rígidos, PET, papel y cartón, ocasionalmente, representan un valor energético para la población, pues son utilizados como material combustible. En consecuencia, los residuos aprovechables son poco representativos dentro de los residuos y desechos que se generan diariamente en el área urbana del municipio.

En el aspecto administrativo, la falta de interés político y prioridad al tema de los residuos y desechos sólidos, así como la falta de capacidad técnica, la ausencia de infraestructura y el uso de herramientas de trabajo rudimentarios, el equipo inadecuado de protección para el personal de recolección; son factores clave que desafían el escenario para abordar un sistema adecuado para la gestión de los residuos y desechos sólidos en el municipio.

En cuanto a los aspectos operativos, cabe señalar que actualmente no existe un procedimiento establecido para la separación diferenciada de todos los residuos y desechos sólidos que se generan en el municipio. Al no contar con un plan de manejo, se desperdicia el potencial de aprovechamiento de los residuos para generar ingresos mediante la producción y venta de compost, así como el resto de residuos que pueden ser comercializados a empresas de reciclaje con el propósito de cubrir parcialmente los costos de operación del sistema y minimizar los impactos realizados por el manejo actual.

Para el transporte de los residuos y desechos municipales, la poca optimización en el diseño de las rutas de recolección y el extenso recorrido realizado para transportar los residuos y desechos sólidos hasta el sitio de disposición final, son factores que tienen repercusiones en los costos, la eficiencia y la cobertura del servicio de recolección. Entre los aspectos a considerar para estos elementos es que, la dispersión de las fuentes generadoras (usuarios), la falta de ordenamiento territorial en la zona de estudio y la localización geográfica del sitio de disposición final, produce mayores extensiones de superficie, desplazamiento lento del vehículo recolector y la reiteración en la ruta de recolección.

En relación al origen de la reducida cobertura en la recolección de los residuos y desechos sólidos domiciliarios, se destaca principalmente la escasa participación comunitaria, vinculado, entre otros factores, a la reducida disposición vecinal a realizar los trámites correspondientes para incorporarse al servicio público. La perspectiva inmediata de esta población, respecto al servicio municipal, sugiere una complejidad en los trámites administrativos necesarios para integrarse al sistema, incluso sin previo conocimiento del proceso. De acuerdo al informe del BID, *El fin del trámite eterno*, las personas con un nivel de escolaridad baja, evitan con más frecuencia realizar gestiones públicas, lo que incita a considerar a este enunciado como una de las posibles causas a la renuente incorporación al servicio público. Este fenómeno, sumado a la conflictividad entre algunos usuarios y la administración pública por falta de monitoreo y control en la prestación del servicio, son factores que influyen en gran medida en la población a optar por otras alternativas que, por su simplicidad y alcance inmediato, motiva la presencia de trabajadores informales que prestan el servicio de recolección clandestinamente.

Asimismo, se considera que la carencia de un sistema de información integral y dinámico, que presente a la población las características (precio, ruta, horario, requisitos, entre otros) del servicio municipal de recolección de residuos y desechos sólidos, no ha permitido la monopolización de la oferta y absorción de la demanda hacia el servicio, considerando que, el 72% de la población que no es atendida por el servicio municipal, opta por remunerar económicamente (incluso el doble a la tarifa municipal) a personas particulares no autorizadas, los cuales realizan la disposición final en sitios inadecuados, provocando contaminación en el ambiente y la proliferación de vertederos clandestinos en el municipio.

En general, los impactos de la gestión actual de los residuos y desechos sólidos en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, se reflejan en los niveles bajos de la cobertura de recolección municipal, el aumento de trabajadores informales que prestan el servicio de recolección, altas descargas de residuos y desechos sólidos en sitios no autorizados que alimentan los botaderos ilegales dentro del área urbana y sub-urbana del municipio y, áreas pobladas adyacentes a sitios de disposición final no autorizados y sistemas biológicos contaminados.

5. CONCLUSIONES

- La gestión local para el manejo de los residuos y desechos sólidos domiciliarios en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu, presenta un modelo deficiente derivado de la reducida cobertura de recolección, ya que actualmente no cubre a más del 20% de la población urbana, causando que 3.29 toneladas de residuos y desechos sólidos se dispersen sin control en el ambiente. Si bien parece ser un problema urgente de resolver y que afecta a la mayoría de sectores (gobierno local, sector privado, sociedad civil), la falta de acciones para abordar la problemática, son persistentes en el territorio.
- Uno de los hallazgos sobresalientes en el estudio revela que, la reducida cobertura de recolección, como resultado de, la ineficiencia municipal, escasa participación social y la desinformación e incertidumbre acerca del sistema para el manejo de los residuos y desechos sólidos, fomenta que la población encuentre alternativas para la disposición final de los residuos y desechos, tales como, la quema doméstica y la dispersión de los residuos y desechos sólidos en el territorio a través de recolectores no autorizados.
- Además, los resultados sugieren que los niveles bajos de participación social están influenciados por la percepción inmediata de la población hacia los procesos burocráticos de la administración pública y la ausencia de información disponible, de forma libre y de fácil acceso, que fomente en la población una parte más activa y crítica en temas de salud y medio ambiente. Como indican algunos autores, la eficiencia en la recolección de los residuos y desechos sólidos, depende en gran medida por el nivel de sensibilización y participación de la población respecto al servicio público de aseo.
- Actualmente los costos para el funcionamiento del servicio para el manejo de los residuos y desechos sólidos que realiza el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, son asumidos por el gobierno local, en un 60% por medio de subsidio municipal, lo que hace imperante establecer una cadena de responsabilidad en los actores intervinientes (generador) a través de una normativa y vigilancia. Los costos operativos de recolección, transporte y disposición final, constituyen el componente clave para determinar la sostenibilidad financiera del sistema. Dentro de estos elementos, se identifica a la etapa final, la disposición de los residuos y desechos, como la carga financiera más

significativa, ya que el territorio no cuenta con un sitio propio para la disposición final de los residuos y desechos sólidos, por lo que se asume un costo mensual de quince mil quetzales por concepto de arrendamiento de terreno a la municipalidad de Retalhuleu, para tener acceso al vertedero de ese municipio. Por lo tanto, la falta de planificación, infraestructura y de rentabilidad, crea una barrera para la implementación de un sistema eficiente en la gestión de los residuos y desechos sólidos en el municipio.

- La generación diaria de residuos y desechos sólidos de origen domiciliario calculada para el área urbana del municipio es de 4.12 toneladas diarias. Sin embargo, las proyecciones realizadas indican que, en promedio, el municipio experimentará un aumento del 25% en los próximos 20 años, lo que equivale a un aumento anual de 18.5 toneladas de residuos y desechos. De modo que, la generación de residuos y desechos sólidos se constituye como un indicador importante para dimensionar la escala que deberán tener los distintos servicios para el manejo de estos y prever las dificultades que se encontrarán en los procesos.

6. RECOMENDACIONES

- Para poder elevar el nivel de calidad del servicio de recolección de residuos y desechos sólidos domiciliarios en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, se tienen las siguientes recomendaciones a modo de que la población se interese con el servicio: vestir e identificar adecuadamente al personal de recolección, capacitarlos en las áreas de atención al cliente y específicamente en el trabajo que desempeñan, identificar al vehículo recolector adecuadamente y colocar un número telefónico para la atención a usuarios y posibles interesados en el servicio municipal, difundir las rutas y horarios del servicio de recolección de forma adecuada, así como el cambio o suspensión temporal del servicio, utilizando para ello, las redes sociales.
- La población del municipio requiere de una mayor asistencia informática, a fin de poder conocer e integrarse en el sistema municipal para el manejo de los residuos y desechos sólidos, por lo que se recomienda una estrategia de comunicación directa y fácilmente accesible con el servicio de atención al cliente, utilizando para ello, los medios de comunicación populares para la población; Facebook y Whatsapp.
- Para lograr la sostenibilidad del servicio de Tren de aseo, la recaudación efectiva de las tasas y la participación social, son factores importantes a considerar. De tal manera, se recomienda establecer una cadena de responsabilidad en la población a través de la divulgación del reglamento municipal vinculado al manejo de los residuos y desechos. Asimismo, se sugiere adoptar una estrategia de marketing de costo reducido (precio bajo) sobre el servicio municipal, ya que con ello desestimularía la contratación de informales, haciendo más accesible el servicio al poder adquisitivo de la población, y así, alcanzar una mayor cobertura del servicio.
- Se recomienda intercalar puestos de transferencia a medida que las distancias entre recolección y disposición final se hacen mayores. Con ello, al vehículo recolector se le dará un uso eficiente, posibilitando una mayor cobertura a familias o centros de acopio temporal. La alternativa sería ubicar centros de transferencia o bien, vertederos para la disposición final en áreas próximas. Por otro lado, se sugiere llevar a cabo un sistema de

tratamiento y disposición final de los residuos y desechos sólidos de manera conjunta con el municipio de Retalhuleu por medio de la formación de una Mancomunidad, para reducir los costos de disposición final y evitar la contaminación realizada por el manejo actual.

- A menudo, las autoridades competentes planifican solo para el próximo ciclo anual, por lo que se recomienda considerar los diversos factores que pueden influir en el sistema para el manejo de los residuos y desechos sólidos, incluido el crecimiento de la población y el aumento en la generación de residuos y desechos. Para ello, se debe contemplar las estrategias a largo plazo dentro de los planes de proyectos de residuos y desechos sólidos, incluyendo para ello; la infraestructura, maquinaria, equipo y el personal necesario para satisfacer la demanda creciente de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos y desechos sólidos.
- En el municipio no existen programas de clasificación y reciclaje de los residuos y desechos sólidos desde la fuente generadora. A pesar de ello, un porcentaje alto de la población acopia algunos subproductos, como latas de aluminio, que representan un valor económico en el mercado. De igual manera con los residuos orgánicos, ya que se aprovecha una parte de estos como fuente de alimento para animales de crianza o como abono. Esta proporción, da cuenta de la factibilidad de emprender programas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y la recuperación de materiales con valor comercial. Por lo tanto, se sugiere la implementación de proyectos vinculados a la generación de compost a nivel de hogar y/o municipal y la organización de campañas de reciclaje.

7. PROPUESTA PARA LA GESTIÓN ADECUADA DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN, RETALHULEU.

7.1. Presentación

En Guatemala, el manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos constituye hoy una preocupación de singular importancia por sus impactos directos e indirectos, algunos de ellos irreversibles y permanentes, tanto sobre el medio ambiente como sobre la calidad de vida de la población.

De acuerdo al Código municipal, las municipalidades y la población en general deben considerar la gestión de los residuos y desechos sólidos como un servicio público urgente y esencial, ya que, como se mencionó anteriormente, la deficiencia o inexistencia de este sistema impacta negativamente en el ambiente y en la salud de la población.

Es preciso aclarar que la gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos municipales se logra a través una comprensión clara del contexto actual de la problemática, un enfoque de responsabilidad compartida y resultados graduales. En tal sentido, los resultados obtenidos de la investigación titulada *“Análisis de los residuos y desechos sólidos domiciliarios del área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu”*, constituyen el fundamento base para iniciar la planificación y ejecución de cualquier plan, programa o proyecto vinculado a los residuos y desechos sólidos, ya que permite reflejar los aspectos específicos de la realidad ambiental en torno a la gestión local de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Sebastián, Retalhuleu.

Considerando lo anterior, se formula la presente propuesta que contiene los lineamientos básicos y necesarios para el abordaje de la problemática estudiada, con la finalidad de apoyar la gestión pública del municipio, para desarrollar un manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos originados en el municipio, abarcando las etapas esenciales para su correcta gestión.

7.2. Objetivo

Promover la gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos domiciliarios en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, para mejorar las condiciones ambientales y reducir el riesgo de daños a la salud de los habitantes del municipio.

7.3. Principio normativo y legal

En Guatemala es diverso el marco jurídico y normativo que regula directa o indirectamente la gestión de los residuos y desechos sólidos. De manera general se enuncia el principio y fundamento legal sobre el que la municipalidad debe apoyarse para formular, diseñar y ejecutar los planes, programas y proyectos vinculados al manejo de los residuos y desechos sólidos.

Figura 15. Aspectos normativos y legales para el manejo de los RDS



Fuente: Elaboración propia, 2022.

7.4. Componentes estratégicos de la propuesta

El planteamiento de alternativas de esta propuesta abarca los elementos que son imprescindibles y que no pueden faltar en el sistema, como lo son la recolección, el transporte y la disposición final. Además, se aborda los factores sociales y económicos identificados en la investigación, para así poder definir el modelo de gestión adecuado de residuos y desechos sólidos con respecto a las condiciones actuales.

7.4.1. Aspecto social

7.4.1.1. Participación comunitaria

Para alcanzar los resultados o metas que se planteen, se necesitará de la participación activa de la población. El conocimiento y entendimiento de los componentes y problemas del manejo de los residuos y desechos sólidos por parte de la población, son claves para involucrar y propiciar la participación de estos en las actividades de manejo de los residuos y desechos sólidos. Por ello es necesario promover la educación ambiental a la población.

Para incrementar la participación de la población en el sistema de gestión de los residuos y desechos sólidos, se plantea las siguientes actividades:

Tabla 16. Actividades para la participación social en la gestión de los RDS

Propósito	Actividad	Meta	Responsables
Fomentar la participación y sensibilización comunitaria en los procesos del sistema de gestión de residuos y desechos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> - Campañas publicitarias para la implementación de los principios de las 3 R's y mantenimiento de la limpieza en el municipio. - Educación formal e informal, a través de programas educativos y redes sociales sobre la importancia del manejo de los RDS y su integración al sistema. - Difusión del conjunto de normas generales dirigido a la población, contenidas en el reglamento municipal vinculado al manejo de los RDS, para la conservación 	<ul style="list-style-type: none"> - La población entiende y practica los principios de las 3 R's. - Aumento de la población que es atendida por el servicio de recolección. - La población tiene la visión de una comunidad limpia y saludable. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tren de aseo municipal - Oficina de Gestión Ambiental Municipal - Oficina de Servicios públicos

	<p>del medio ambiente y preservación del ornato municipal.</p> <p>- Apoyo técnico a programas de reciclaje y compostaje a nivel de hogar, explicando los procedimientos necesarios.</p> <p>- Se inicia con un plan piloto a pequeña escala para la implementación del programa de clasificación de los residuos y desechos desde el hogar</p>	<p>- Se disminuye la descarga de residuos y desechos en áreas públicas y la disposición final.</p> <p>- La población adopta el hábito de separar los residuos de acuerdo a la tipología de estos.</p>	
--	---	---	--

Fuente: Elaboración propia, 2022.

7.4.1.2. Estrategia de comunicación y marketing

El establecimiento de canales de comunicación efectivos y permanentes es un elemento esencial en el éxito de los programas de aseo y en su difusión. La siguiente estrategia de comunicación puede ser empleado para lograr la participación e información de la comunidad.

Tabla 17. Matriz para diseño del programa de comunicación

Estrategia	Acciones	Responsables
Plan de comunicación e información, integral y dinámico.	Fomentar la participación ciudadana en la adecuada gestión de los residuos y desechos sólidos domiciliarios a través de la red social Facebook.	<ul style="list-style-type: none"> - Tren de aseo municipal - Oficina de Servicios públicos
	Estimular la discusión y propuestas ciudadanas sobre alternativas para abordar la problemática de los residuos y desechos sólidos.	
	Socializar la frecuencia, rutas, precio y horarios de recolección municipal para que la comunidad presente interés en el servicio.	
	Implementar un medio de comunicación entre población y administración municipal a través de la red social de mensajería instantánea, Whatsapp y número telefónico al cual se pueda dirigir la comunidad para expresar sus inquietudes y pueda ser atendida.	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

7.4.2. Aspectos Técnicos

Las medidas propuestas en este aspecto están asociadas a las etapas que componen el sistema para el manejo de los residuos y desechos sólidos del municipio y en función a los resultados obtenidos en la investigación.

7.4.2.1. Generación

Si se considera la proyección del aumento poblacional en el área urbana del municipio, se tiene que, en dos décadas se estará aumentando en un 25% la generación de residuos y desechos sólidos en el municipio. Es necesario establecer un plan a largo plazo para el manejo de residuos y desechos domiciliarios, orientado en la prevención y minimización de la cantidad de desechos, especialmente aquellos que, por sus propiedades físicas, no permiten ser reincorporados a la economía. Las alternativas que se plantean consisten en:

Tabla 18. Alternativas para la generación de RDS

Medidas	Meta	Acciones	Responsables/involucrados
Minimización en la generación de residuos y desechos sólidos	Reducción de RDS desde la fuente	- Campañas de sensibilización para la reducción en el uso de desechos (bolsas plásticas, duroport, entre otros). - Promover la disminución de la generación de desechos a través de la técnica de las 3R's.	Municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu Consejos Comunitarios
	Reutilización de productos	- Incentivar el uso de productos con tiempo de vida más largo. - Promover la reducción de la compra de productos desechables	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
Recuperación de materiales	Procesos de reciclaje creados	- Capacitaciones de clasificación de los RDS. - Fomento de clasificación de los RDS desde el hogar. - Apoyar e incentivar el comercio de residuos reciclables por medio de campañas.	Universidades, escuelas, colegios Empresas privadas

		- Apertura de centros de acopio.	
	Aprovechamiento de los residuos orgánicos	- Creación de programas para realización de compostaje. - Capacitación en compostaje para sectores de la población. - Apertura de planta de compostaje.	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

7.4.2.2. Almacenamiento

En lo que respecta al manejo domiciliario, la responsabilidad recae en los usuarios del servicio. Sin embargo, la municipalidad deberá regular los siguientes aspectos:

- Tipo y número de recipientes permitidos
- Lugar de colocación
- Horarios y días de recolección
- Almacenamiento diferenciado de acuerdo a la tipología; Orgánico, aprovechables y no aprovechables
- Prohibiciones y sanciones

El almacenamiento de los residuos debe normarse por el municipio. Se debe especificar la cantidad permitida de recipientes por recogida y el tipo de recipiente. Es por ello que, en base a los resultados de la investigación, el escenario que se plantea es generalizar el uso de bolsas de polietileno de 0.7m x 0.5m, con un número máximo permitido de 3 bolsas (verde, blanco, negro). La finalidad de este componente es proteger la salud pública y para facilitar el servicio de recolección.

7.4.2.3. Clasificación

Se debe implementar el sistema de recolección diferenciado. Para ello, se propone establecer como base la clasificación desde el hogar, en tres categorías: a) Residuos orgánicos: Restos de comida, restos de jardín. b) Residuos aprovechables: Plástico PET, papel, cartón, vidrio, papel, material ferroso. Y, c) Residuos y desechos no aprovechables: desechos sanitarios, plásticos descartables, duroport y el resto de material sin valor comercial.

Figura 16. Clasificación de los residuos y desechos domiciliarios



Fuente: Fundación Crecer Guatemala, 2022.

En base a lo anterior, se plantea el siguiente programa de segregación de residuos y desechos domiciliarios desde la fuente.

Tabla 19. Estrategia para la separación de RDS desde el hogar

Programa de segregación desde la fuente generadora	
Objetivo: fomentar la separación de los residuos susceptibles de aprovechamiento y valorizables económicamente, desde las fuentes generadoras.	
Base legal: Acuerdo gubernativo 164-2021 “Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes”	
Situación actual: En el área urbana del municipio se generan aproximadamente 4.12 toneladas diarias de residuos y desechos, de los cuales más de la mitad son susceptibles de aprovechamiento ya que el 58% está compuesto de materia orgánica y el 10% es valorizable para reciclaje.	
Identificación de fuentes de generación: Para efectos de este programa, se ha considerado como grupo objetivo a la población del área urbana de San Sebastián, Retalhuleu.	
Estrategia	Descripción
Sensibilización	El proceso de sensibilización y difusión del plan se llevará a cabo mediante el uso de material informativo (trifoleares, volantes), medios de comunicación radiales y especialmente en la red social Facebook. Además el uso de kit de perifoneo en puntos estratégicos y principales calles del municipio; con el objetivo de difundir la implementación e importancia del programa.

Segregación desde la fuente	<p>En esta etapa los residuos sólidos domiciliarios serán segregados y almacenados de acuerdo al tipo de residuo generado, para lo cual se establece la siguiente clasificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aprovechables: Restos de comida, restos de jardín. - Recuperables: Plástico PET, papel, cartón, vidrio, papel, material ferroso. - No aprovechables: desechos sanitarios, plásticos descartables, duroport, y el resto de material sin valor comercial.
Recolección Selectiva	<p>La etapa de recolección de los residuos y desechos sólidos será realizada directamente por la municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu, a través de la oficina de Tren de aseo municipal, por medio del vehículo equipado con separadores.</p> <p>La recolección será realizada de manera manual en las viviendas, con una frecuencia de 2 veces por semana y/o según la necesidad que lo amerite.</p>
Transferencia	<p>Para la etapa de transferencia se necesitará de un centro de acopio o planta de tratamiento municipal. Para ello se construirá la infraestructura, acondicionada con las estructuras donde se clasificarán los residuos de acuerdo a la categoría de estos y el área para compostar los residuos orgánicos.</p>
Comercialización	<p>En base a los resultados obtenidos en el Estudio de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos del municipio, se tomará como referencia el porcentaje de la composición de residuos aprovechables y recuperables (papel, cartón, vidrio, PET, metales) y los precios del mercado para realizar una estimación económica del valor de venta de los productos.</p> <p>Asimismo, se esperará comercializar los residuos sólidos reciclados una vez por mes, contactando a un comprador previamente. Y la venta de abono a partir de los residuos orgánicos, se comercializará con agricultores del municipio.</p>

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Promover la clasificación desde el origen propicia una mejor calidad en la recuperación de los materiales. Sin embargo, se debe considerar que un programa de separación en los hogares nunca será 100% perfecto, por lo que el trabajo a realizar por la población, deberá ser complementado en centros de acopio o planta de tratamiento de residuos y desechos, para la separación y recuperación final de los materiales.

Un referente nacional es la gestión que realiza la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, en conjunto con la Mancomunidad de la cuenca del río Naranjo –MANCUERNA-.

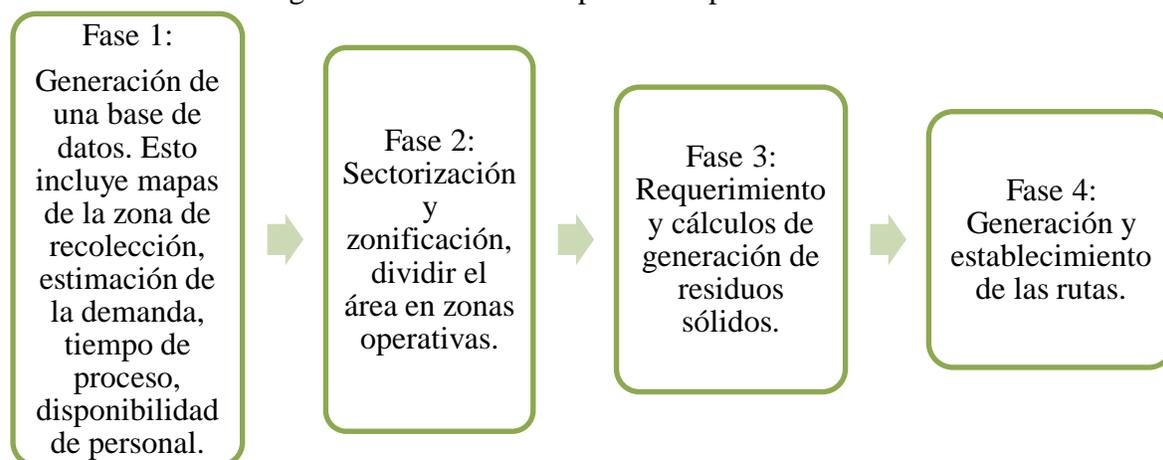
7.4.2.4. Recolección y transporte

Actualmente se opera un sistema deficiente por lo que es necesario optimizar el sistema de recolección para reducir costos y mejorar la calidad y cobertura del servicio. De acuerdo a los resultados de la investigación, la mejora del servicio de recolección involucra el análisis y el incremento en la eficiencia de los siguientes elementos:

- Diseño de las rutas
- Nivel de cobertura
- Tiempo requerido para la recolección y el transporte de los residuos
- Uso de equipo de protección del personal de recolección
- Capacitación al personal de recolección

Para la recolección de residuos sólidos dentro del municipio se plante el siguiente esquema para la planificación y organización de la recolección de los residuos y desechos sólidos en las calles del municipio.

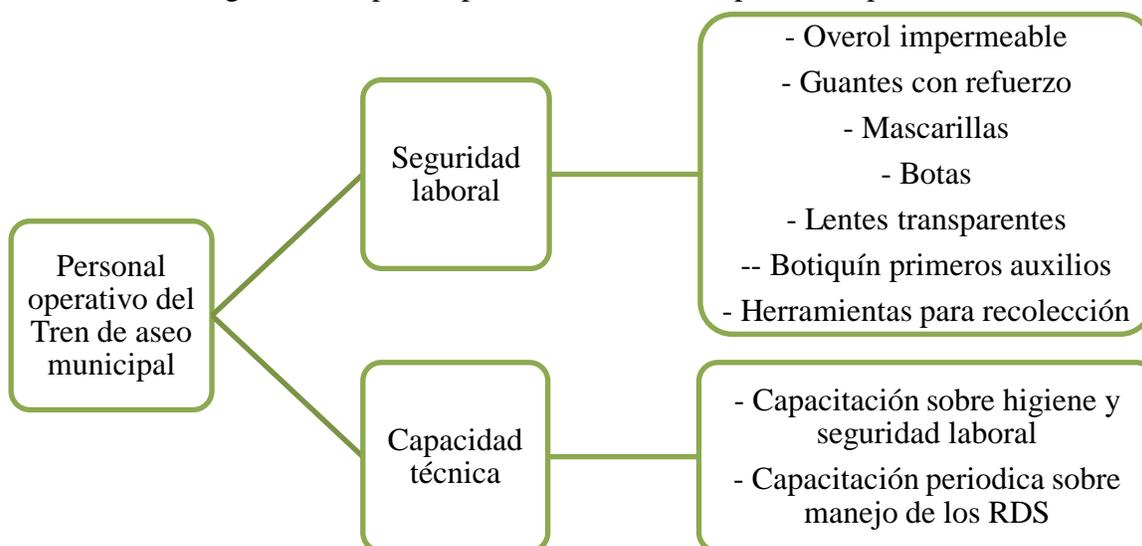
Figura 17. Planificación para la etapa de recolección



Fuente: Elaboración propia, 2022.

De acuerdo a los resultados de la investigación, el servicio de Tren de aseo municipal realiza una recolección manual de los residuos y desechos sólidos del municipio. Por lo tanto, se sugiere abordar los siguientes aspectos para mejorar la eficiencia del personal de recolección:

Figura 18. Aspectos para la eficiencia del personal operativo



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Los resultados o metas esperados de mejorar la eficiencia en la etapa de recolección y transporte, es la de proporcionar un nivel de servicio apropiado, cumplir con las condiciones de seguridad y de salud ocupacional, optimizar el diseño de las rutas de recolección y operar un servicio con una reducción en los costos.

7.4.2.5. Tratamiento y disposición final

A partir de los resultados del indicador de la composición física de los residuos y desechos sólidos generados en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, se plantea la siguiente alternativa para abordar la etapa final del manejo de los residuos y desechos sólidos.

“Reciclaje, Compost y Relleno Sanitario”

La municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu, construirá y operará una planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos, la cual permitirá aprovechar los subproductos con valor comercial. La planta será diseñada para un período de 20 años y deberá tener las dimensiones necesarias para acopiar un máximo de 10 toneladas al día. Esto derivado de las 4.12 toneladas diarias de residuos y desechos sólidos domiciliarios que serán tratados al inicio del proyecto, y con un aumento de 0.05 toneladas anuales.

Cuando los residuos y desechos sólidos ingresen a la planta, el proceso de tratamiento será el siguiente:

Tabla 20. Proceso para el tratamiento de los residuos y desechos sólidos

Proceso	Descripción	Resultado
Clasificación y reciclaje	La clasificación se realizará manualmente y se obtendrán de los productos con valor económico (latas, vidrio, PET, Papel y cartón)	0.41 toneladas de material reciclable
Compost	De los residuos orgánicos se procederá a generar compost, por medio de un proceso aerobio. El proceso será supervisado y controlado de manera constante para la visualización y modificación de las variables que intervienen en la producción del compost.	2.39 toneladas de materia orgánica para compostar
Disposición final	La disposición final corresponderá a los residuos y desechos no utilizados en ninguno de los procesos anteriores, los cuales serán compactados manual o mecánicamente en el relleno sanitario.	Reducción del 65% de residuos y desechos para la disposición final

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Debido a que los materiales con valor potencial de ser reciclados representan el 10% de los residuos y desechos generados diariamente en el municipio de San Sebastián, Retalhuleu, se recomienda realizar un estudio de costo-beneficio del sistema propuesto y comenzar a pequeña escala, a través de proyectos piloto para analizar el costo del sistema y el valor de los materiales reciclados, antes de realizar grandes inversiones o aprobar regulaciones municipales sobre reciclaje.

En cuanto al relleno sanitario, el área requerida para disponer los residuos y desechos sólidos, será de 4,336 m² considerando un aprovechamiento previo. Y de 13,550 m² sin aprovechamiento alguno (Anexo 9.13) y con una profundidad de 2.5 metros.

Para esta etapa del sistema, se propone desarrollar el manejo en conjunto con la municipalidad de Retalhuleu (y posible integración de otros municipios de la región) por medio de la formación de una Mancomunidad, el cual de acuerdo al Código Municipal se define como una “asociación de Municipios constituida para la formulación común de políticas públicas municipales, planes, programas y proyectos, la ejecución de obras y la prestación eficiente de servicios de sus competencias”. La finalidad de este manejo Mancomunado es la de reducir los costos de la disposición final y facilitar la posibilidad de encontrar un sitio adecuado para llevar a cabo el proyecto.

7.4.3. Aspecto económico

7.4.3.1. Presupuesto (orientativo)

La demanda actual del servicio para el manejo de los residuos y desechos sólidos domiciliarios en el área urbana del municipio, es de 9,799 habitantes, distribuidos en 1,960 inmuebles. La oferta actual es de 1,955 habitantes distribuidos en 391 viviendas. Por lo que la oferta actual cubre únicamente el 19.95% de la demanda.

La propuesta para el manejo de los residuos y desechos sólidos comprende la prestación del servicio de recolección en el área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu, con una cobertura del 100%.

Tabla 21. Costo para el manejo de los residuos y desechos sólidos

Actividad	Concepto	Costo estimado mensual	% respecto al total	Interpretación
Gasto administrativo	Salario (encargados)	Q.7,597	18.50%	Costo fijo
Recolección	Salario (conductor y recolectores)	Q.12,643	30.78%	Costo fijo
Transporte	Combustible y mantenimiento	Q.5,833	14.20%	Costo variable
Disposición final	Arrendamiento de terreno	Q.15,000	36.52%	Costo fijo
Total (19.95% de cobertura actual)		Q.41,073	100%	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Actualmente el servicio de recolección cubre aproximadamente la totalidad del área urbana, derivado de la dispersión en los puntos de recolección, provocando así, la reiteración en las rutas de recolección y abarcando mayor extensión de superficie (ver Anexos 9.11). De esta manera, se produce un escenario donde la población que no es atendida con el servicio municipal, cuenta con más posibilidad de integrarse al sistema.

De acuerdo a la Tabla 21, el aumento en la cobertura no supone un incremento en los costos denominados como “costos fijos”. Sin embargo, se considera un posible aumento en la frecuencia de recolección actual, es decir, 2 veces al día, de modo que, se plantea un incremento del 100% en el costo vinculado a la etapa de transporte. Por lo tanto, el costo estimado para la cobertura del 100% de la población, asciende a Q.46,906 mensual y Q.553,152 anual.

7.4.3.2. Financiamiento (orientativo)

El sistema para el manejo de los residuos y desechos sólidos debe ser sostenible financieramente. Para ello se sugiere considerar lo siguiente:

1. Reajustar la tarifa de cobro para los residuos y desechos sólidos de origen domiciliario. El cálculo puede ser en función al costo de operación, transporte, tratamiento y disposición final.
2. Idealmente, aumentar la cobertura de recolección a un 100% de la población, de tal manera que los usuarios se conviertan en la fuente de financiación del proyecto hasta alcanzar la sostenibilidad económica.
3. Generar ingresos económicos derivados de la venta del material reciclado y producción de abonos, como parte del aprovechamiento de los residuos y desechos recolectados.

Considerando los incisos anteriores, 1 y 2, se plantea el incremento de Q.5 en la tarifa actual, cada 5 años, cubriendo al 100% de la población del área urbana del municipio. Los ingresos estimados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 22. Plan tarifario para el manejo de los RDS domiciliarios

Año	Tarifa	Viviendas beneficiadas* (Cobertura del 100%)	Ingresos mensuales	Ingresos anuales
2,021	Q.20	1,960	Q.39,200	Q.470,400
2,026	Q.25	2,098	Q.52,450	Q.629,400
2,031	Q.30	2,224	Q.66,720	Q.800,640
2,036	Q.35	2,338	Q.81,830	Q.981,960
2,041	Q.40	2,443	Q.97,720	Q.1,172,640

*Número de viviendas estimadas de acuerdo a la Proyección del crecimiento poblacional del municipio (Anexo 9.3), con un número promedio de 5 habitantes por vivienda.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

7.4.4. Seguimiento y control

Para realizar el seguimiento de los componentes propuestos para el manejo de los residuos y desechos sólidos, se formulan los siguientes indicadores:

Tabla 23. Indicadores para el seguimiento y control del sistema de gestión de los RDS

Etapa del sistema	Indicador	Descripción
Generación	- Generación per cápita de residuos y desechos sólidos domiciliarios.	- Cantidad total de residuos y desechos sólidos generados diariamente por tamaño de la población (kg/hab/día).
Recolección	- Frecuencia de recolección. - Cobertura de recolección. - Personal ocupado. - Eficiencia del personal de recolección. - Insumos.	- % de recogida por zonas según ruta de recolección. - % de la población atendida con el servicio - No. de personas dedicadas a la prestación del servicio/ton recolectados. - % del nivel de productividad del servicio. - No. de herramientas utilizados en la actividad de recolección.
Transporte	- Flota en servicio. - Distancia recorrida. - Combustible.	- % de vehículos dedicados a la actividad de transporte de RDS - No. de kilómetros utilizados para el transporte de los RDS - % de combustible utilizado a la semana
Aprovechamiento de residuos	- Tasa de recuperación por tipo de residuo.	- Cantidad de residuos recuperados diariamente según tipo de residuo.
Disposición final	- Tasa de residuos y desechos en relleno sanitario.	- Cantidad de RDS dispuestos diariamente en el relleno sanitario.
Costos	- Ingresos y egresos del servicio.	- Promedio mensual percibido y derogado por operación del sistema

Fuente: Elaboración propia, 2022.

7.4.5. Cronograma de ejecución

El siguiente cronograma muestra los elementos de la propuesta para el manejo de los residuos y desechos sólidos domiciliarios, indicando el periodo de tiempo en el que se implementarán los diversos componentes de la propuesta. Es preciso mencionar que, la gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos requiere un proceso con alto nivel de participación de la población, voluntad política, planificación y tiempo. La duración de esta propuesta se formula para un periodo a largo plazo.

Tabla 24. Cronograma de ejecución

Componente	Etapa	Periodo de tiempo en años											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aspecto social	Participación comunitaria	■	■										
	Estrategia de comunicación y marketing	■	■	■									
Aspecto técnico	Generación				■	■	■						
	Almacenamiento				■	■	■						
	Clasificación				■	■	■						
	Recolección y transporte						■	■	■	■			
	Tratamiento										■	■	■
	Disposición final										■	■	■
Aspecto económico	Presupuesto	■											
	Financiamiento		■										
Seguimiento y control	Indicadores				■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Elaboración propia, 2022.

7.4.6. Responsables de la ejecución

La Comisión Municipal de Ambiente y Recursos Naturales de la municipalidad en coordinación con las dependencias municipales; Tren de aseo, Oficina de gestión ambiental y Servicios públicos, son los principales responsables de implementar las acciones propuestas para la gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos del municipio de San Sebastián, Retalhuleu.

8. BIBLIOGRAFIA

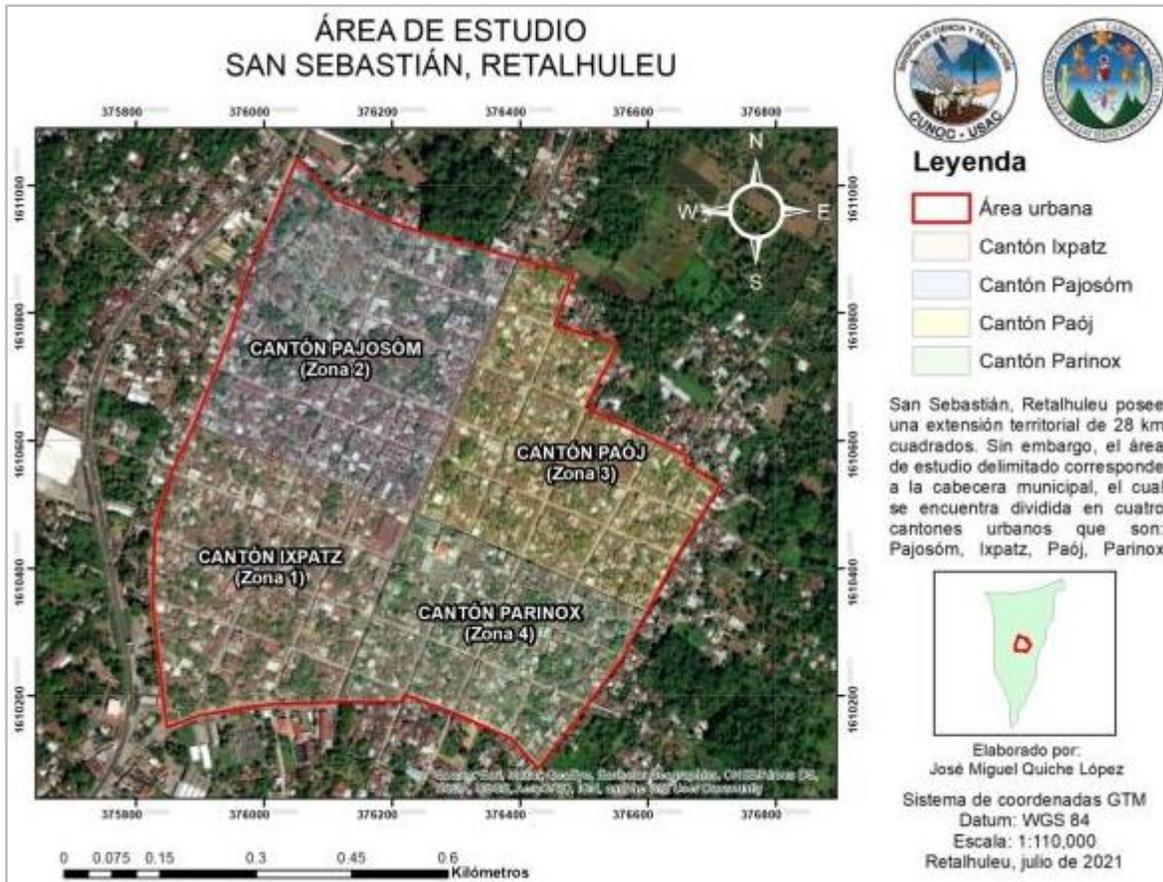
- Avelar, P. A., Maldonado Flores, C. R., & Vásquez Chávez, A. E. (2013). *El manejo de los desechos sólidos en el municipio de Quezaltepeque, departamento de La Libertad*. San Salvador, El Salvador.
- Aguirre, L. V. (2000). *Estrategias de Concientización ante el Impacto Ambiental de los Desechos Sólidos (Basura) en el Área Metropolitana de la Ciudad de Guatemala*. Guatemala. Consultado en Junio de 2020, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/15/15_1121.pdf
- Arenales, J. W. (2013). *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango*. Guatemala. Consultado en Junio de 2020, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/02/02_3688.pdf
- Bustos Flores, C. (2008, 12 5). *La problemática de los desechos sólidos*. Consultado en Junio de 2020, de <https://www.redalyc.org/html/1956/195614958006/>
- Castro Gómez, A. (2018). *¿Qué es un residuo Sólido?* Consultado en Junio de 2020, de <https://bazero.jimdo.com/conceptos/residuos-s%C3%B3lidos-o-basura/>
- Chay, E. J. (2010). *Evaluación y propuesta de mejora de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el municipio de Palencia, departamento de Guatemala*. Guatemala.
- Córdova, V. M. (2017). *Modelo de gestión integral del manejo de los desechos y residuos sólidos del casco urbano del municipio de san andrés semetabaj, sololá*. Mazatenango, Guatemala.
- Duarte, D. A. (2004). *Propuesta de un plan de recolección de desechos sólidos y aseo urbano en el municipio de Esquipulas, Chiquimula*. Guatemala. Consultado en Julio de 2020, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1274_IN.pdf
- Esteban, G. L. (2018). *Manejo de los residuos y desechos sólidos generados en la zona 2 del municipio de Chimaltenango, departamento de Chimaltenango*. Suchitepéquez: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Gordon, J. A. (2018). *Manejo de residuos y desechos sólidos generados en comunidad “La Reina”, aldea El Rodeo, Escuintla*. Suchitepéquez: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hernández, H. W. (2010). *Propuesta de un programa para el manejo de los desechos sólidos, generados en el área urbana del municipio de Retalhuleu, Departamento de Retalhuleu*. Retalhuleu, Guatemala.
- INE (2018). *Instituto Nacional de Estadística*. Consultado en Julio de 2021, de <https://www.ine.gob.gt/ine/>

- Instituto Nacional de Ecología (2001). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales*. Consultado de books.google.com.gt/books?id=ef_uBveOB5IC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- MARN (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes* (Primera edición ed.). Guatemala: Artes Litográficas, S. A.
- MARN (2018). *Guía para la Identificación Gráfica de los Residuos Sólidos Comunes* (Primera Edición, 2018 ed.). Guatemala, Guatemala.
- Ojeda, Lozano, & Quintero. (2018). *Inadecuado uso de residuos sólidos y su impacto en la contaminación ambiental*. Consultado en Junio de 2020, de <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/2202/2089>
- Olguín, G. S. (2017). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos en los municipios de de Actopan, San Salvador y el Arenal del Estado de Hidalgo*. Hidalgo, México.
- ONU (2018). Programa para la reducción de la deforestación y degradación de bosques.
- ONU (1992). *Conferencia mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo*. Consultado en Junio de 2020, de https://www.un.org/esa/dsd/dsd/dsd_faqs_csd.shtml
- Osorto, R. J. (2012). *Modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pinula*. Guatemala, Guatemala.
- Quich, G. V. (2017). *Sistematización de manejo de los desechos y residuos sólidos, en la planta tratamiento de desechos sólidos, en el IRTRA, en el municipio de San Martín Zapotitlán, del departamento de Retalhuleu*. Retalhuleu, Guatemala.
- Rivera, F. J. (2015). *Análisis del manejo de residuos sólidos en el metamercado municipal de Coatepeque, Quetzaltenango y propuesta para su manejo integral*. Quetzaltenango, Guatemala.
- Rodas, I. M. (2015). *Gestión de residuos sólidos domiciliarios en San Andrés Itzapa municipio de Sacatepéquez*. Sacatepéquez, Guatemala.
- Sáez, A., & Urdaneta G., J. A. (2019). *Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Omnia*. Consultado en Junio de 2022, en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=73737091009>
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mexico : McGraw Hill.
- Sosa, D. E. (2019). *Evaluación del sistema de manejo de residuos sólidos en la aldea Tzununá, Santa Cruz la Laguna, Sololá y propuesta de participación social en los procesos de manejo de residuos sólidos*. Quetzaltenango, Guatemala.
- Umaña , G., Laroj , J., Salazar Ortiz, C., Cáceres , M., & Bessalel , M. (2003). *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales, enfoque: Centroamérica*.

9. ANEXO

9.1. Área de estudio delimitado.

Figura 19. Área urbana del municipio de San Sebastián, Retalhuleu



Fuente: Elaboración propia, 2022.

9.2. Inventario de Generación Per-cápita de residuos y desechos sólidos.

No. Muestra/vivienda	No. Habitantes por vivienda	Peso de los residuos (lb) en la vivienda	Generación per-cápita (kg/hab/día)	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41, 42, 43...				
...101				
Peso total recolectado				

Fuente: Elaboración propia, 2022.

9.3. Proyección del crecimiento poblacional de San Sebastián, Retalhuleu.

Año	Población guatemalteca*	Tasa de crecimiento en relación al año anterior %	Población de San Sebastián, Retalhuleu	San Sebastián (área urbana)	San Sebastián (área rural)
2018	16,346,950	1.6132607482	29,167	9,362	19,805
2019	16,604,026	1.5726236393	29,626	9,509	20,116
2020	16,858,333	1.5315984208	30,079	9,655	20,425
2021	17,109,746	1.4913277606	30,528	9,799	20,729
2022	17,357,886	1.4502845337	30,971	9,941	21,030
2023	17,602,431	1.4088409153	31,407	10,081	21,326
2024	17,843,132	1.3674304419	31,837	10,219	21,618
2025	18,079,810	1.3264375335	32,259	10,354	21,904
2026	18,312,373	1.2863132964	32,674	10,488	22,186
2027	18,540,770	1.2472277623	33,081	10,618	22,463
2028	18,764,984	1.2093025263	33,481	10,747	22,735
2029	18,985,066	1.1728334008	33,874	10,873	23,001
2030	19,201,062	1.1377152969	34,259	10,997	23,263
2031	19,413,049	1.1040378912	34,638	11,118	23,520
2032	19,621,108	1.0717481834	35,009	11,237	23,772
2033	19,825,325	1.0408025887	35,373	11,354	24,019
2034	20,025,745	1.0109292029	35,731	11,469	24,262
2035	20,222,438	0.9822006622	36,082	11,582	24,500
2036	20,415,445	0.9544200358	36,426	11,692	24,734
2037	20,604,788	0.9274497813	36,764	11,800	24,964
2038	20,790,470	0.9011594781	37,095	11,907	25,189
2039	20,972,450	0.8753048873	37,420	12,011	25,409
2040	21,150,662	0.8497433538	37,738	12,113	25,625
2041	21,325,024	0.8243808161	38,049	12,213	25,836

*Estimaciones y proyecciones nacionales de población, INE 2018.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del XII Censo poblacional 2018.

9.4. Boleta para la prueba de composición física.

Municipio: _____		Departamento: _____		
Fecha: _____		Hora del análisis: _____		
Peso de la muestra (total): _____ (kg)		Tara del recipiente: _____ (kg)		
Responsable del análisis: _____				
CLASIFICACIÓN RESIDUOS Y DESECHOS POR CATEGORÍAS				
Categoría	Tipo de residuo y desecho	Descripción	Peso (kg/día)	Porcentaje (%)
Aprovechable	Orgánico	Residuos de alimentos, residuos de jardinería		
Recuperable	Papel y cartón	Papel, cartón, periódico, envases de cartón		
	Vidrio	Vidrio de color, vidrio transparente		
	Material ferroso y no ferroso	Lata, lata de aluminio		
	PET	Envases PET		
No recuperable	Plástico	Plástico película, plástico rígido, poliuretano, poliestireno expandido		
	Varios	Loza y cerámica, hule, tetrapack, cuero, trapo, fibra sintética, residuo fino		
	Desechos sanitarios	Papel sanitario, pañal desechable		
	Peligrosos	Baterías y aceites, focos y lámparas, pinturas y solventes, insecticidas y productos de limpieza, medicamentos caducos, jeringas, rastrillos, gasas y algodones, material de diálisis		
Semana 1/4	Muestra total			

Fuente: Elaboración propia, a partir de la Guía para elaborar Estudios de Caracterización de residuos comunes, MARN, 2022.

9.5. Boleta para la determinación de la Densidad de los residuos y desechos sólidos.

Municipio: _____	Departamento: _____
Fecha: _____	Hora del análisis: _____
Peso de la muestra: _____(kg)	Tara del recipiente: _____(kg)
Capacidad del recipiente: _____ (m ³)	
Tara del recipiente: _____ (kg)	
Capacidad del recipiente tomada para la determinación: _____ (m ³)	
Peso bruto (peso del recipiente con los residuos): _____ (kg)	
Peso neto de los residuos (peso bruto - tara): _____ (kg)	
Peso volumétrico “in situ” de los residuos: _____ (kg/ m³)	
Responsable de la determinación:	
Nombre:	

Cargo:	

Dependencia/institución:	

Observaciones:	

Fuente: Guía para elaborar Estudios de Caracterización de residuos sólidos comunes, MARN, 2022.

9.6. Boleta para la entrevista a población del área urbana.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



**Boleta de encuesta manejo de residuos y desechos sólidos en el área urbana de la
cabecera municipal de San Sebastián, Retalhuleu.**

Fecha de encuesta: _____ Hora: _____ Vivienda No. (1 al 101): _____

Coordenadas de ubicación: _____

Dirección: número de casa: _____ Calle y/o avenida: _____ zona: _____

Cantón: _____ No. de habitantes en la vivienda: _____

1. ¿Utiliza usted el servicio de recolección de basura?

Sí No

Si lo utiliza, ¿Cuánto paga?: _____ ¿A cada cuánto paga?: _____

Si no lo utiliza, ¿Qué manejo le da a su basura?

La entierra La tira a la calle La tira en terreno baldío La quema

La tira a ríos Otros (especifique): _____

2. ¿Está usted de acuerdo con el cobro por el servicio de recolección?

Sí No

¿Por qué?:

3. ¿Usted realiza algún tipo de separación de su basura, Ej., en orgánicos e inorgánicos?

Sí No

Explique:

4. ¿Reutiliza algo de la basura, por ejemplo botes para hacer macetas, cartones de huevos para algún trabajo manual, etc., cuáles (tipo), en qué los reutiliza o para qué los reutiliza?

Explique:

5. Reciclaje: ¿Vende algo de lo que saca a la basura (ejemplo: las latas, el papel, etc): cuáles recicla, a donde lleva las cosas que recicla?

Explique:

6. ¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar su basura?

Bolsa plástica Costal Caja de cartón/plástico

Otro, indique: _____

7. ¿Con que frecuencia recogen su basura?

1 por semana 2 por semana 3 por semana

Otro, indique: _____

8. ¿Qué hace con la basura si no pasa el camión?

Acumula Quema Entierra Tira (dónde) _____

Otro, indique: _____

9. ¿Qué opina del servicio de recolección?

Bueno Regular Malo

10. ¿Sabe qué hacen con la basura después que la recogen en su casa?

Explique:

11. ¿Permitiría recolectar muestra de residuos y desechos sólidos en su hogar?

SÍ No

Fuente: Elaboración propia, 2022.

9.7. Boleta para la entrevista a funcionarios públicos.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL**



**Manejo de los residuos y desechos sólidos, Municipalidad de San Sebastián,
Retalhuleu.**

Nombre: _____ **fecha** _____

Cargo o labor: _____

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

1. ¿Quién es la entidad encargada de la gestión de residuos y desechos sólidos en el área urbana del municipio?

Municipalidad Sector privado Mixto

Otro (especifique): _____

2. ¿Se cuenta con una unidad técnica encargada del tema de la gestión de los residuos y desechos sólidos?

Sí No

3. ¿Cuál la tarifa del servicio? _____

El cobro se realiza por: Mes Semana Días

4. ¿Cubre los gastos operativos?

Sí No

5. ¿Se cuenta con un presupuesto para el funcionamiento del servicio?

Sí No

6. ¿Existe un registro de usuarios del servicio de recolección de los residuos y desechos sólidos?

Sí

No

7. ¿Se cuenta con planes, programas, políticas, reglamentos o proyectos para el manejo de los residuos y desechos sólidos?

Sí

No

Explique / ¿Por qué?:

ASPECTOS TÉCNICOS/OPERATIVOS

Recolección y Transporte

8. ¿Qué fases abarca el proceso del modelo actual de gestión de los residuos y desechos sólidos que realizan?

Recolección

Transporte

Selección

Tratamiento

Reciclaje

Disposición final

Otros (indique): _____

9. ¿Existe separación de los residuos y desechos sólidos desde el hogar?

Sí

No

10. ¿Las rutas de la recolección obedecen a un diseño o fueron trazadas al azar?

Sí

No

11. ¿Con qué frecuencia son recolectados los residuos y desechos sólidos en el área urbana (días)?

12. ¿En qué horarios son recolectados los residuos y desechos sólidos?

Mañana Tarde Noche

13. ¿Qué porcentaje de la población es atendida por las rutas de recolección?

100% 70-90 % 50-70 % Menos del 50%

14. ¿Cuántas toneladas de residuos y desechos sólidos son recolectadas al día?

15. ¿Con cuántos vehículos se disponen para la recolección de los residuos y desechos, y de qué tipo son (camiones, pick-up, carretas, triciclos, etc.)?

16. ¿Cuántas personas laboran por camión o flota de recolección?

Separación, reciclaje, compostaje

17. ¿Se realiza algún sistema de selección, reciclaje y tratamiento a los residuos y desechos que son recolectados?

Sí. ¿Cómo se realiza?

No. ¿Por qué?

18. ¿Con qué herramientas, maquinaria, vehículos y equipo cuenta la municipalidad para la gestión de los residuos y desechos sólidos?

19. ¿Actualmente con qué personal dispone la municipalidad para realizar la gestión de los residuos y desechos sólidos?

20. ¿Se cuenta con alguna planta de tratamiento para los residuos y desechos sólidos?

Explique: _____

21. ¿Tiene la municipalidad contemplado algún tipo de proyecto que permita una gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos?

Sí. Descríbalo:

No. ¿Por qué?

Disposición final

22. ¿En qué lugar disponen los residuos y desechos sólidos?, ¿el terreno es municipal?, ¿cómo es operado y mantenido?

Explique: _____

23. Actualmente ¿Qué hace la municipalidad para la disposición final de los residuos y desechos sólidos? (Puede marcar más de una)

Son quemados

Son enterrados

Son clasificados y vendidos

Son clasificados y reciclados

Botadero (tipo)

Relleno sanitario

Otro (explique): _____

Fuente: Elaboración propia, 2022.

9.8. Boleta para la guía de observación.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL



Guía de observación

Objeto de observación: _____

Fecha de observación: _____

Organización y entidad y aspectos organizativos

✓ Cuentan con el equipo de necesario:

✓ En qué estado se encuentra el equipo de que utilizan:

✓ Cuáles son las condiciones en las que laboran:

Recolección y transporte

✓ Cuentan con el personal necesario:

✓ Cuentan con equipo de gabinete y de gestión administrativa:

✓ Condiciones en las que labora el personal:

En qué estado se encuentra el tren de aseo:

Separación

✓ Cuentan con equipo de protección.

✓ En qué estado se encuentra el equipo básico de protección.

✓ En qué estado se encuentra las instalaciones de operación.

Reciclaje

- ✓ Cuánto es lo que gana por sus actividades de reciclaje.

- ✓ Como realizan la clasificación _____
- ✓ La recolección se hace de manera apropiada y técnica. _____

Compostaje

- ✓ Donde se realiza el compostaje _____
- ✓ Cuáles son las condiciones en las que se realiza _____

Disposición final

- ✓ Cuáles son los horarios habituales de la disposición final

- ✓ En qué condiciones se realiza la disposición final de residuos y
desechos _____

Otros aspectos de relevancia:

Fuente: Elaboración propia, 2022.

9.9. Método de cuarteo

Descripción: Este método es utilizado para reducir y conocer la composición física de los residuos y desechos sólidos recolectados.

Objetivo: Contar con residuos y desechos de características homogéneas.

Materiales y equipos:

- Balanza (capacidad de 100 kg.)
- Palas
- Guantes de hule
- Escobas
- Botas de goma
- Mascarillas protectoras
- Formato de composición de residuos y desechos (Anexo 9.4)

Procedimiento:

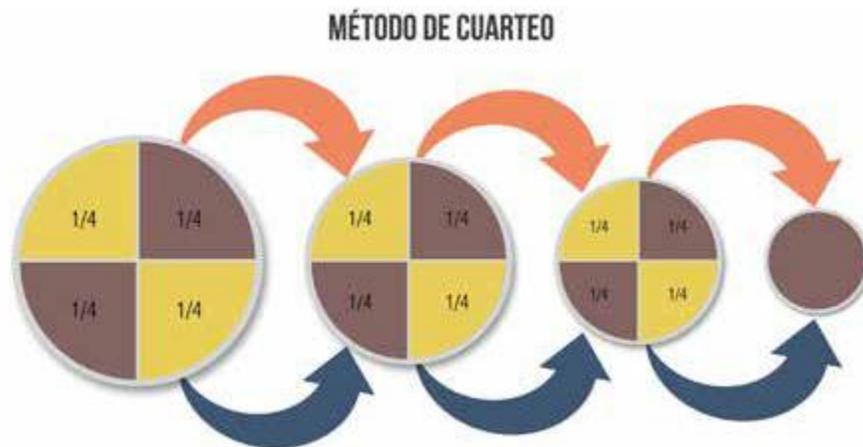
1. Se saca el contenido de todas las bolsas del estrato definido y se vierten en un área donde se mezclan con la ayuda de palas.
2. Después de mezclar los residuos y desechos sólidos, se procede a dividir en cuatro partes lo más equitativamente posibles.
3. Se seleccionan dos cuartetos opuestos y se retiran los otros dos restantes, a modo de reducir la muestra.
4. Se vuelven a mezclar los residuos y desechos sólidos para realizar un nuevo cuarteo, y extraer nuevamente dos cuarteros opuestos de la muestra.
5. Repetir el procedimiento de cuarteo hasta obtener una muestra de aproximadamente 100 libras (sin considerar el peso del tonel) que será utilizada para realizar la composición de los residuos y desechos sólidos.
6. Al contar con la muestra, se clasifican según el tipo de residuo (Anexo 9.4).
7. Al clasificar según el tipo de residuo se pesa cada uno por separado, considerando que los volúmenes pequeños se deben de pesar en una balanza más sensible como,

por ejemplo, las que son utilizadas para pesar alimentos a granel.

8. Luego de obtener el peso de cada residuo y con base al peso inicial de la muestra de cuarteo, se saca el porcentaje de cada residuo.

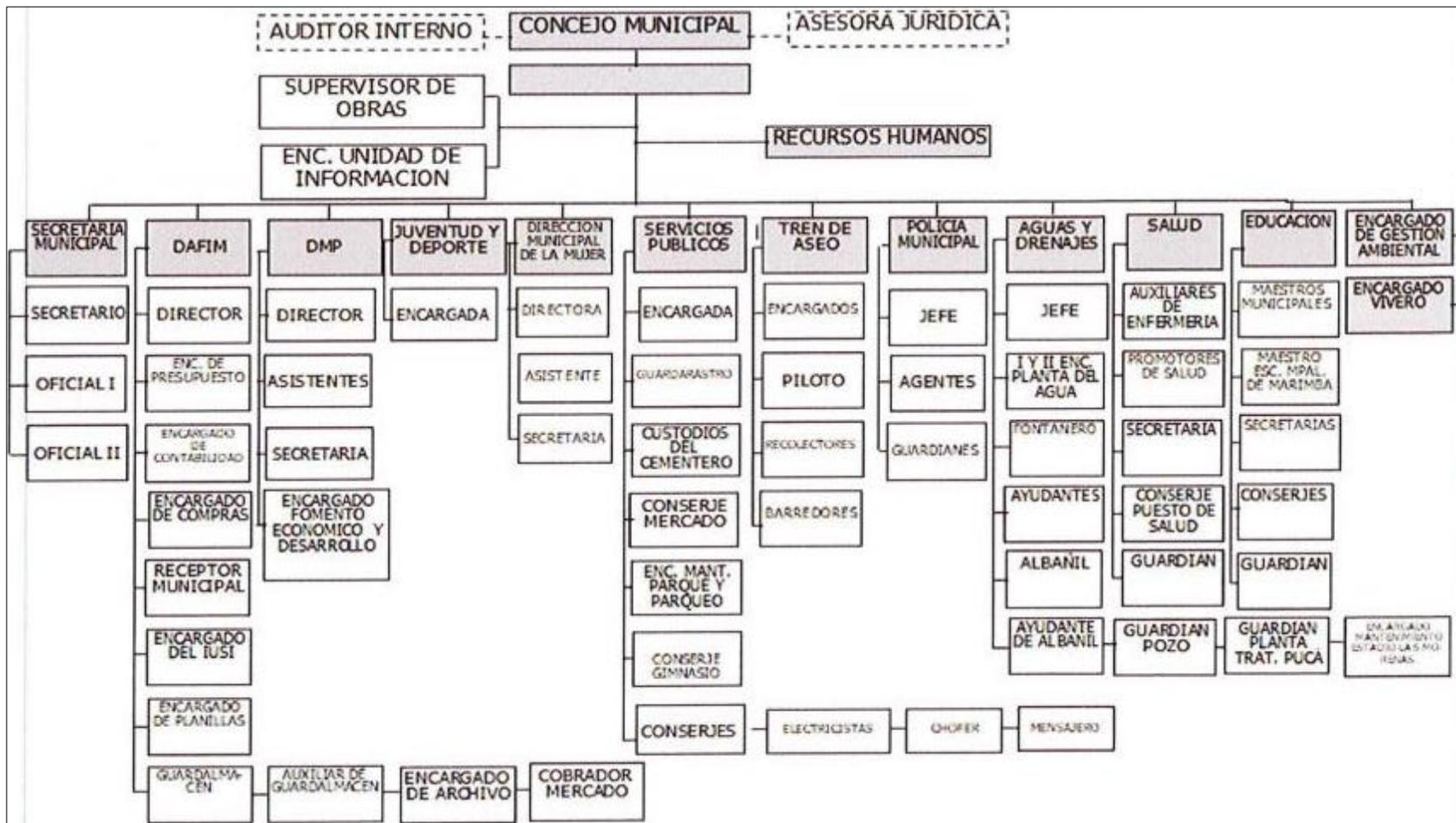
En el momento que se está realizando el primer cuarteo se aprovecha para realizar el cálculo de la densidad.

Figura 20. Método de cuarteo para la reducción del tamaño de la muestra



Fuente: Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes, MARN, 2022.

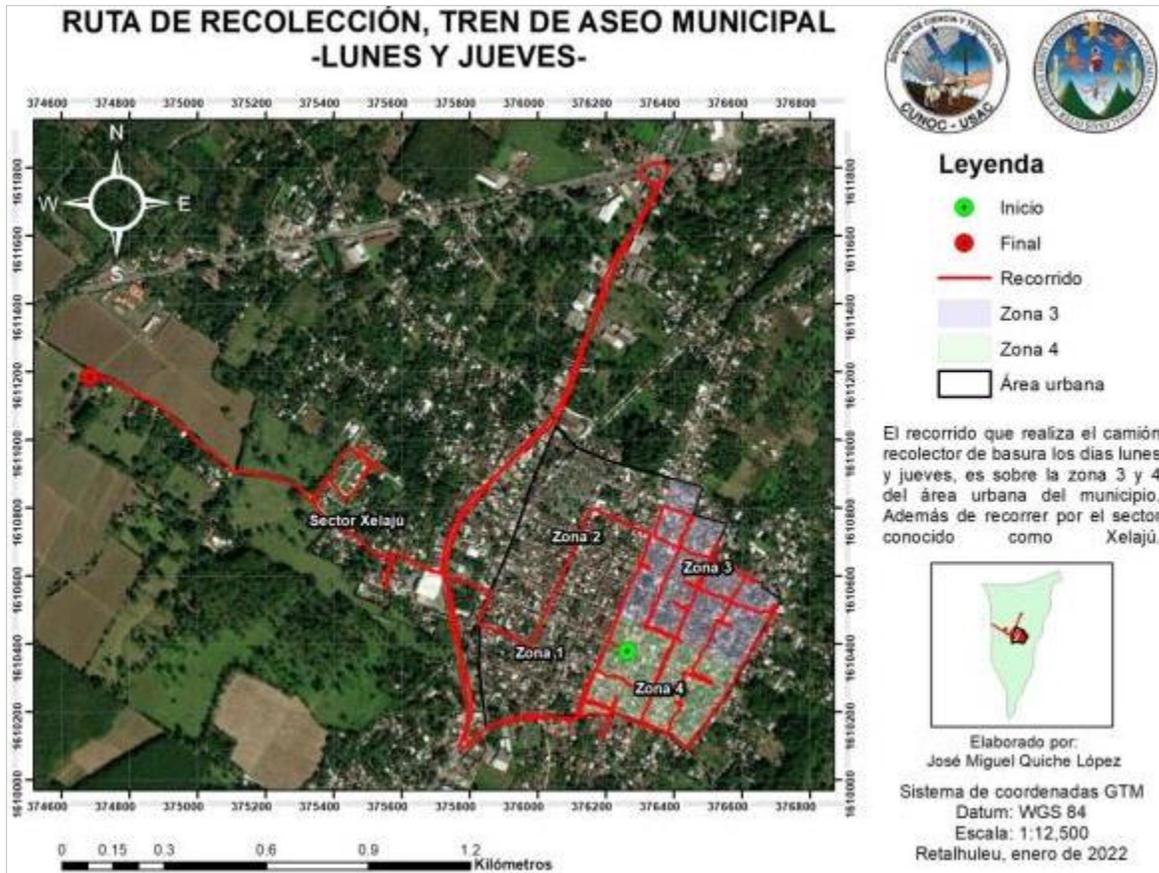
9.10. Organigrama de la entidad responsable de la gestión de los residuos y desechos sólidos, Municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu.



Fuente: Municipalidad de San Sebastián, Retalhuleu, 2022.

9.11. Rutas de recolección del tren de aseo municipal.

Figura 21. Ruta de recolección 1.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 22. Ruta de recolección 2.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 23. Ruta de recolección 3.



Fuente: Elaboración propia, 2022.

9.12. Documentación fotográfica

Figura 25. Aplicación y distribución de entrevistas



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 24. Recolección de las muestras



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 26. Pesaje de las muestras para la determinación de la PPC



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 27. Método del cuarteo para reducir el tamaño de la muestra



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 29. Prueba de densidad de los residuos y desechos sólidos



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 28. Prueba de la composición física de los residuos y desechos sólidos



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 31. Recolección manual, Tren de aseo municipal



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 30. Sitio de disposición final de los residuos y desechos sólidos municipales



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 32. Forma de eliminar la basura por la población que no es atendida con el servicio de recolección municipal



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 33. Servicio de recolección no autorizada



Fuente: Elaboración propia, 2022.

Figura 34. Vertedero ilegal en la ribera del río Samalá



Fuente: OGAM, San Sebastián, Retalhuleu, 2022.

9.13. Datos para estimar el área requerida del relleno sanitario

Año	Población (área urbana)	Generación calculada Ton/año	Recolección estimada Ton/año	Aprovechamiento Ton/año		Disposición final (sin compactar) Ton/año		Volumen (sin compactar) m³/año		Volumen acumulado (sin compactar) m³	
				Orgánico	Reciclable	Con aprovechamiento	Sin aprovechamiento	Con aprovechamiento	Sin aprovechamiento	Con aprovechamiento	Sin aprovechamiento
2021	9,799	1,502	300	174	30	96	300	457	1,427	457	1,427
2022	9,941	1,524	304	176	30	97	304	463	1,448	920	2,875
2023	10,081	1,545	308	179	31	99	308	470	1,468	1,390	4,343
2024	10,219	1,567	313	181	31	100	313	476	1,488	1,866	5,831
2025	10,354	1,587	317	184	32	101	317	483	1,508	2,349	7,339
2026	10,488	1,608	321	186	32	103	321	489	1,527	2,838	8,867
2027	10,618	1,628	325	188	32	104	325	495	1,546	3,332	10,413
2028	10,747	1,648	329	191	33	105	329	501	1,565	3,833	11,978
2029	10,873	1,667	333	193	33	106	333	507	1,583	4,340	13,561
2030	10,997	1,686	336	195	34	108	336	512	1,602	4,853	15,163
2031	11,118	1,704	340	197	34	109	340	518	1,619	5,371	16,782
2032	11,237	1,723	344	199	34	110	344	524	1,637	5,894	18,419
2033	11,354	1,741	347	201	35	111	347	529	1,654	6,423	20,072
2034	11,469	1,758	351	203	35	112	351	534	1,670	6,958	21,743
2035	11,582	1,776	354	205	35	113	354	540	1,687	7,498	23,429
2036	11,692	1,792	358	207	36	114	358	545	1,703	8,043	25,132
2037	11,800	1,809	361	209	36	115	361	550	1,718	8,593	26,851
2038	11,907	1,825	364	211	36	117	364	555	1,734	9,147	28,585
2039	12,011	1,841	367	213	37	118	367	560	1,749	9,707	30,334
2040	12,113	1,857	370	215	37	119	370	565	1,764	10,272	32,098
2041	12,213	1,872	374	217	37	120	374	569	1,779	10,841	33,877

Recolección estimada: 19.95%

Aprovechamiento: Orgánico 58% y Reciclable 10%

Volumen m³/año = (D.F. ton/año ÷ Densidad 0.21 ton/m³)

Altura o profundidad propuesto para el relleno sanitario: 2.5 mts

ÁREA REQUERIDA PARA EL RELLENO SANITARIO = Volumen acumulado de los residuos y desechos al final del proyecto ÷ profundidad del relleno sanitario

ÁREA REQUERIDA = 4,336 mts² (con aprovechamiento previo) ó 13,550 mts² (sin aprovechamiento)

Fuente: Elaboración propia, 2022.