

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Suroccidente  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Caracterización de las propiedades físicas de los residuos y desechos sólidos del  
municipio de Totonicapán, Totonicapán**

Por:

Pablo José Villatoro de León

Carné: 201741883

CUI: 3223 38077 0801

[pablojose.leon11@gmail.com](mailto:pablojose.leon11@gmail.com)

Mazatenango, Suchitepéquez, febrero de 2025.

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Suroccidente  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Caracterización de las propiedades físicas de los residuos y desechos sólidos del  
municipio de Totonicapán, Totonicapán**

Por:

Pablo José Villatoro de León

201741883

Asesor:

M.A. Heydi Angelina Vela Armas

Revisor:

MSc. Celso González Morales

Presentado ante las autoridades del Centro Universitario de Suroccidente  
-CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a  
conferírsele el título que le acredita como Ingeniero en Gestión Ambiental Local  
en el grado académico de Licenciado.

Mazatenango, Suchitepéquez, febrero de 2025.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE**  
**SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

**REPRESENTANTE DE PROFESORES**

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar  
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa  
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

MSc. Martín Salvador Sánchez Cruz  
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle  
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales  
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador de Área

## **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA**

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos  
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.A. Juan Pablo Ángeles Lam  
Coordinador Carrera Periodista Profesional y  
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

## **Dedicatoria**

- A Dios:** Mi fuente de fortaleza y sabiduría, quien ha sido mi guía constante en este camino académico.
- A mis padres:** Cuyo amor, apoyo incondicional y sacrificios han hecho posible este logro.
- A mis hermanos:** Han sido fundamentales en mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado y por ser mi fuente de motivación constante.
- A mi familia:** Por su constante apoyo y comprensión a lo largo de este proceso. Su aliento ha sido fundamental para alcanzar este logro.
- A mis amigos:** Han sido mi red de apoyo constante y fuente de ánimo durante este viaje único.

## **Agradecimientos**

- A:** La Universidad de San Carlos de Guatemala, por brindarme la oportunidad de formarme académicamente en tan prestigiosa institución.
- A:** El Programa de Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario (EPSUM), por la invaluable oportunidad de participar en él. Su enfoque innovador y compromiso con la excelencia académica han enriquecido enormemente mi experiencia educativa.
- A:** A la Municipalidad de Totonicapán, por su apoyo invaluable durante mi Ejercicio Profesional Supervisado (EPS). Su colaboración y disposición fueron fundamentales para enriquecer mi experiencia y facilitar mi aprendizaje práctico. Especialmente a Lic. Santos Norato por su apoyo y guía.
- A:** M.A. Heydi Angelina Vela Armas, por el conocimiento, orientación y dedicación en el asesoramiento de las diferentes etapas del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).
- A:** MSc. Eysen Rodrigo Enríquez Ochoa e Ing. Iris Yvonnee Cárdenas Sagastume, por su apoyo y colaboración para enriquecer la presente investigación.

## Índice general

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
Resumen .....	vi
Abstract .....	vii
I. Introducción .....	1
II. Revisión de literatura .....	3
2.1 Marco referencial .....	3
2.1.1 Aspectos generales del municipio de Totonicapán .....	3
2.1.3 Área biótica .....	4
2.1.3 Antecedentes del municipio .....	5
2.1.4 Manejo actual de los residuos y desechos sólidos .....	6
2.2 Marco conceptual.....	9
2.2.1 Residuos y desechos sólidos.....	9
2.2.2 Problemática de los residuos y desechos sólidos.....	10
2.2.3 Gestión integral de residuos y desechos sólidos .....	11
2.2.4 Metodología para la elaboración de estudios de caracterización de residuos y desechos sólidos .....	12
2.2.5 Plan para la gestión integral de residuos y desechos sólidos.....	14
2.2.6 Indicadores ambientales .....	15
III. Objetivos.....	17
3.1 General .....	17
3.2 Específicos.....	17
IV. Materiales y métodos.....	18
4.1 Materiales .....	18
4.2 Métodos .....	18
4.2.1 Determinación del área de estudio .....	18
4.2.2 Determinación de las características físicas de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán .....	25

4.2.3 Cálculo de los indicadores ambientales de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán .....	26
4.2.4 Propuesta de plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos .....	28
V. Resultados y discusión .....	32
5.1 Características físicas de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán .....	32
5.2 Indicadores ambientales del municipio de Totonicapán .....	40
5.3 Plan municipal para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán .....	44
VI. Conclusiones.....	62
VII. Recomendaciones.....	64
VIII. Referencias bibliográficas.....	66
IX. Anexos.....	69

## Índice de figuras

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1	Mapa político administrativo del municipio de Totonicapán, Totonicapán.....4
2	Mapa del área del vertedero zona 3 del municipio de Totonicapán.....7
3	Mapa de área compactada sobre residuos y desechos sólidos zona 3 del municipio de Totonicapán.....8
4	Mapa de ubicación de las viviendas muestreadas del municipio de Totonicapán.....25
5	Mapa de las formas de disposición final de los residuos y desechos del municipio de Totonicapán.....33
6	Métodos de eliminación de residuos y desechos sólidos en Totonicapán.....34
7	Mapa de basureros clandestinos del municipio de Totonicapán.....35
8	Composición general de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.....38
9	Composición específica de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.....39
10	Árbol de problemas: Causas y Efectos del manejo inadecuado de los residuos y desechos sólidos en el municipio de Totonicapán.....51
11	Árbol de objetivos: Gestión Integral de los residuos y desechos sólidos.....52
12	Campañas de sensibilización.....55
13	Material de campañas de sensibilización.....56
14	Calcomanía de control de muestra proporcionada por la municipalidad.....69
15	Capacitación a personal para caracterización y entrega de equipo de protección personal.....71
16	Selección de muestra para caracterización de viviendas y comercios.....71
17	Recolección de muestra de residuos y desechos sólidos en viviendas.....72
18	Disposición, separación, clasificación, cálculo de volumen y pesaje de los RDS.....72
19	Caracterización de residuos y desechos sólidos del mercado.....73
20	Socialización de resultados con autoridades municipales y realización de agenda de trabajo.....73
21	Sensibilización y socialización del A.G. 164-2021 con autoridades comunales.....73

## Índice de tablas

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1	Indicadores geográficos y demográficos del municipio de Totonicapán.....3
2	Costo de materiales y equipo utilizado para la caracterización.....18
3	Recurso humano para la caracterización.....19
4	Resumen del gasto total en la investigación.....19
5	Actores que contribuyeron a la caracterización .....20
6	Muestreo estatificado por afijación proporcional.....22
7	Frecuencia de recolección de residuos y desechos por estrato.....24
8	Clasificación y disposición de los residuos y desechos sólidos urbanos y rurales.....32
9	Composición de los residuos y desechos sólidos por estrato.....36
10	Peso de los residuos y desechos sólidos.....37
11	Volumen de los residuos y desechos sólidos.....40
12	Densidad de los residuos y desechos sólidos.....41
13	Proyección de la producción de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.....43
14	Cuantificación de peso, volumen y densidad real de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.....45
15	Análisis FODA del manejo actual de los residuos y desechos sólidos.....48
16	Estrategias basadas en FODA.....50
17	Agenda de trabajo para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos.....54
18	Programa de recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.....59
19	Dimensiones para la disposición final y tratamiento de los RDS.....61
20	Tasa de crecimiento población de Totonicapán por año.....70

## Símbolos, siglas y acrónimos

**MARN:** Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

**RDS:** Residuos y desechos sólidos

**GIRDS:** Gestión Integral de residuos y desechos sólidos

**PIRDES:** Plan integral de residuos y desechos sólidos

**PGIRDS:** Plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos

**m<sup>2</sup>:** Metros cuadrados

**km<sup>2</sup>:** Kilómetros cuadrados

**m<sup>3</sup>:** Metros cúbicos

**GTM:** Guatemala Transversa Mercator

**CUNSUROC:** Centro Universitario de Suroccidente

**msnm:** metros sobre el nivel del mar

**pH:** Potencial de hidrógeno

**kg/hab/día:** Kilogramos por habitante al día

## Resumen

Totonicapán se ubica en el altiplano occidental de la República de Guatemala y abarca una superficie de 328 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>), distribuida en más de 52 centros poblados que forman parte de su jurisdicción.

En esta región geográfica se realizó la investigación con la finalidad de caracterizar las propiedades físicas de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán. Este estudio está en plena conformidad con la legislación ambiental y sirve como una herramienta para promover la gestión integral de los residuos y desechos sólidos.

Para realizarlo, se empleó un muestreo aleatorio estratificado con tres estratos, representativos de la generación de residuos y desechos sólidos en el municipio. El primero incluyó 375 viviendas del área de estudio, el segundo estrato abarcó todos los comercios y el tercero, el mercado municipal. La recolección de las muestras se realizó durante una semana por cada estrato. Posteriormente, las muestras se trasladaron al sitio de trabajo para su clasificación, pesaje y análisis.

Como resultado se determinó que en el municipio de Totonicapán la producción per cápita equivale a 1.04 kilogramos de residuos y desechos sólidos por habitante al día, lo que indica que en el municipio se producen 176,068 kilogramos de residuos y desechos sólidos por habitante al día, de los cuales el 50% corresponde a residuos orgánicos, el 35% a desechos no reciclables y el 15% a residuos reciclables.

Ante esta situación, se propuso un plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, que permitirá al municipio seguir una agenda de trabajo enfocada en la recolección, transporte, disposición final tratamiento y aprovechamiento de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.

Se determinó que la producción per cápita del municipio de Totonicapán es de 1.04 kg/hab/día, la densidad de los residuos sólidos orgánicos es de 171 kg/m<sup>3</sup>, de los inorgánicos recuperables es de 211 kg/m<sup>3</sup>, de los inorgánicos no recuperables es de 363 kg/m<sup>3</sup> y de los inertes es de 119 kg/m<sup>3</sup>. Referente al volumen, se obtuvo para los residuos orgánicos un total de 515 m<sup>3</sup>/día, de los inorgánicos recuperables de 1,305 m<sup>3</sup>/día, de los inorgánicos no recuperables de 453 m<sup>3</sup>/día y de los inertes, 15 m<sup>3</sup>/día.

Los datos generados proporcionaron al municipio las herramientas esenciales para llevar a cabo los procesos de gestión integral de los residuos y desechos sólidos, creando estrategias de mitigación frente a la problemática actual, en línea con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo 164-2021 y su reforma.

## Abstract

Totonicapán is located in the western highlands of the Republic of Guatemala and covers an area of 328 square kilometers (km<sup>2</sup>), distributed in more than 52 population centers that are part of its jurisdiction.

In this geographical region, the research was carried out in order to characterize the physical properties of the waste and solid waste of the township of Totonicapán. This study is in full compliance with environmental legislation and serves as a tool to promote the comprehensive management of waste and solid waste.

To do this, a stratified random sampling was used with three strata, representatives of the generation of waste and solid waste in the municipality. The first included 375 homes in the study area, the second stratum covered all businesses and the third, the municipal market. Sample collection was carried out for one week for each stratum. The samples are then transported to the work site for sorting, weighing and analysis.

As a result, it is estimated that in the municipality of Totonicapán, per capita production is equivalent to 1.04 kilograms of waste and solid waste per inhabitant per day, which indicates that in the municipality 176,068 kilograms of waste and solid waste are produced per inhabitant per day, of which 50% corresponds to organic waste, 35% to non-recyclable waste and 15% to recyclable waste.

Faced with this situation, a plan for the comprehensive management of waste and solid waste was proposed, which will allow the municipality to follow a work agenda focused on the collection, transportation, final disposal, treatment and use of waste and solid waste in the municipality of Totonicapán.

It was determined that the per capita production of the municipality of Totonicapán is 1.04 kg/inhabitant/day, the density of organic solid waste is 171 kg/m<sup>3</sup>, of recoverable inorganic waste is 211 kg/m<sup>3</sup>, of non-recoverable inorganic waste is 363 kg/m<sup>3</sup> and of inert waste is 119 kg/m<sup>3</sup>. Regarding the volume, a total of 515 m<sup>3</sup>/day was obtained for organic waste, 1,305 m<sup>3</sup>/day for recoverable inorganic waste, 453 m<sup>3</sup>/day for non-recoverable inorganic waste, and 15 m<sup>3</sup>/day for inert waste.

The data generated provided the municipality with the essential tools to carry out the processes of integrated management of waste and solid waste, creating mitigation strategies in the face of the current problem, in line with the provisions of Governmental Agreement 164-2021 and its reform.

## I. Introducción

El municipio de Totonicapán es una localidad ubicada en el altiplano occidental de Guatemala. Está situado a una altitud de alrededor 2,495 metros sobre el nivel del mar, el clima es templado durante la mayor parte del año, con temperaturas frescas; los suelos son de textura franco a franco arcillosa y en el territorio se encuentran las zonas de vida, bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MB) y bosque muy húmedo montado subtropical (bmh-M).

El manejo inadecuado de los residuos y desechos sólidos en el municipio representa un desafío significativo para la comunidad y el medio ambiente local. La carencia de sistemas e infraestructura adecuada para la recolección, transporte, disposición final y tratamiento de residuos y desechos sólidos ha llevado a la acumulación de los mismos, en áreas públicas y rurales. Este problema no solo afecta la estética de la región, sino que también conlleva riesgos de contaminación ambiental y sanitaria, especialmente el colapso de los sistemas de drenaje, botaderos clandestinos, enfermedades transmitidas por vectores, entre otros.

Con la circunstancia descrita, se desarrolló la investigación que tiene como objetivo principal proporcionar las bases que promuevan la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, abordando cada una de sus fases.

Se procedió a realizar la caracterización detallada de cada uno de los estratos establecidos por la legislación guatemalteca, que comprenden: viviendas, mercados y comercios. Respecto a las viviendas, se evaluaron específicamente las cinco rutas de recolección de residuos y desechos sólidos con una muestra de 375 viviendas utilizando el método estratificado por una semana.

En cuanto al sector comercial se abordó exhaustivamente los oficialmente registrados por el departamento municipal de cobros y se incluyó el mercado municipal, dicha caracterización se realizó en un tiempo de una semana; se recabó información del servicio de recolección actual, así como datos pertinentes para la toma de decisiones. Con los datos recolectados se calcularon los indicadores ambientales, siendo la producción per cápita, la densidad de los residuos y desechos sólidos y el volumen de los mismos.

## II. Revisión de literatura

### 2.1 Marco referencial

#### 2.1.1 Aspectos generales del municipio de Totonicapán

El municipio de Totonicapán, cabecera departamental de Totonicapán, se encuentra en la parte oriental de este, que a su vez pertenece a la Región VI. está ubicado en el altiplano sur occidental de Guatemala, En la tabla, se describen los indicadores geográficos y demográficos. (SEGEPLAN, 2015, p.1)

**Tabla 1. Indicadores geográficos y demográficos del municipio de Totonicapán**

Indicador	Descripción	Datos
Geográfico	Coordenadas	N 14° 54' 39" O 91° 21' 38"
	Metros sobre el nivel del mar (msnm)	2,495
Demográficos	Número de habitantes en el municipio (2021)	164,000
	Número de habitantes casco urbano (2021)	81,829
	Número de viviendas del municipio (INE 2018)	29,705
	Número de viviendas zona central (INE 2018)	14,878
	Tasa de crecimiento (INE 2018)	1.70
	Número de centros poblados	52
	Cantones	27
Aldeas	6	

**Fuente:** (INE, 2018 y SEGEPLAN, 2015)

El municipio cuenta con un área de 328 kilómetros cuadrados, que representan el 30.9% del total del departamento (SEGEPLAN, 2015, p.1).

Está representado por las autoridades locales conocidas como los "48 Cantones", quienes ostentan la máxima autoridad en la región. Estas autoridades tienen la responsabilidad de garantizar el progreso en consonancia con sus tradiciones ancestrales. Cada comunidad cuenta con un alcalde comunal y tres comisiones designadas para supervisar el desarrollo, específicamente enfocadas en el cuidado del agua, caminos y recursos naturales.

En cada territorio, es requisito obtener el permiso y la autorización de estas comisiones para llevar a cabo evaluaciones o trabajos. (Política municipal de ambiente y de recursos naturales, 2021, p.8)

El municipio limita al norte con el departamento de Quiché, al este con Chichicastenango, Quiché y al oeste con el departamento de Sololá.

Figura 1.



Nota. Mapa elaborado en software libre QGIS®, 2023.

### 2.1.2 Área biótica

En el municipio predomina la temperatura baja entre 20°C y 5°C, con climas fríos, se debe en gran parte a la altitud en la que se encuentra el municipio alcanzando temperaturas medias de 5°C (SEGEPLAN, 2015, p.1)

Los suelos del municipio son de textura franco a franco arcillosa, ligeramente acida y con un espesor entre 25 a 50 centímetros, la cual pondera un pH de 5.95 (SEGEPLAN, 2015, p.1). Se encuentra en dos zonas de vida, el bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MB) y el bosque muy húmedo montano subtropical (bmh-M) (INAB, 2007, p.4)

### **2.1.3 Antecedentes en el municipio**

En el año 2019 la Ingeniera en Gestión Ambiental Local, Mirna Dardón realizó un estudio denominado “Caracterización de residuos y desechos sólidos generados en las viviendas del casco urbano del municipio de Totonicapán”. Se determinó el contenido orgánico e inorgánico de los desechos; se cuantificó el peso y volumen de estos y se estimó la producción per cápita de la generación por habitante. (Dardón. M, 2019, p.12)

El alcance de la investigación únicamente consideró a las viviendas del casco urbano de Totonicapán, de acuerdo con Dardón (2019), se obtuvo lo siguiente: Como resultado de las 148 viviendas estudiadas se obtuvo una generación de 2,115.59 kilogramos a la semana de residuos y desechos sólidos, con este dato se proyectó la producción de las 4,288 viviendas que existen en el casco urbano dando un total de generación de 10,790.18 kilogramos al día de residuos y desechos, de los cuales el 41% es materia orgánica, 23% materiales reciclables, donde predomina el papel y el cartón, y con 36% materiales no recuperables. (p.12)

Dentro de la caracterización se calculó la producción de residuos y desechos sólidos que genera cada persona al día, dando como resultado 0.5036 kilogramos. Así también se obtuvo el cálculo de la densidad que permite estimar el espacio que ocupa cada tipo de material al día, que es un total de 104.61 metros cúbicos (m<sup>3</sup>) de residuos y desechos sólidos. (p.12)

#### **2.1.4 Manejo actual de los residuos y desechos sólidos.**

En el municipio de Totoncapán, no se ha implementado ningún plan para la gestión integral de residuos y desechos sólidos; esta falta de planificación dificulta la supervisión y el cumplimiento de la legislación nacional, como se establece en el acuerdo gubernativo 164-2021, que regula la gestión integral de residuos y desechos sólidos. A pesar de contar con una Política Municipal de Ambiente y Recursos Naturales, no existe una entidad encargada de dar seguimiento y supervisar las acciones relacionadas con el medio ambiente dentro de la corporación municipal.

De acuerdo con el encargado del tren de aseo municipal, la Municipalidad de Totoncapán proporciona el servicio de recolección el cual se compone de un vehículo con capacidad de 8.75 m<sup>3</sup> y 4 toneladas que opera en las zonas del casco urbano y comunidades cercanas.

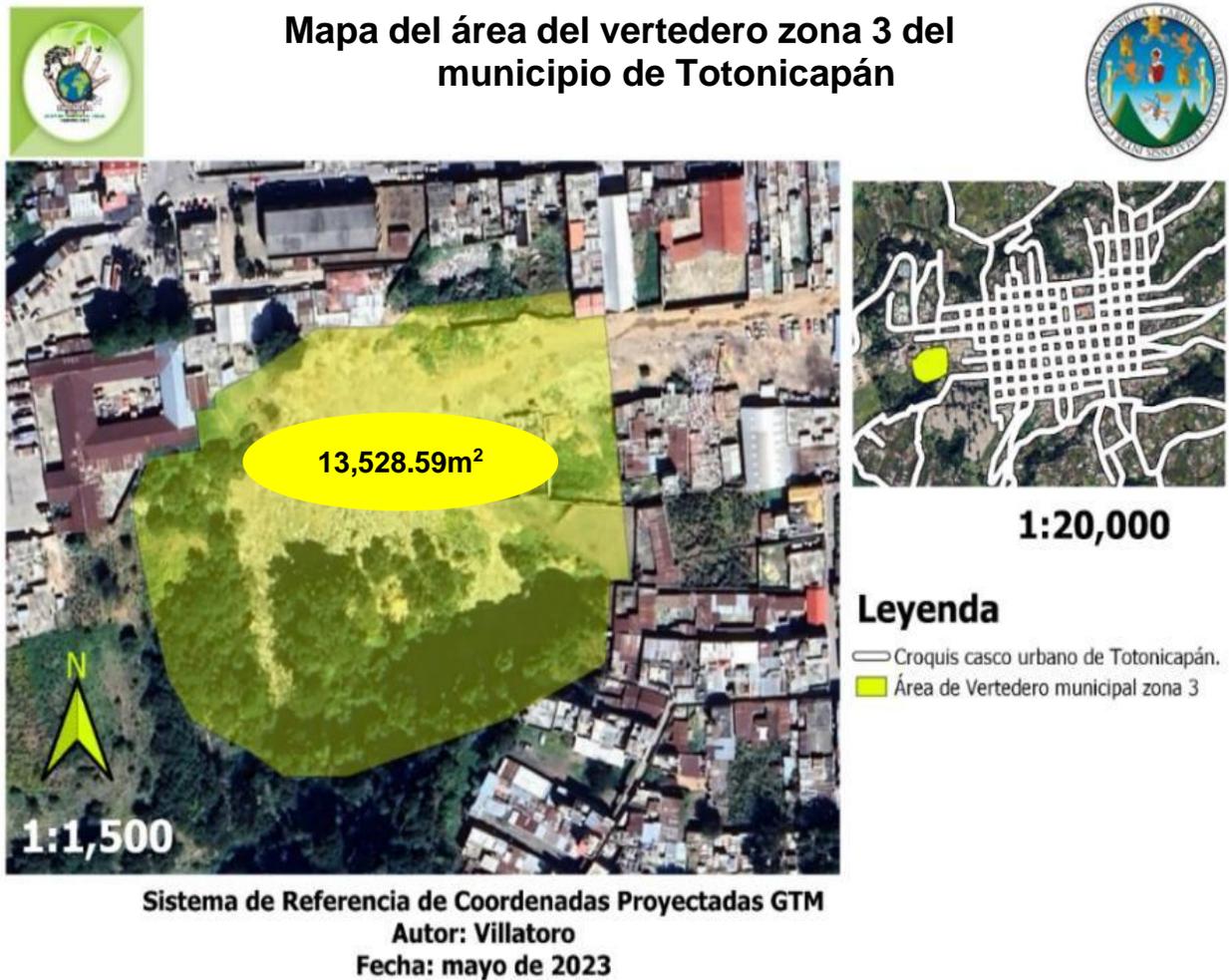
Actualmente, en el área urbana del municipio se puede identificar la presencia de cuatro sitios de botaderos no autorizados. Además, desde el año 1996, se encuentra en operación un vertedero municipal que, hasta la fecha, no ha obtenido la autorización correspondiente por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Durante el día, aproximadamente 20 vehículos ingresan al botadero municipal para desechar bolsas y otros materiales. Esta situación implica que los ingresos municipales por la gestión y disposición de estos residuos se pierdan debido a la falta de una normativa que prohíba a los particulares la disposición en terrenos municipales y en cualquier terreno privado.

Actualmente, el vertedero municipal se encuentra en un barranco ubicado en la zona 3 del casco urbano. A lo largo de los últimos 13 años, el vertedero ha experimentado una expansión considerable. Inicialmente, en el año 2010, ocupaba un área de 3,259.07 metros cuadrados (m<sup>2</sup>) en el barranco. Para el año 2015, su ocupación había aumentado a 4,451.23 metros cuadrados (m<sup>2</sup>) para el año 2022; considerando el terreno compactado, actualmente el vertedero ocupa aproximadamente 13,528.59 metros cuadrados (m<sup>2</sup>). Este crecimiento evidencia el aumento en la generación

de residuos y desechos sólidos en el municipio. Es importante destacar que la disposición final en este vertedero corresponde al área urbana y a las comunidades del municipio.

**Figura 2.**



Nota. Mapa elaborado en software libre QGIS®, 2023

En el año 1980, después del terremoto de 1976, el investigador Pedro Yax llevó a cabo una investigación titulada "Relleno del barranco municipal zona 3 de Totonicapán". En dicho estudio, se detallaba que el barranco podía ser rellenado con material selecto o pedrín, pero no con basura, debido al riesgo de deslizamientos o derrumbes.

Figura 3.



Nota. Mapa elaborado en software libre QGIS®, 2023.

Según se muestra, es evidente que una parte significativa de la zona 3 está edificada sobre depósitos de residuos sólidos, desatendiendo las recomendaciones de la investigación realizada.

En la figura, se observa que las áreas construidas sobre material no apto para construcciones se concentran principalmente en la zona mencionada. Estas áreas están expuestas a riesgos de subsidencia, deslizamientos o colapsos debido a su proximidad al vertedero municipal.

## **2.2 Marco conceptual**

### **2.2.1 Residuos y desechos sólidos**

De acuerdo con MARN (2021, art. 3), residuo sólido es todo material producido por actividades humanas, descartado por el que lo genera, pero que sí posee valor intrínseco o extrínseco, por lo que su destino deber ser el aprovechamiento.

García, J. (1997, p.4), indica que se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo. Todos estos residuos sólidos, en su mayoría son susceptibles de reaprovecharse o transformarse con un correcto reciclado. También que "Los desechos sólidos son aquellos residuos sólidos que no van a ser utilizados, recuperados o reciclados. Los residuos sólidos pueden ser reciclados, lo que genera un beneficio económico y una protección al ambiente."

En 2021, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales describe lo siguiente "Los residuos y desechos sólidos pueden ser categorizados de acuerdo con varios criterios", tales como: su origen (provenientes de hogares, industrias, centros de salud, construcción, etc.), su capacidad de biodegradación (si son orgánicos o inorgánicos) y su composición (separándolos en categorías como papeles, cartones, vidrios, etc.) para facilitar su manejo adecuado.

De acuerdo con Bameo (2020, pp.25-26), los residuos y desechos sólidos se clasifican en:

#### **2.2.1.1 Residuos y desechos sólidos comunes**

Son todos aquellos desechos que se generan por el normal desarrollo de las personas en sus domicilios o lugares de similares características.

#### **2.2.1.2 Desecho peligroso**

Es todo desecho, que tenga la capacidad de deteriorar el medio que lo rodea y que representa peligro para los seres humanos e incluso la muerte de la biota que entre en contacto con esta sustancia y así mismo la contaminación del medio físico en que se encuentre.

### **2.2.1.3 Residuos reciclables**

Se reconocen como desechos que tienen la ventaja de que pueden tener una forma diferente de su uso original y que pueden ser reincorporados a la cadena de producción como materia prima o fuente de energía. Los no reciclables, no tienen ningún uso aprovechable ni pueden ser utilizados para ser transformados en energía, considerados en muchos casos pasivos ambientales.

### **2.2.1.4 Residuos y desechos sólidos no reciclables**

No tienen ningún uso aprovechable ni pueden ser utilizados para ser transformados en energía, considerados en muchos casos pasivos ambientales.

## **2.2.2 Problemática de los residuos y desechos sólidos en Guatemala**

Según un estudio realizado por Grethel Díaz en el año 2022, se estima que en Guatemala cuatro de cada diez viviendas queman sus desechos. Si se consideran los datos recopilados en Totonicapán, el 69% de las viviendas en el municipio los depositan en terrenos o en el vertedero municipal, mientras que el 31% de las viviendas optan por la quema de sus desechos. Estos datos se obtuvieron a través de entrevistas y observaciones en las comunidades.

Estudios que se han hecho sobre la problemática permiten concluir que existen al menos tres problemas fundamentales que ocasionan que los ríos, lagos y playas se llenen de basura. (Rodas. S, 2020, parr.3)

El primero tiene que ver con que no todos los guatemaltecos cuentan con un servicio de extracción de basura; de hecho, según el censo 2018, el 51 por ciento de la población no lo hace. Muchos de estos desechos son vertidos en botaderos clandestinos o lanzados a barrancos, y al llover son arrastrados hacia los ríos. Además, según estudios recientes, la recolección de basura en casas solo llega al 65% en el área metropolitana y a menos del 35% en el resto de las ciudades. (Rodas. S, 2020, parr.5)

El segundo problema es la escasa cultura de reciclaje que existe en el país y que hace que a estos vertederos se lancen miles de desechos sólidos —como el plástico— que bien aprovechados podrían ser fuente de ingresos e incluso de empleos. (Rodas. S, 2020, parr.6)

El tercer factor que propicia la contaminación de los cuerpos de agua es el mal manejo de los residuos y desechos sólidos que hace la mayoría de las municipalidades. (Rodas. S, 2020, parr.7)

La Inexistencia de tratamiento de los residuos y desechos sólidos, con contadas excepciones, las comunas no tienen planes para tratar los desechos, y los basureros con los que cuentan, que en teoría deberían ser rellenos sanitarios, no son más que depósitos en los cuales ocurre lo mismo que en los botaderos clandestinos, es decir, la basura es llevada a los ríos cuando llueve. (Rodas. S, 2020, parr.9)

### **2.2.3 Gestión integral de residuos y desechos sólidos**

Según Lastra Bravo y Arévalo Cando (2017) se entiende por gestión integral al conjunto de actividades que componen el proceso de gestión de residuos y desechos sólidos, que incluye clasificación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. Estas actividades tienen como objetivo asegurar la gestión final de los residuos de acuerdo con las políticas vigentes, como la recuperación, comercialización, uso y tratamiento o disposición final. (p.34)

El Acuerdo Gubernativo 164-2021 (p.6), que establece las normas para la gestión integral de residuos y residuos domiciliarios, define las siguientes etapas en el proceso de gestión integral:

#### **2.2.3.1 Generación**

Incluye la producción de residuos y residuos sólidos en diversas áreas como: áreas residenciales, comerciales, industriales e institucionales.

### **2.2.3.2 Almacenamiento intermedio**

Es la disposición temporal adecuada de los residuos en contenedores o contenedores específicos, garantizando las condiciones de higiene, seguridad y separación adecuada según el tipo de residuo.

### **2.2.3.3 Recolección**

Es la recolección de residuos y residuos sólidos desde los puntos de generación hasta los puntos de transferencia o estaciones de transferencia mediante vehículos y equipos adecuados.

### **2.2.3.4 Transporte**

Incluye el traslado de los residuos recolectados desde las estaciones de transferencia hasta los sitios de tratamiento, almacenamiento final o reciclaje cumpliendo con las normas y medidas de seguridad pertinentes.

### **2.2.3.5 Tratamiento**

Incluye procesos de clasificación, separación, reciclaje, compostaje, tratamiento biológico, tratamiento térmico u otros métodos aplicados a los residuos con el objetivo de reducir su impacto en el medio ambiente y promover la reutilización de materiales.

### **2.2.3.6 Disposición final**

Se refiere al lugar donde se vierten los residuos que no pueden ser reciclados o tratados cumpliendo con las normas y reglamentos establecidos para evitar impactos negativos al medio ambiente y la salud pública.

### **2.2.3.7 Seguimiento y control**

Implica el seguimiento y seguimiento de las actividades relacionadas con la gestión integral de residuos para asegurar su cumplimiento, evaluar resultados y realizar los ajustes necesarios para mejorar el sistema.

La gestión integral de residuos y desechos sólidos se fortalece significativamente mediante la aplicación de metodologías para la elaboración de estudios de caracterización. Estos estudios proporcionan una comprensión detallada de la composición, cantidad y características de los residuos generados en una comunidad o área específica.

#### **2.2.4 Metodología para la elaboración de estudios de caracterización de residuos y desechos sólidos**

Estudio técnico por medio del cual se obtiene una estimación de la cantidad generada, la composición y la densidad de los residuos y desechos sólidos que son generados dentro de una jurisdicción territorial es fundamental para la gestión eficiente de los recursos y la planificación urbana. (MARN, 2021, p7)

En Guatemala a través del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales se formuló la “Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos y desechos sólidos comunes” en donde se describe la metodología y pasos a seguir para poder obtener muestras representativas de estos para obtener sus características cualitativas y cuantitativas que permiten definir los indicadores ambientales de un área determinada.

A partir de la página número 9 de la guía se encuentra el procedimiento para elaborar el estudio, las actividades a realizar para poder ejecutar el estudio son:

##### **2.2.4.1 Antecedentes**

La recolección de residuos y desechos sólidos es competencia de las municipalidades; sin embargo, dicha responsabilidad puede ser concesionada o, en algunos casos, adquirida por terceros. Por ello, previo a iniciar estas actividades es indispensable tener información que permita conocer las generalidades de estas debido a que es un proceso que conlleva muchas fases, por ende, la identificación de los actores e información de la operatividad es de suma importancia. (MARN, 2018, p.9)

#### **2.2.4.2 Socialización**

Para iniciar con la caracterización de los residuos sólidos en el municipio; se debe realizar una socialización del proyecto con representantes de los diferentes grupos involucrados en la gestión. (MARN, 2018, p.9)

#### **2.2.4.3 Cálculo de muestra**

Para la selección de la población a participar se deben identificar las viviendas particulares y establecimientos comerciales que entren en el área de estudio. Para ello se realiza la división de la población en estratos socioeconómicos. (MARN, 2018, p.10)

#### **2.2.4.4 Selección de muestra**

La muestra se selecciona por el método de muestreo simple aleatorio, que consiste en escoger de las unidades muestrales un total de viviendas, de tal modo que cada una tenga la misma posibilidad de ser escogida. (MARN, 2018, p.11)

#### **2.2.4.5 Recolección de muestra**

La recolección de las muestras es por estrato, para evitar que las bolsas se confundan (esto no aplica si es estrato mixto). Se recomienda que por medio de un llamado (la bocina del picop o megáfono) se anuncie que en ese momento se está realizando la recolección de las bolsas; esto reducirá notablemente el tiempo. (MARN, 2018, p.13)

#### **2.2.4.6 Análisis de muestra**

Cuando se analicen las muestras se determinarán las características físicas, se calculará peso, volumen y densidad para poder obtener la PPC y en base a ello realizar el estudio de caracterización. (MARN, 2018, p.14- 18)

### **2.2.5 Plan para la gestión integral de residuos y desechos sólidos**

La caracterización de residuos y desechos sólidos proporciona la información esencial que guía el desarrollo y la implementación efectiva de un plan integral de gestión de residuos, por lo cual el MARN en 2021, lo describe como: Instrumento de planificación que establece los objetivos propuestos a mediano y largo plazo, junto con las estrategias generales propuestas para alcanzarlos, involucrando aspectos técnicos, económicos, administrativos, sociales, educativos y legales; asimismo, podrá incluir las políticas básicas para el establecimiento, la ampliación o la optimización de la prestación de los

servicios municipales relativos a la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes. Se basa en uno o más estudios de caracterización de los residuos y desechos sólidos en concordancia con el código municipal y las especificaciones técnicas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (p.7)

#### **2.2.5.1 Reciclaje**

Utilizando la información del MARN (2021) describe que “Procesamiento de materiales recuperados a partir de residuos sólidos comunes, que permite, por medio de la aplicación de transformaciones físicas, químicas, biológicas o una combinación de estas, la modificación de sus propiedades, de manera que sea factible su reutilización”. (p. 7)

#### **2.2.5.2 Relleno sanitario**

Conjunto de obras de ingeniería que permiten la disposición final de desechos sólidos, sistemática, por medio de su acomodo, compactación y recubrimiento sanitario con materiales inertes, así como el control permanente de las emisiones generadas por el sistema. (MARN, 2021, p7)

#### **2.2.5.3 Separación**

Segregación metódica de los residuos y desechos sólidos comunes, al momento de su generación, en categorías establecidas en el presente Reglamento de acuerdo con sus características físicas y químicas. (MARN, 2021, p.8)

#### **2.2.5.4 Economía circular**

En 2021, el MARN describe este término como:

Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, teniendo en cuenta la sostenibilidad y capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y sectores públicos y privados, así como el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sustentable. (p.6)

La integración de indicadores ambientales en un plan de gestión de residuos y desechos sólidos no solo mejora la efectividad y eficiencia de las acciones tomadas, sino que también asegura que estas acciones estén alineadas con los objetivos ambientales más amplios de sostenibilidad y protección del medio ambiente.

### **2.2.6 Indicadores ambientales**

La integración de indicadores ambientales en un plan de gestión de residuos y desechos sólidos no solo mejora la efectividad y eficiencia de las acciones tomadas, sino que también asegura que estas acciones estén alineadas con la legislación ambiental vigente y protección del medio ambiente. (Universidad Rafael Landívar, 2004, p.5)

Los indicadores ambientales son una señal o signo que reflejan la situación del ambiente y permiten evaluar y seguir las medidas de protección ambiental implementadas por cada país. (SINIA, 2020, p.2)

Los indicadores ambientales de residuos y desechos sólidos son variables que se utilizan para medir el impacto de la generación, manejo y disposición final de estos residuos en el medio ambiente. Estos indicadores pueden ser cuantitativos, cualitativos o ambos. (SINIA, 2020, p.7)

También se utilizan para evaluar el desempeño de los sistemas de gestión de residuos sólidos. Estos indicadores pueden ayudar a los gobiernos, las empresas y las organizaciones a identificar áreas de mejora en la gestión de residuos y desechos sólidos. (SINIA, 2020, p.7)

### **III. Objetivos**

#### **3.1 General**

- Caracterizar las propiedades físicas de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán, Totonicapán.

#### **3.2 Específicos**

- Determinar las características físicas de los residuos y desechos sólidos generados
- Calcular los indicadores ambientales de los residuos y desechos sólidos
- Proponer un plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos

## IV. Materiales y métodos

### 4.1 Materiales

En las tablas 2, 3 y 4 se detallan los recursos empleados en la planificación y ejecución de la investigación, especificando los materiales utilizados, el recurso humano involucrado y el costo total de la investigación.

**Tabla 2. Costo de materiales y equipo utilizados para la caracterización.**

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario(Q)</b>	<b>Costo total (Q)</b>	<b>Financiamiento</b>
Libreta de campo	1	10.00	10.00	Estudiante EPS
Libro diario	1	15.00	15.00	Estudiante EPS
Lapiceros	10	2.00	20.00	Estudiante EPS
Guantes de látex	1	64.00	64.00	Servicios públicos
Guantes doble corte	15	50.00	750.00	Servicios públicos
Mascarillas N95	15	08.00	120.00	Servicios públicos
Chalecos reflectivos	5	55.00	275.00	Servicios públicos
Cinta métrica	1	55.00	55.00	Estudiante EPS
Martillo	1	35.00	35.00	Estudiante EPS
Cinta reflectiva	1	60.00	60.00	Estudiante EPS
Cinta de precaución	1	55.00	55.00	Estudiante EPS
Costales	20	02.00	40.00	Estudiante EPS
Cajas de cartón	20	01.00	20.00	Estudiante EPS
Pesa romana	2	55.00	110.00	Estudiante EPS
Boletas de entrevista	50	02.00	100.00	Estudiante EPS
Calcomanías para viviendas	375	01.00	375.00	Estudiante EPS
Total				Q 2,214
<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario alquiler (Q)</b>	<b>Costo total alquiler(Q)</b>	<b>Financiamiento</b>
Cámara fotográfica	1	500	500	Estudiante EPS
Teléfono celular	1	500	500	Estudiante EPS
Computadora	1	1000	1000	Estudiante EPS
Toldo	1	500	500	Estudiante EPS
Conos con reflectivo	2	100	200	PMT
Total				Q 2,700.00

Nota. Con base a cotizaciones realizadas en comercios de Totonicapán, 2023

**Tabla 3. Recurso humano para la caracterización de residuos y desechos sólidos**

No	Recurso Humano	Intervención	Días de labor	Costo unitario Q	Costo total Q
1	Estudiante EPS	Estudio de caracterización de residuos y desechos sólidos	60	250.00	15,000.00
2	1 piloto de tren de aseo	Transporte de residuos y desechos solidos	15	75.00	1,125.00
3	3 recolectores	Recolección y disposición final de los RDS	15	75.00	3.375.00
4	5 trabajadores municipales	Apoyo en caracterización, limpieza y traslado de residuos y desechos solidos	15	75.00	5,625.00
Total			-----	Q 475.00	Q 25,125.00

Nota. Con base en el recurso humano utilizado para la caracterización de residuos y desechos solidos

**Tabla 4. Resumen del gasto total en la investigación**

Recurso	Aporte en quetzales (Q)
Materiales	2,214.00
Recurso humano	25,125.00
Alquiler de equipo	2,700.00
Total	30,039.00

Nota. Con base en los gastos realizados durante la caracterización de residuos y desechos solidos

## 4.2 Métodos.

Los métodos utilizados para realizar el estudio se describen a continuación:

### 4.2.1 Determinación del área de estudio

Se realizaron gestiones con la municipalidad, la alcaldía de la zona tres, personas de la comunidad y el personal operativo de servicios públicos para solicitar el apoyo en la realización de selección de muestra, recolección y caracterización de los residuos y desechos sólidos.

**Tabla 5. Actores que contribuyeron a la caracterización**

Actores	Función	Tiempo
Personal del tren de aseo	Apoyo en selección, recolección y transporte de muestra	01 al 31 de julio 01 al 15 de agosto
Servicios públicos	Donación de EPP	01 de julio
Alcaldía comunal zona 3	Proporcionar predio comunal para caracterización	01 al 31 de julio 01 al 15 de agosto
Peones municipales	Apoyo en caracterización	15 al 31 de julio 01 al 15 de agosto

Nota. Elaboración propia 2023

#### **4.2.1.1 Definición de estratos para caracterización**

Para determinar los estratos necesarios para la gestión integral de residuos y desechos en el municipio de Totonicapán, se consultó el acuerdo ministerial 07-2019, específicamente la "Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes", que establece los estratos que deben ser considerados para la recopilación de información, siendo éstos: comercios, mercado y viviendas

#### **4.2.1.2 Cálculo de muestra**

El estudio se realizó en el casco urbano del municipio de Totonicapán, utilizándose una muestra urbana para estimar la cantidad de residuos y desechos sólidos que se producen en todo el municipio. La información proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación, el Instituto Nacional de Estadística y los Sistemas de Información Geográfica, totalizó 29,702 viviendas en el municipio. que se distribuyeron para determinar la cantidad de muestra en cada uno de los estratos.

Para determinar el tamaño de la muestra para una población finita, se utilizó la siguiente fórmula de muestreo aleatorio simple, propuesta por Aguilar Barrojas (2005, pág. 4)

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

En donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población de estudio (29,702)

Z = Confiabilidad estadística (95%)

p = Probabilidad de éxito (0.50)

q = Probabilidad de fracaso (0.50)

e = error máximo admisible (5%)

$$n = \frac{(29,702) (1.95)^2 * (0.50) * (0.50)}{0.05^2(29,702 - 1) + 1.95^2 * 0.50 * 0.50}$$

$$n = 375$$

La muestra determinada para la caracterización de residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán es de 375 viviendas, distribuidas en las 5 rutas de recolección, para la determinación del porcentaje por ruta o estrato se utilizó el método estratificado descrito en el siguiente inciso.

#### 4.2.1.3 Muestreo

El muestreo se realizó mediante un método estratificado. Para ello, se dividió la población en estratos, de acuerdo con las características que se deseaban estudiar. Luego, se calculó el peso proporcional para cada estrato, utilizando la fórmula de afijación proporcional. Con la siguiente formula descrita por la facultad de ingeniería en el Manual de Estadística Descriptiva (2011):

$$n_i = n \left( \frac{N_i}{N} \right)$$

En donde:

n = tamaño de la muestra

$N_i$  = número de unidades muestreadas en el estrato “i”

$N$  = número de unidades muestrales en la población

El muestreo estratificado por afijación proporcional asignó el peso proporcional a cada estrato. Con los datos definidos, se determinó la cantidad de muestra por estrato para la caracterización de viviendas, como se describe en el siguiente cuadro. (Metodología de selección se describe en el siguiente inciso)

**Tabla 6. Muestreo estratificado por afijación proporcional**

<b>Estrato</b>	<b>Descripción</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Peso proporcional</b>	<b>Muestra</b>
Lunes	Zona 1	1,891	12%	46
Martes	Zona 2, Cojxac y Chotacaj	3,186	21%	77
Miércoles	Zona 3	1,286	8%	31
Jueves	Zona 4, Xantun y Chiyax	3,446	22%	83
Viernes	Poxlajuj, Tres Coronas, Nimasac, Chuculjuyup, Chuicruz, Nimapa, Tierra Blanca, Paqui, Chuicruz	5,701	37%	138
Total		15,510	100%	375

Nota. Elaboración propia 2023

Para los estratos de mercado y comercios, no se calculó una muestra, ya que se consideró abarcar todos los comercios registrados. En el mercado, al ser un solo sitio, solo se señaló la metodología de caracterización.

#### **4.2.1.4 Selección de muestra**

Para la caracterización de los residuos sólidos generados en el mercado municipal durante una semana, se adecuó el espacio de disposición final de esta área. El proceso consistió en permanecer en el tren de aseo asignado al mercado, donde se recolecta toda la basura generada. El trabajo de caracterización se realizó de 7:00

a.m. a 6:00 p.m., separando y clasificando los materiales en orgánico, metal, plástico, sanitario, peligrosos, multicapa, papel y cartón. Finalmente, se calculó el peso y el volumen de cada tipo de residuo y desecho.

Para la caracterización de los comercios del municipio de Totonicapán, se utilizó la información proporcionada por el departamento municipal de cobros. Esta información incluía la lista, dirección y características de todos los comercios del municipio, clasificados en las siguientes categorías:

- Tiendas
- Restaurantes
- Clínicas médicas
- Centros educativos
- Instituciones gubernamentales
- Hoteles
- Agropecuarias
- Salones de belleza
- Supermercados
- Centro comercial
- Almacenes

Para la selección de muestra de viviendas se utilizó la Regla de Sturges, planteada por la facultad de ingeniería de la USAC en el Manual de Estadística Descriptiva en el año 2011 en donde se describe la siguiente ecuación:

$$k = 1 + 3.3 \log n$$

Donde:

1= constante

3.3= constante

n= número de muestra (viviendas)

El resultado obtenido mediante la fórmula indicó la frecuencia con la que se debe recolectar una muestra de viviendas durante el recorrido del tren de aseo.

Para seleccionar las viviendas de la muestra, se utilizó la Regla de Sturges. Se hizo un recorrido y colocó una calcomanía a cada una de ellas en donde se determinó la

frecuencia de recolección por estrato, utilizando el método de muestreo de la regla de Sturges, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

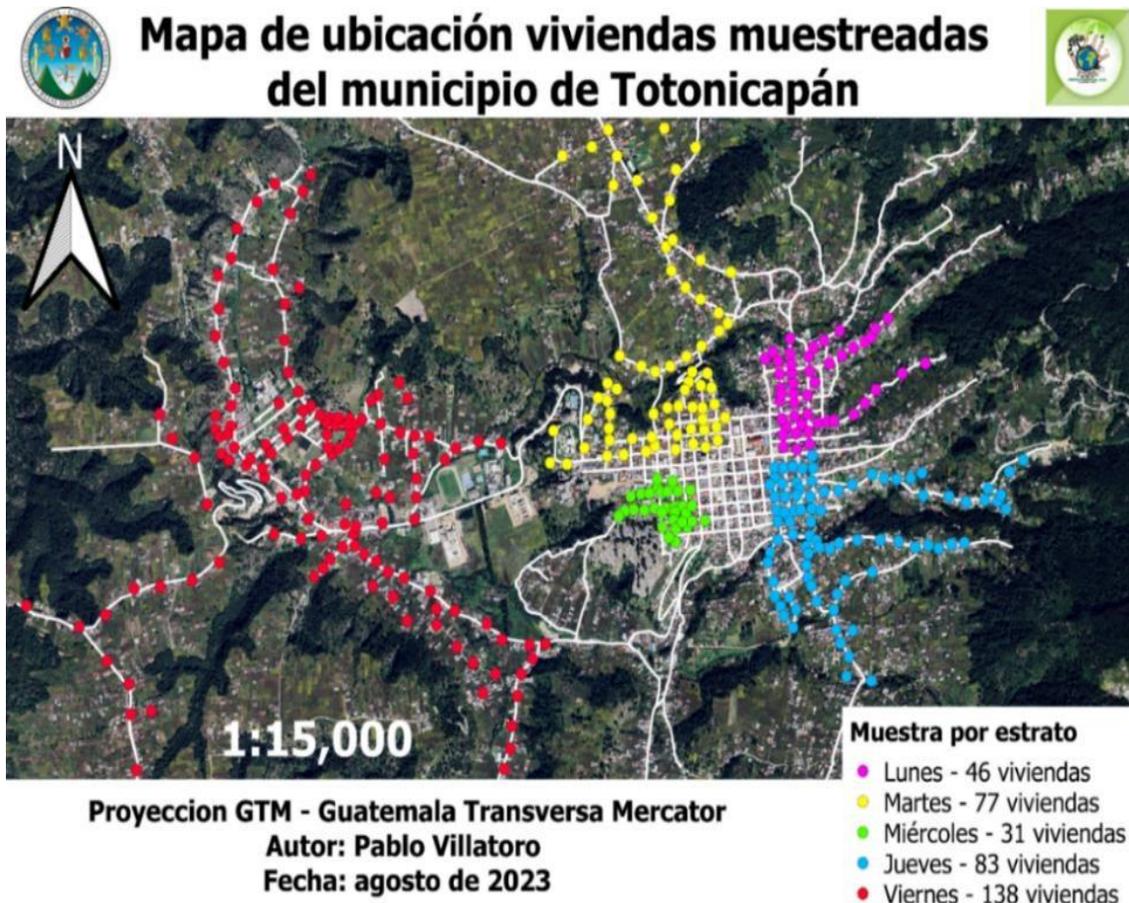
**Tabla 7. Frecuencia de recolección de residuos y desechos por estrato**

<b>Día de recolección</b>	<b>Cantidad de muestra</b>	<b>Frecuencia de recolección</b>
Lunes	46	Cada 6 casas
Martes	77	Cada 7 casas
Miércoles	31	Cada 6 casas
Jueves	83	Cada 7 casas
viernes	138	Cada 8 casas

**Fuente:** elaboración propia 2023

La selección de las viviendas mediante la frecuencia permitió obtener una muestra representativa para la caracterización y el cálculo de indicadores ambientales. Para ello, se definió la frecuencia de recolección y se realizó un recorrido de una semana con el servicio de recolección. Durante este recorrido, se identificaron las viviendas con una calcomanía proporcionada por la municipalidad. Las viviendas seleccionadas fueron las siguientes:

Figura 4.



Nota. Mapa elaborado en software libre QGIS®, 2023

#### 4.2.1.5 Recolección de muestra

La recolección de los residuos y desechos sólidos de comercios se realizó durante una semana, en la ruta del servicio de recolección se marcaron las bolsas provenientes de comercios y se separaron dentro del camión para poder trasladarlas al sitio utilizado para la caracterización, Luego de esto, se procedió a realizar la separación, clasificación, pesaje y cálculo de los indicadores ambientales.

En el recorrido del tren de aseo, se recolectaron las bolsas de residuos y desechos sólidos de las viviendas seleccionadas para la muestra. Esta metodología permitió que la muestra se separara correctamente durante la recolección, ya que las viviendas se recolectaron en el mismo orden en el que se habían seleccionado, facilitando la separación y su posterior transporte al sitio de análisis, donde se realizó la separación física y el cálculo de indicadores ambientales.

#### **4.2.2. Determinación de las características físicas de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.**

La metodología propuesta para la determinación de las características físicas de los residuos y desechos sólidos se basa en los siguientes pasos:

##### **4.2.2.1 Clasificación física de los residuos sólidos según su ubicación**

En la determinación de las propiedades físicas de los residuos y desechos sólidos del municipio, se abordaron aspectos como la distribución en áreas urbanas y rurales, la presencia de vertederos clandestinos, los métodos de disposición en estas áreas, así como las propiedades físicas de cada uno de los residuos y desechos sólidos.

Con el apoyo de los alcaldes comunales, personal de servicios públicos y la comisión de ambiente se clasificó el área urbana, rural y se identificaron los basureros clandestinos y sitios vulnerables a convertirse en basureros clandestinos.

Para la clasificación urbana y rural, se realizaron reuniones estratégicas con alcaldes comunales, esto permitió definir la forma en que se gestionarán los residuos y desechos sólidos de las comunidades que no cuentan con servicio de recolección municipal.

Durante las visitas a alcaldías comunales, se solicitó información a las comisiones de ambiente y agua sobre los botaderos no autorizados en las comunidades. Con esta información, se realizaron recorridos por las comunidades para la identificación y mapeo de puntos de localización.

##### **4.2.2.2 Peso**

Se utilizó una pesa romana para calcular el peso de los residuos y desechos sólidos en libras, convertido a kilogramos. Luego de este cálculo, se agrupó en cada uno

de ellos con base en la guía para la identificación gráfica de los residuos y desechos sólidos comunes, los cuales se describen como:

- Orgánico
- No reutilizable
- Sanitarios
- Papel y cartón
- Metal
- Plástico
- Vidrio
- Multicapa
- Peligrosos
- Inertes

#### 4.2.2.3 Composición física

Luego de determinar el peso de cada tipo de residuo, se calculó el porcentaje correspondiente para cada uno de ellos. Este cálculo se realizó diariamente y al finalizar el período de estudio, se promediaron los datos obtenidos para obtener una muestra representativa por tipo de residuo. Se utilizó la siguiente fórmula siguiendo la metodología del MARN (2018)

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ por día} = \frac{\text{Peso de cada residuo}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

#### 4.2.3 Cálculo de los indicadores ambientales de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán

La metodología propuesta para el cálculo de los indicadores ambientales de los residuos y desechos sólidos se basa en los siguientes pasos:

##### 4.2.3.1 Cálculo de volumen y densidad de los residuos y desechos

Para calcular el volumen y la densidad de los residuos y desechos sólidos, se utilizaron cajas de dimensiones establecidas. Al medir la altura de los residuos y desechos sólidos ya clasificados dentro de las cajas y el área de la base de las cajas, se calculó el volumen mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Área (m}^2\text{)}}{\text{Altura (m)}}$$

Al contar con el volumen se calculó la densidad de cada una de las clasificaciones de desechos utilizando la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{masa (kg)}{volumen (m^3)}$$

#### 4.2.3.2 Cálculo de la producción per cápita

Para el cálculo de la producción per cápita (PPC), se implementó la siguiente fórmula, siguiendo la metodología del MARN (2018):

$$PPC = \frac{1}{7} * \frac{A}{B} * P$$

Donde:

A= masa (kg) de los desechos generados durante una semana.

B= Número total de habitantes de la muestra

P= Población total del casco urbano

Para calcular la producción per cápita es necesario conocer la cantidad de habitantes por vivienda, dato proporcionado por la directora del área de salud del municipio, Dra. María Luisa Paz, quien informó que el promedio de habitantes por vivienda en el municipio es de 5.5. Al multiplicar este valor por el número de viviendas muestreadas, se obtiene la cifra de producción per cápita en kg/hab/día.

#### 4.2.3.3 Cálculo de producción per cápita integrada

Para calcular la producción per cápita integrada, se aplicó la fórmula especificada en el inciso anterior a cada estrato. Luego, se sumó el resultado de cada estrato para obtener el valor completo de la generación de residuos y desechos sólidos a

nivel municipal. Utilizando la metodología planteada por el MARN la fórmula fue la siguiente:

$$\text{PPC integrada} = \text{PPC1} + \text{PPC2} + \text{PPC3}$$

#### **4.2.3.4 Estimación de la producción de residuos y desechos sólidos futuros**

Se determinó la producción anual de desechos sólidos, clasificados en orgánicos, inorgánicos recuperables e inorgánicos no recuperables, utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen} = \frac{\text{producción en kilogramos}}{\text{densidad}}$$

Para determinarlo, se utilizaron dos indicadores: la producción per cápita y la tasa de crecimiento del municipio de Totonicapán. Para proyectar la población y la cantidad de residuos y desechos sólidos, se opta por utilizar la metodología del Instituto Nacional de Estadística, descrita en el documento titulado “Estimaciones y proyecciones nacionales de población 2019”, en donde se describe la tasa de crecimiento poblacional para Totonicapán en cada uno de los años. Este procedimiento, identifica la producción real de los residuos y desechos sólidos, al día, semana, mes y año para tener datos reales de la generación de RDS.

#### **4.2.4 Propuesta de plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos**

Con relación a la propuesta del plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos se utilizó la metodología planteada en la guía práctica para la formulación de planes municipales para la gestión integral de residuos y desechos sólidos, que permitió plantear el análisis de situación actual, sensibilizar y comprometer a las autoridades con la GIRDS, basándose en los siguientes pasos:

#### **4.2.4.1 Análisis de situación actual del municipio de Totonicapán**

Con base a los resultados e indicadores ambientales se definió la situación actual del municipio de Totonicapán, teniendo en consideración los aspectos descritos en el acuerdo gubernativo 164-2021, enfocados en los siguientes indicadores:

- Peso
- Volumen
- Densidad
- PPC
- Proyección real de los residuos y desechos sólidos

##### **a. FODA**

Se realizó un análisis FODA para identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la gestión integral de residuos y desechos sólidos en el municipio.

Este análisis permitió definir los principales problemas en materia de residuos y desechos sólidos. Los resultados del análisis ayudaron a identificar las ventajas y desventajas que tiene el municipio para la implementación de la gestión integral de residuos y desechos sólidos.

##### **b. Árbol de problemas**

Para su elaboración, se identificó el problema central, sus causas y sus efectos. Una vez que este elemento fue identificado, se representó en un árbol, donde el problema central se encontró en la parte superior, las causas en la parte media y los efectos en la parte inferior. El árbol pudo ser validado con los actores involucrados para asegurar que reflejara la realidad del problema.

En este caso, el árbol de problemas identificó las causas y los efectos del problema de contaminación ambiental por residuos sólidos en el municipio. Este árbol fue utilizado como base para la planificación de proyectos de gestión de residuos sólidos.

**c. Identificación y establecimiento necesarios para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos.**

Los procesos necesarios para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos del municipio se identificaron con base al Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos acuerdo gubernativo 164-2021, su reforma 184-2023 y la Guía práctica para la formulación de planes municipales para la gestión integral de residuos y desechos sólidos. Este proceso fue desarrollado en base a los siguientes criterios técnicos descritos en dicha normativa:

- Educación y sensibilización ambiental: En la educación y sensibilización se definieron los mecanismos para difundir la información respecto al acuerdo gubernativo 164-2021 y se planificaron acciones de sensibilización ambiental.
- Clasificación primaria y secundaria: Luego de educar y sensibilizar se programó un lapso para cumplir con los plazos establecidos en la reforma al A.G. 164-2021 descrita en el A.G. 184-2023 para cumplir con la clasificación primaria y periódicamente cumplir con la secundaria.
- Salud y seguridad ocupacional: En este apartado se abordan los aspectos técnicos de seguridad y salud ocupacional (SSO) para el personal y los camiones destinados a la recolección, transporte y disposición final de los residuos y desechos sólidos.
- Transporte, disposición final y tratamiento: En esta etapa del plan, las autoridades municipales y los responsables del plan se reunieron para definir el plan de acción para cada una de las etapas de la GIRDS.

## V. Resultados y discusión

### 5.1 Características físicas de los residuos y desechos sólidos del municipio de Tonicapán.

Se identificó que 26 comunidades del municipio tienen cobertura del servicio de recolección municipal o privado para gestionar sus residuos. De las cuales 6 optan por disposiciones individuales, llevando sus desechos al vertedero de la zona 3, 10 comunidades entierran sus residuos en terrenos privados, mientras que otras 16 ubicadas en áreas rurales, optan por métodos de eliminación como la quema para tratar sus desechos sólidos.

**Tabla 8. Clasificación y disposición de los residuos y desechos sólidos urbanos y rurales**

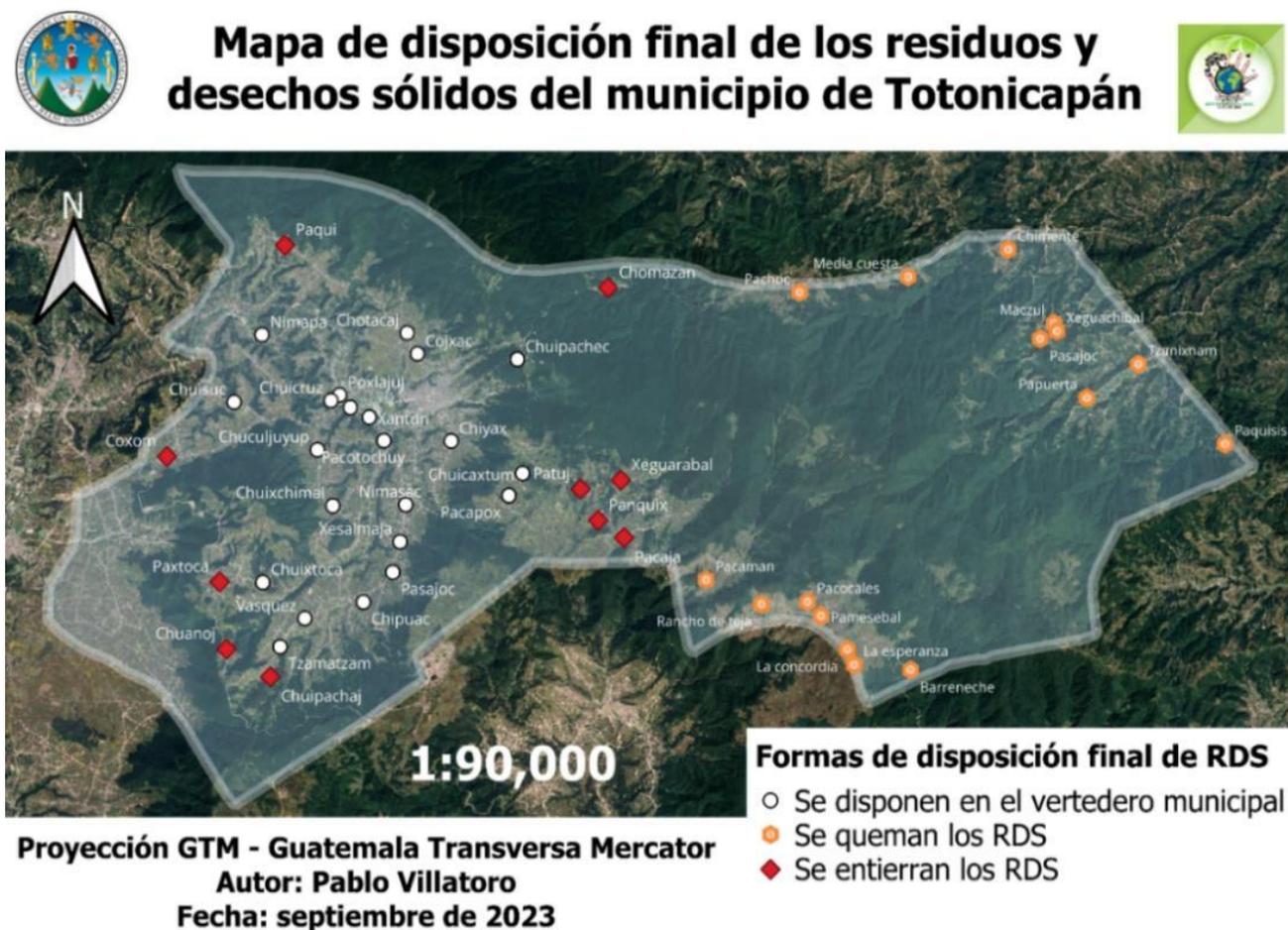
Área	No. de comunidades	Método de disposición final	Método de transporte
Urbana	26	Vertedero municipal y comunales	Servicio de recolección municipal Servicio de recolección privado De forma individual
	10	Enterrarla	N/A
Rural	16	Quema	

Nota. Elaboración propia 2023 N/A: No aplica

En el municipio, el manejo de residuos y desechos sólidos se realiza de tres maneras diferentes, dependiendo de la ubicación de las comunidades. En las comunidades cercanas al casco urbano, que cuentan con servicios básicos, se utiliza el servicio de recolección municipal o servicios privados. Los desechos son depositados en el vertedero municipal de la zona 3. En las comunidades que no cuentan con servicios básicos y están a una distancia considerable del casco urbano, se utilizan terrenos

privados para la disposición de los residuos. En las comunidades más alejadas del municipio, la quema es el método utilizado para eliminar los desechos sólidos.

Figura 5.



Nota. Mapa elaborado en software libre QGIS®, 2023.

Esto da como resultado que en Totonicapán, el 40% de las comunidades tienen acceso al servicio de recolección municipales, el 31% opta por la quema de sus desechos, el 19% prefiere la disposición mediante entierro, y el 10% elige servicios privados de recolección, como se observa en la siguiente figura:

**Figura 6. Métodos de eliminación de residuos y desechos sólidos en Tonicapán**



Nota. Elaboración propia 2023

### 5.1.1 Basureros no autorizados a nivel municipal

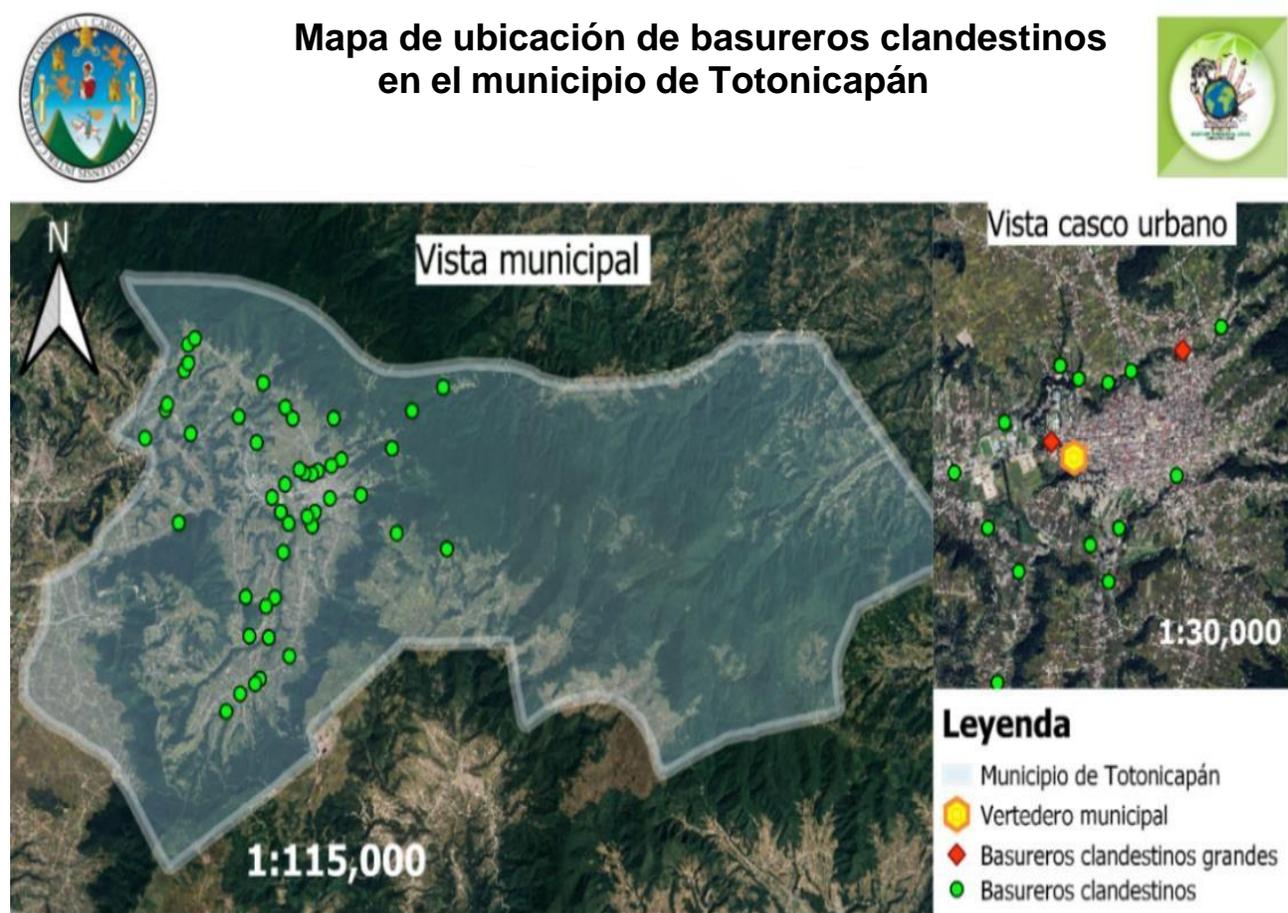
La proliferación de basureros no autorizados es una de las principales problemáticas en el municipio. Tras un análisis de la clasificación y disposición final de residuos sólidos, así como la observación de basureros durante los recorridos en el municipio, se identificó que la concentración de estos basureros clandestinos se encuentra en las zonas pobladas cercanas al casco urbano.

Uno de los rasgos distintivos del municipio son las comunidades y sus comités de ambiente, los cuales trabajan en la prevención de estas problemáticas. No obstante, a pesar de estos esfuerzos, se han identificado un total de 38 basureros clandestinos, teniendo en cuenta la clasificación entre áreas rurales y urbanas.

Cabe destacar que en el lado este del municipio, donde la mayor parte del territorio pertenece al bosque comunal, no se han observado basureros clandestinos. Esto se debe

a que solo se encuentran 16 comunidades en esta región que optan por la quema como método de disposición de sus desechos en lugar de establecer un lugar específico para su eliminación. Además, la producción de desechos en las comunidades rurales es menor en comparación con las urbanas, lo que podría explicar la ausencia de basureros clandestinos en esta área.

Figura 7.



Proyección GTM - Guatemala Transversa Mercator

Autor: Pablo Villatoro

Fecha: septiembre de 2023

Nota. Mapa elaborado en software libre QGIS®, 2023.

### 5.1.2 Peso

Los resultados del pesaje de los residuos y desechos sólidos por estrato muestreado en el municipio permitieron identificar la principal fuente de generación de estos residuos. En este caso, la información obtenida fue la siguiente:

**Tabla 9. Composición de los residuos y desechos sólidos por estrato**

<b>Estrato</b>	<b>Cantidad en kg/semanal</b>	<b>Porcentaje</b>
Viviendas	16,135	41%
Comercios	10,041	26%
Mercado	13,185	33%
<b>Total</b>	<b>39,361</b>	<b>100%</b>

Nota. Elaboración propia 2023

En Totonicapán, el estrato residencial es la fuente principal de generación de residuos y desechos sólidos, contribuyendo significativamente a la cantidad total de desechos en la localidad. Durante el proceso de caracterización de las viviendas, se recolectó un total de 16.135 kilogramos de residuos y desechos sólidos, lo que equivale al 41% del total de residuos y desechos registrados. Esto demuestra que las viviendas son la categoría más significativa en términos de producción de residuos.

En contraste, el mercado local contribuye con otro segmento importante de los residuos sólidos. Se registraron un total de 13.185 kilogramos de desechos en el mercado, lo que representa el 33% del total de residuos recolectados. Esta cifra refleja la relevancia de las actividades comerciales en la generación de desechos en la comunidad.

Los establecimientos comerciales, por su parte, también hacen su contribución a la generación de residuos sólidos. Se obtuvo un total de 10,041 kilogramos de desechos en los comercios, lo que corresponde al 26% de la cantidad total de residuos y desechos sólidos registrados.

Después de llevar a cabo el proceso de separación física y clasificación de los residuos y desechos sólidos, se llevó a cabo la etapa de pesaje en tres estratos. Los resultados obtenidos se basaron en la clasificación primaria y secundaria establecida por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, lo cual permitió tener un análisis más detallado de la composición de los residuos.

Tras realizar el proceso de separación y clasificación de los residuos y desechos sólidos en el municipio, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 10. Peso de los residuos y desechos sólidos**

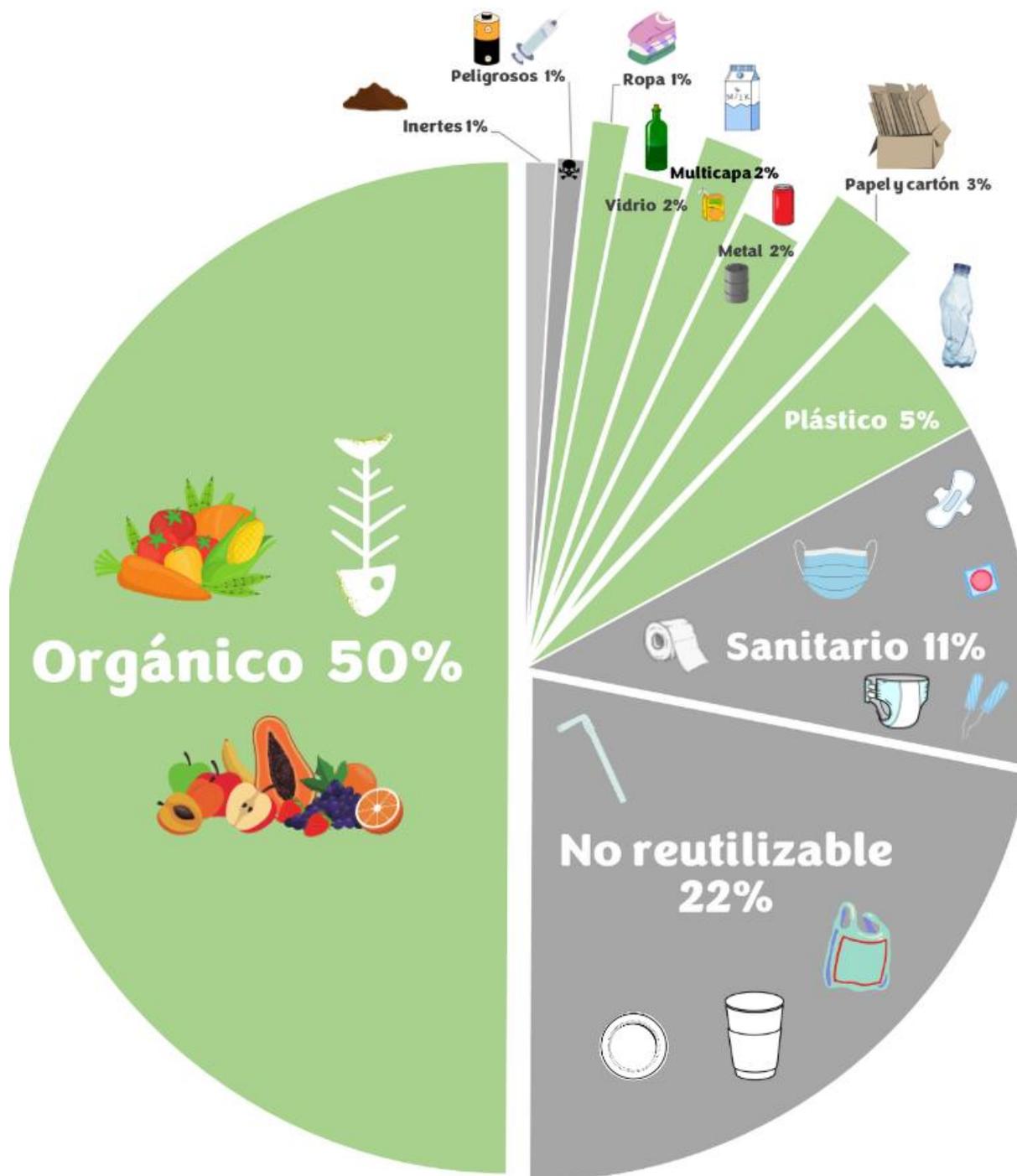
<b>Material</b>	<b>Peso en kg semanal</b>	<b>Porcentaje</b>
Orgánico	19,681	50%
No reutilizable	8,659	22%
Sanitario	4,330	11%
Plástico	1,968	5%
Papel y cartón	1,181	3%
Metal	968	2%
Multicapa	839	2%
Vidrio	812	2%
Ropa	396	1%
Peligrosos	289	1%
Inertes	235	1%
<b>TOTAL</b>	<b>39,361</b>	<b>100%</b>

Nota. Elaboración propia 2023

### **5.1.3 Composición física de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.**

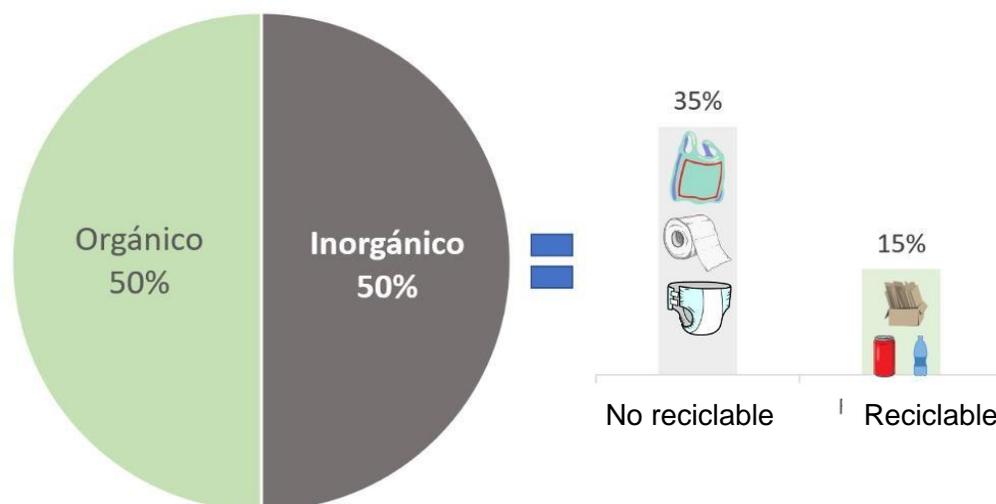
La información obtenida de estos resultados permite proponer acciones dirigidas hacia una gestión más eficiente de los residuos y desechos sólidos. Se evidencia que el 65% de la producción de residuos y desechos sólidos del municipio puede ser sometido a procesos de tratamiento o ser comercializado (orgánicos, papel y cartón, multicapa, metal, vidrio y ropa) mientras que el restante 35% requiere ser dispuesto adecuadamente en un relleno sanitario para su eliminación final (sanitario, no reutilizable, peligrosos e inertes).

**Figura 8. Composición general de los residuos y desechos sólidos del municipio de Tonicapán**



Nota. Elaboración propia 2023

**Figura 9. Composición específica de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán**



Nota. Elaboración propia 2023

Los residuos y desechos sólidos se dividen en tres categorías principales: residuos orgánicos, residuos reciclables y residuos no reciclables. Los residuos orgánicos representan aproximadamente el 50% del total, mientras que los residuos reciclables y no reciclables conforman el 15% y el 35% respectivamente.

En el caso de los residuos reciclables, se pueden desglosar aún más en función de su composición. Dentro de la categoría de residuos reciclables, se estima que aproximadamente el 5% corresponde a plástico, el 3% a papel y cartón, el 2% a metal, multicapa y vidrio. Además, se ha identificado que alrededor del 1% de los residuos reciclables consiste en prendas de vestir.

Estos datos reflejan un patrón de consumo elevado de residuos y desechos sólidos en Totonicapán.

## 5.2 Indicadores ambientales del municipio de Totonicapán.

### 5.2.1 Volumen

Después del pesaje y la separación física de la muestra, los desechos se colocaron en cajas de dimensiones conocidas. Para cada material, se utilizó una caja específica. Al llenar cada caja, se midió su altura para calcular su volumen. Los resultados de este cálculo fueron los siguientes:

**Tabla 11. Volumen de los residuos y desechos sólidos**

Material	Volumen m <sup>3</sup>	Porcentaje %	Cajas
Orgánico	115	22	35*55*35
No reutilizable	68	13	35*55*35
Sanitario	31	6	50*70*40
Plástico	89	17	35*55*35
Papel y cartón	99	19	40*70*90
Metal	57	11	35*55*35
Multicapa	10	2	35*55*35
Vidrio	42	8	35*55*35
Ropa	7	1	35*55*35
Peligroso	3	1	35*55*35
Inertes	2	0	35*55*35
<b>TOTAL</b>	<b>523</b>	<b>100</b>	

Nota. Elaboración propia 2023

Según los cálculos de volumen y el conteo total de cajas, se precisan que los residuos orgánicos ocupan el mayor volumen, con un total de 115 metros cúbicos.

El volumen de la muestra es un indicador del espacio que ocupan los residuos y desechos sólidos. En el caso de Totonicapán, los RDS orgánicos y reciclables ocupan la mayor parte del espacio, ya que representan el 79% del total (orgánico, papel y cartón, metal, multicapa, vidrio y ropa). Los RDS no reutilizables, sanitarios, peligrosos e inertes, que no se pueden procesar o recuperar, ocupan el 21% restante (no recuperables, sanitarios, peligroso e inertes). Estos RDS deben ser destinados a un relleno sanitario con las condiciones controladas.

### 5.2.2 Densidad

La densidad de los residuos es una medida de la cantidad de masa que ocupan un volumen determinado. Esta se obtiene al dividir la masa en el volumen, como se observa en la metodología (p.29) Los residuos tienen una ocupación espacial determinada, que depende de su densidad. Estos datos permitieron determinar la ocupación espacial de los residuos y desechos sólidos por metro cúbico en el municipio.

**Tabla 12. Densidad de los residuos y desechos solidos**

Material	Densidad Kg/m <sup>3</sup>
Orgánico	171
No reutilizable	127
Sanitario	140
Plástico	22
Papel y cartón	12
Metal	17
Multicapa	84
Vidrio	19
Ropa	57
Peligroso	96
Inertes	119
TOTAL	864

Nota. Elaboración propia 2023

Esta ocupación de los residuos y desechos sólidos es necesaria para poder formular espacios para el tratamiento y disposición final de los mismos, para ello es necesario que se tomen en cuenta los datos de la muestra y se realicen las proyecciones necesarias.

### 5.2.3 Producción per cápita del municipio

La PPC se obtuvo al multiplicar el promedio de la producción de RDS por el número total de habitantes

- Per-cápita viviendas = 1.0244 kg/hab/día
- Per-cápita comercios = 0.0085 kg/hab/día
- Per-cápita mercado = 0.0112 kg/hab/día
- Per-cápita integrada = 1.0244 + 0.0085 + 0.0112 = 1.0441 kg/hab/día

La producción per-cápita del municipio es de 1.0441 kg/Hab/día, lo cual es un indicativo alto en comparación a municipios como Escuintla, Mazatenango o la Ciudad de Guatemala. En particular, si se centra en la producción per-cápita domiciliar, los resultados de la caracterización indican que es de 1.0244 kg/Hab/día. Este promedio supera el estándar establecido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) para Guatemala, que es de 0.515 kg/Hab/día.

Es un indicativo que un habitante de Totonicapán duplica la producción per cápita de cualquier otro habitante de la república de Guatemala, de acuerdo con el estudio realizado por el MARN, titulado Diagnóstico del proyecto, plan nacional.

Si se compara la producción per cápita (PPC) de 1.0244 kg/hab/día en las viviendas actuales con el estudio realizado por Dardón, M (2019), que registró una PPC de 0.503 kg/hab/día, se observa un incremento del doble en la producción per cápita en un lapso de 4 años. Este aumento puede atribuirse a varios factores, como la influencia de la pandemia y la amplitud de la muestra utilizada en los estudios. Sin embargo, al considerar la PPC de los comercios y mercados, se evidencia un patrón de consumo excesivo en Totonicapán. Esta tendencia dificulta la viabilidad de cualquier vertedero para gestionar la producción de residuos y desechos sólidos, lo que plantea un desafío significativo en cuanto a la gestión de estos materiales.

#### **5.2.4 Proyección de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán**

Con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) y los datos obtenidos en la caracterización, se realizó una proyección real de la generación de residuos y desechos sólidos. Los resultados de esta proyección fueron los siguientes:

**Tabla 13. Proyección de la producción de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán**

No.	Año	Población (considerar aumento anual del 0.05kg)	PPC	TOTAL kg/día	TOTAL kg/año	TOTAL ton/año
0	2023	168,631	1.0441	176,068	64,264,684	64,265
1	2024	170,891	1.0941	186,972	68,244,723	68,245
2	2025	173,107	1.1441	198,052	72,288,877	72,289
3	2026	175,281	1.1941	209,303	76,395,610	76,396
4	2027	177,416	1.2441	220,723	80,563,985	80,564
5	2028	179,508	1.2941	232,301	84,789,976	84,790
6	2029	181,559	1.3441	244,033	89,072,210	89,072
7	2030	183,569	1.3941	255,914	93,408,443	93,408
8	2031	185,541	1.4441	267,940	97,798,012	97,798
9	2032	187,476	1.4941	280,108	102,239,380	102,239
10	2033	189,371	1.5441	292,408	106,728,833	106,729
11	2034	191,231	1.5941	304,841	111,267,088	111,267
12	2035	193,055	1.6441	317,402	115,851,630	115,852
13	2036	194,844	1.6941	330,085	120,481,105	120,481
14	2037	196,598	1.7441	342,887	125,153,599	125,154
15	2038	198,317	1.7941	355,801	129,867,193	129,867
16	2039	200,001	1.8441	368,822	134,619,973	134,620
17	2040	201,650	1.8941	381,945	139,410,022	139,410
18	2041	203,263	1.9441	395,164	144,234,713	144,235
19	2042	204,839	1.9941	408,469	149,091,349	149,091
20	2043	206,377	2.0441	421,855	153,977,157	153,977

Nota. Elaboración propia 2023

Durante el estudio de caracterización, se recolectaron 39,361 kg de residuos y desechos sólidos. Estos datos se obtuvieron de la caracterización de mercados, comercios y 375 viviendas muestreadas. Una vez determinados los datos importantes, se realizó la proyección real de la generación de estos residuos.

Lo impactante de este dato es la cantidad de residuos que se están generando diariamente en Totonicapán, que asciende a 176,068 kg al día. Este dato es significativo, ya que ilustra la creciente problemática que enfrenta el municipio en cuanto a la gestión de los residuos y desechos sólidos. La producción de residuos y desechos sólidos alcanzará los 421,855 kilogramos por día para el año 2043. Este valor es muy elevado para un municipio de las dimensiones de Totonicapán, que tiene una población de 206,377 habitantes.

El hecho de que el crecimiento poblacional esté estrechamente vinculado a la generación de residuos es una realidad preocupante. La educación ambiental, la implementación de prácticas de reducción, reutilización y reciclaje, así como la inversión en infraestructuras para el manejo adecuado de los residuos, son aspectos que deben considerarse de manera prioritaria. Además, el fomento de políticas públicas que promuevan la responsabilidad individual y colectiva en la gestión de residuos puede tener un impacto significativo en la reducción de la generación de desechos.

### **5.3. Plan municipal para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.**

El plan municipal para la gestión integral de residuos y desechos sólidos se empleó como una herramienta para sensibilizar a la población sobre la problemática actual relacionada con estos desechos. A través de este plan, se presenta el análisis realizado durante la caracterización y las acciones propuestas para implementar una gestión integral adecuada de residuos en el municipio de Totonicapán, en cumplimiento con el Acuerdo Gubernativo 164-2021, como se detalla en los siguientes incisos:

### 5.3.1 Análisis de la situación actual del municipio

Con el objetivo de comprender mejor la generación de residuos y desechos sólidos en el municipio de Totonicapán, se realizó una proyección de las cantidades reales que se producen en el municipio por día:

**Tabla 14. Cuantificación de peso, volumen y densidad real de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán**

Tipo de material	Porcentaje %	Kilogramos por material al día	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup> al día
Orgánico	50	88,034	171	515
No reutilizable	22	38,735	127	297
Sanitario	11	19,368	140	138
Plástico	5	8,803	22	400
Papel y cartón	3	5,282	12	440
Metal	2	3,521	17	207
Multicapa	2	3,521	84	42
Vidrio	2	3,521	19	185
Ropa	1	1,761	57	31
Peligrosos	1	1,761	96	18
Inertes	1	1,761	119	15
TOTAL				2,288

Nota. Elaboración propia 2023

La relación entre la PPC y la población permitió calcular el tamaño necesario para el tratamiento o disposición final de cada material. Por ejemplo, los residuos orgánicos necesitan 515 m<sup>3</sup> de patio de secado para ser tratados adecuadamente al día, si la municipalidad abarcara la recolección de todo el municipio. Para el almacenamiento del centro de acopio de materiales reciclables, como papel, cartón, plástico, metal y multicapa, se necesitarían al día 1,305 m<sup>3</sup>.

El análisis realizado determinó que las dimensiones requeridas para darle tratamiento a la producción diaria de residuos sólidos son muy altas. Esto se asocia directamente con una alta producción per cápita en el municipio. Cualquier planificación basada en esta producción sobredimensionará las estructuras e infraestructuras destinadas al manejo de residuos y desechos sólidos, por lo que es necesario buscar los mecanismos para reducir la PPC en el municipio. En el proceso de caracterización de los residuos sólidos del mercado, se ha constatado que el método de recolección que implica el uso de un camión ubicado en las afueras del mercado, donde los vendedores depositan sus desechos. Sin embargo, se determinó que aproximadamente el 35% de los residuos sólidos no tienen origen en el mercado, lo que implica que solo el 65% de los residuos corresponden al mercado municipal.

En el caso de las viviendas y comercios el método de recolección, transporte y disposición final está a cargo de los servicios municipales, dichos servicios constan de un camión de volteo, un piloto y tres recolectores, la cobertura de recolección del servicio es muy limitada para el área cubierta por el mismo, a su vez se ven sobrepasados por la cantidad de residuos y desechos sólidos que se producen.

El servicio de recolección abarca solamente un pequeño porcentaje de todas las viviendas que deben estar incluidas en dicho servicio. Esto resalta la necesidad de establecer regulaciones que promuevan el uso del servicio por parte de la población, además de la urgencia de revisar y mejorar las rutas de recolección, evaluar la adquisición de un mayor número de camiones y aumentar la contratación de personal para llevar a cabo la recolección de manera efectiva como parte de la implementación de sistemas de gestión integral de residuos.

### **5.3.2 FODA**

Durante reuniones participativas con las dependencias municipales responsables de la gestión integral de residuos y desechos sólidos, así como con la comisión municipal compuesta por concejales, autoridades comunales y entidades gubernamentales, se logró realizar un análisis de la situación actual en cuanto al manejo de estos materiales.

El análisis FODA aportó la identificación de las principales carencias del municipio, así como las fortalezas y oportunidades de mejora que se tienen desde la responsabilidad ambiental que conlleva la municipalidad en su territorio. A partir de estas reuniones, se identificaron y definieron los resultados en la tabla 4.

Las principales estrategias definidas para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán son la implementación de la infraestructura adecuada, esto implica un sitio de disposición final adecuado, sistemas de recolección que cumplan con la demanda municipal, así como la adopción de planes, políticas y reglamentos que promuevan la reducción, reutilización y clasificación adecuada de los residuos y desechos sólidos. Las estrategias basadas en el FODA se encuentran en la tabla 5.

La buena organización comunitaria del municipio brinda la oportunidad de aumentar los ingresos municipales a través de la comercialización de materiales reciclados y compost.

**Tabla 15. Análisis FODA del manejo actual de los residuos y desechos sólidos**

Factores Internos	Factores Externos
<p><b>Debilidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El servicio de recolección municipal solo cubre el 13% de las viviendas.</li> <li>• La disposición final de residuos sólidos se realiza en vertederos a cielo abierto, lo que genera contaminación ambiental.</li> <li>• La infraestructura actual para el tratamiento y disposición final de residuos es insuficiente.</li> <li>• La falta de educación ambiental ha resultado en prácticas inadecuadas de disposición de residuos por parte de la población.</li> <li>• La municipalidad carece de una dependencia técnica que pueda darle manejo a los residuos y desechos sólidos</li> <li>• La falta de regulaciones ambientales a nivel local resulta en la baja adopción de los servicios municipales por parte de la población.</li> </ul>	<p><b>Amenazas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El crecimiento poblacional está generando un aumento en la generación de residuos y desechos sólidos.</li> <li>• Prórrogas en la legislación ambiental que impiden los objetivos de gestión integral de los residuos y desechos sólidos</li> <li>• Proliferación de basureros clandestinos</li> <li>• Aumento del riesgo sanitario del municipio</li> </ul>
<p><b>Fortalezas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La municipalidad ha mostrado interés en mejorar la gestión de residuos sólidos.</li> </ul>	<p><b>Oportunidades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La educación ambiental puede contribuir a reducir la generación de residuos sólidos.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"><li>• Existe legislación nacional en función al manejo de los residuos y desechos sólidos (Acuerdo gubernativo 164-2021 y su reforma 184-2023)</li><li>• El 65% de los residuos y desechos sólidos caracterizados son susceptibles de tratamiento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Existen instituciones que pueden apoyar a fortalecer los procesos de gestión integral de los residuos y desechos sólidos como el MARN, ONG'S, MSPAS e instituciones privadas.</li><li>• Se puede obtener financiamiento para la construcción de la infraestructura necesaria para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos.</li></ul>
--	---

Nota: Elaboración propia 2023

**Tabla 16. Estrategias basadas en FODA**

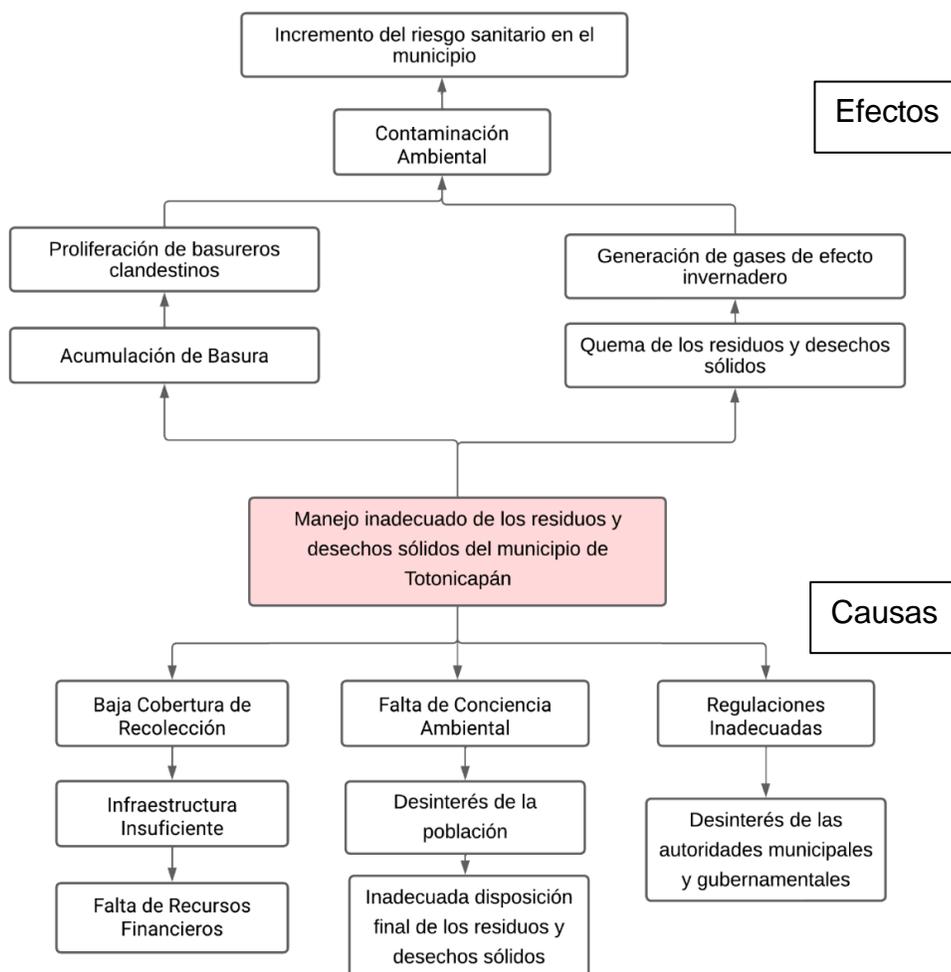
<b>Estrategias basadas en FODA</b>	
<p><b>Estrategia de crecimiento (Fortalezas/Oportunidades)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementar un centro de acopio para los residuos orgánicos en el mercado municipal, para fomentar la creación de abonos orgánicos y su comercialización.</li> <li>2. Crear reglamentos y normativas ambientales para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos.</li> <li>3. Promover la construcción de la infraestructura necesaria para la GIRDS (Relleno sanitario, patio de secado y centro de reciclaje)</li> </ol>	<p><b>Estrategias de defensa (Amenazas/Fortalezas)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crear normativas municipales que promuevan el cierre de los basureros clandestinos en el municipio de Totonicapán.</li> <li>2. Crear campañas de sensibilización ambiental que promuevan la clasificación primaria y secundaria como lo estipula el A.G. 164-2021.</li> <li>3. Promover la reducción del consumo de materiales de un solo uso como como bolsas plásticas, pajillas y duroport.</li> </ol>
<p><b>Estrategias de adaptación (Debilidades/Oportunidades)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Desarrollar un plan municipal de gestión integral de residuos sólidos que promueva la mitigación de la problemática a través de acciones de prevención, reducción, reutilización, reciclaje y tratamiento.</li> </ol>	<p><b>Estrategias de supervivencia (Debilidades/Amenazas)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Buscar el cierre del vertedero municipal.</li> <li>2. Desarrollar mecanismos para una disposición final de los residuos y desechos sólidos controlada.</li> <li>3. Fomentar la participación social para la reducción y reutilización de los residuos y desechos sólidos.</li> </ol>

Fuente: Elaboración propia 2023

### 5.3.3 Árbol de problemas

La esquematización de las causas y efectos es un paso fundamental para identificar el problema central. A continuación, se presenta un árbol de problemas que define el problema central, sus causas y efectos, para que se puedan plantear objetivos para su mitigación.

**Figura 10. Árbol de problemas – Causas y Efectos del manejo inadecuado de los residuos y desechos sólidos en el municipio de Tonicapán**

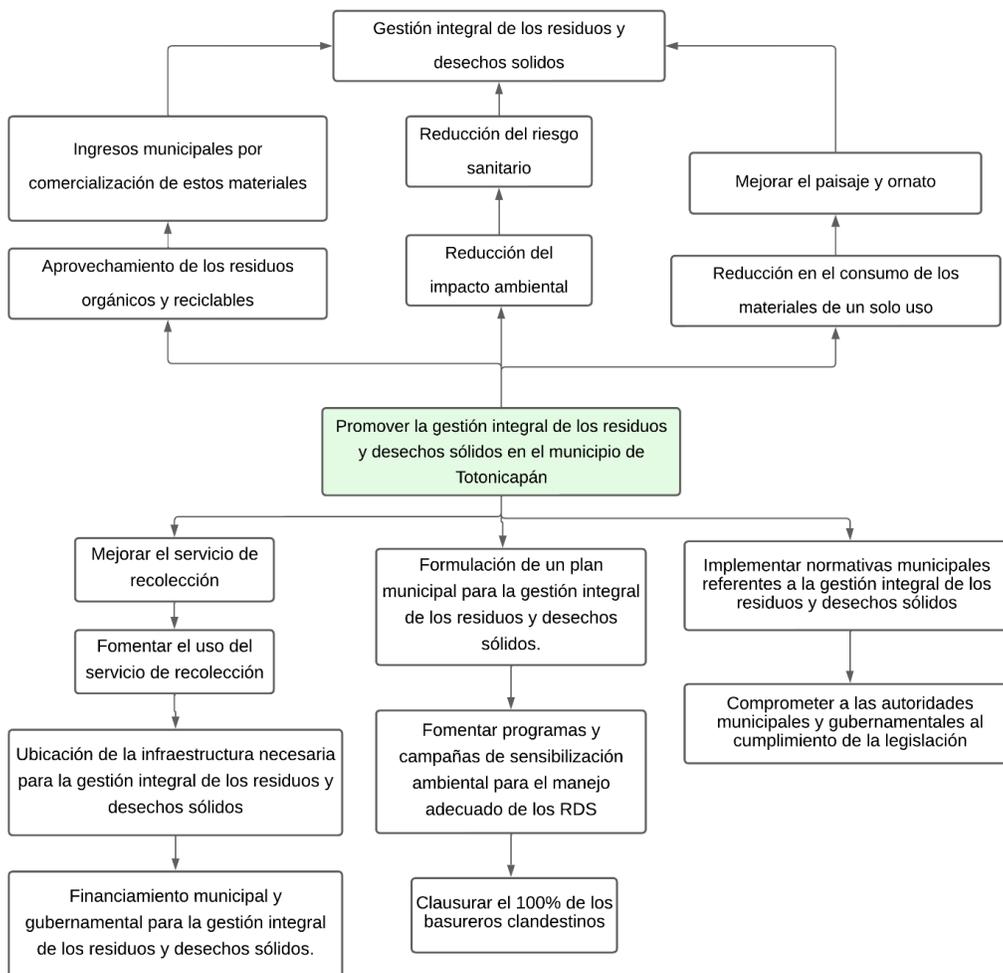


Nota. Elaboración propia 2023

### 5.3.4 Árbol de objetivos

A continuación, se presenta el árbol de objetivos, que propone soluciones a los problemas de en el municipio de Tonicapán.

**Figura 11. Árbol de objetivos – Gestión Integral de los residuos y desechos sólidos**



Nota. Elaboración propia 2023

El municipio de Tonicapán enfrenta un creciente problema de generación de residuos y desechos sólidos. Para mitigar esta problemática, el municipio se ha propuesto promover la gestión integral de estos materiales.

La gestión integral es un proceso que comprende la recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

Este proceso busca reducir la cantidad de residuos generados, así como el impacto ambiental y sanitario de los mismos.

Para promover la gestión integral, se desarrolló un árbol de objetivos. Este árbol identifica los siguientes aspectos relevantes para el manejo adecuado:

- Fomentar la comercialización de estos materiales: Esto permitiría obtener ingresos para el municipio y promover la economía circular.
- Fomentar la comercialización de estos materiales: Y así obtener ingresos para el municipio y promover la economía circular.
- Obtener ingresos a raíz de la reutilización de estos materiales: Los mismos concederían ingresos para el municipio y con eso reducir la cantidad de materiales que llegan a los sitios de disposición final.
- Reducir el impacto ambiental: Mediante la reducción de la cantidad de residuos generados y el tratamiento adecuado.
- Reducir el riesgo sanitario: A través de la disposición final adecuada.

Fomentar las prácticas sostenibles: Esto se logra mediante la educación y sensibilización de la población sobre la importancia de la gestión integral.

Las reuniones participativas y las herramientas utilizadas revelaron la necesidad de elaborar un plan municipal para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos. Este plan tiene como objetivo fortalecer los servicios municipales y dar cumplimiento al acuerdo gubernativo 164-2021 y su reforma 184-2023. El plan se basa en el fortalecimiento institucional y técnico para el manejo de estos materiales, como se describe a continuación.

### 5.3.5 Procesos necesarios para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos

Con el apoyo de las autoridades municipales y la comisión de ambiente, se formuló la agenda de trabajo, en donde se establecieron los tiempos de trabajo en cumplimiento con el acuerdo gubernativo 164-2021 y su reforma 184-2023, los lapsos se establecieron de la siguiente manera:

**Tabla 17. Agenda de trabajo para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos**

No	Actividad	Duración	Ente encargado
1	Divulgación de la información A.G. 164-2021 y sus reformas	5 meses Del 11 de agosto 2023 a 11 de enero 2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comisión de ambiente</li> </ul>
2	Educación y sensibilización ambiental	6 meses Del 11 de enero 2024 al 11 de julio del 2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comisión de ambiente</li> <li>Oficina forestal municipal</li> <li>Oficina municipal de educación</li> </ul>
3	Readecuación de los sistemas de recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos.	12 meses Del 11 de agosto 2023 al 11 de agosto 2025	<ul style="list-style-type: none"> <li>Servicios públicos</li> </ul>
4	Clasificación primaria de los residuos y desechos sólidos	6 meses Del 11 de agosto 2023 al 11 de febrero 2025	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comisión de ambiente</li> <li>Servicios públicos</li> <li>Servicio de recolección</li> </ul>
5	Clasificación secundaria de los residuos y desechos sólidos	Inicio Del 11 de febrero 2025 en adelante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comisión de ambiente</li> <li>Servicios públicos</li> <li>Servicio de recolección</li> </ul>
6	Proceso de estudio y análisis de reducción de producción per-capital del municipio	2 meses Del 11 de agosto 2023 al 11 de octubre 2024	<ul style="list-style-type: none"> <li>Profesional en gestión ambiental – nuevo estudio de caracterización para proyección de infraestructura</li> </ul>
7	Planificación de infraestructura para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos	Inicio Del 11 de febrero 2025 en adelante	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dirección municipal de planificación</li> <li>Profesional en gestión ambiental</li> </ul>

Nota. Elaboración propia 2023

Al definir la agenda de trabajo, se formularon las recomendaciones y acciones a realizar para los siguientes procesos:

### 5.3.5.1 Educación y sensibilización ambiental

En conjunto con las autoridades municipales, se realizaron campañas de sensibilización dirigidas a las autoridades comunales. En el Consejo Municipal de Desarrollo, se presentaron a los alcaldes comunales los resultados obtenidos, con el objetivo de que dimensionaran la problemática del municipio con respecto a los RDS.

**Figura 12. Campañas de sensibilización**



Fuente: Vásquez. R, 2023

Después de la presentación inicial, las alcaldías comunales solicitaron que las siguientes presentaciones se llevaran a cabo directamente frente a las comunidades. En respuesta a esta solicitud, se llevó a cabo la comunicación en las comunidades que forman parte del área urbana. Para ampliar la difusión, se utilizaron métodos adicionales como trifoliales y pancartas que contenían información detallada sobre las características del proyecto, destinadas a sensibilizar a la población. Con la colaboración del director de comunicación, se elaboraron estos materiales y se difundieron en una campaña de entrega.

Además, se coordinó con el departamento de recolección de residuos para distribuir estos documentos en conjunto con la facturación del servicio, aprovechando el momento en que se realizaba el pago correspondiente.

Figura 13. Material de campañas de sensibilización

**Municipalidad Totonicapán 2020-2024**

## ¡CLASIFIQUEMOS NUESTRA BASURA!

### 1 Reduce, Reutiliza, Recicla

Una excelente manera de comenzar es aplicando el enfoque de las tres "R": reducir, reutilizar y reciclar. La mejor manera de implementarlo es comenzar por reducir el consumo de materiales de un solo uso.

### 2 Aprende

Es esencial adquirir conocimientos sobre la clasificación primaria y secundaria, ya que sientan las bases para comenzar. A continuación, le presentamos la clasificación oficial aprobada por el Ministerio de Ambiente para su referencia.

Clasificación Primaria		Clasificación Secundaria					
Vidrio	Plástico	Vidrio	Plástico	Papel	Food	Plástico	Plástico
Vaso	Botella	Vaso	Botella	Papel	Food	Plástico	Plástico

### 3 Clasifica tu basura

La clasificación primaria es primordial para inicial, al establecer el sistema le daremos punto de partida a la secundaria. ¡VAMOS!

**Iniciemos con clasificación primaria**

**Sigamos con la clasificación secundaria**

**Municipalidad Totonicapán 2020-2024**

## RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS EN TOTONICAPÁN

### SITUACIÓN ACTUAL

EN EL MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN SE GENERAN:

- 146,960 KG DE BASURA AL DÍA
- 1,028,720 KG DE BASURA A LA SEMANA

**ACUERDO GUBERNATIVO 164-2021 (REGLAMENTO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES)**

### OBJETO

EL PRESENTE REGLAMENTO TIENE POR OBJETO ESTABLECER LAS NORMAS SANITARIAS Y AMBIENTALES QUE DEBEN APLICARSE PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES, EN FUNCIÓN DE ASEGURAR LA PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y EVITAR LA CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE. EL CUAL SERÁ APLICABLE A LOS ENTES SUJETOS AL PRESENTE REGLAMENTO.

## PLAZOS

LOS ENTES SUJETOS A LAS DISPOSICIONES DEL PRESENTE REGLAMENTO TENDRÁN UN PLAZO DE VENTICUATRO (24) MESES, CONTADOS A PARTIR DE LA ENTRADA EN VIGOR DEL PRESENTE REGLAMENTO PARA AJUSTARSE A ESTAS Y CUMPLIR CON SUS OBLIGACIONES.

LOS ENTES SUJETOS AL PRESENTE REGLAMENTO, EN UN PLAZO MÁXIMO DE SIETE AÑOS, IMPLEMENTARÁN LAS MEDIDAS QUE LA AUTORIDAD AMBIENTAL ESTABLEZCA PARA REDUCIR, REUTILIZAR Y RECICLAR PROGRESIVAMENTE LA PRODUCCIÓN Y/O IMPORTACIÓN DE MATERIALES DE DIFÍCIL DEGRADACIÓN PARA USO NACIONAL.

LA MUNICIPALIDAD DE TOTONICAPÁN A LA POBLACIÓN EN GENERAL INFORMA: QUE EN ATENCIÓN AL ACUERDO 164-2021, EMITIDO POR EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES-MARN- Y EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL - MSPAS-, A PARTIR DEL 11 DE AGOSTO DEL PRESENTE AÑO, SERÁ DE CARÁCTER OBLIGATORIO LA CLASIFICACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS QUE SE GENERAN. ANTE ESTO, SE HACE NECESARIO EL CAMBIO DE HÁBITOS EN EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS, DEBIENDO SEPARAR LOS RESIDUOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS, ASÍ COMO INICIAR CON EL RECICLAJE. LA MUNICIPALIDAD, COMPROMETIDA CON EL CUMPLIMIENTO DE DICHO ACUERDO, INICIARÁ ACCIONES NECESARIAS PARA QUE EN CONJUNTO CON LA POBLACIÓN CUMPLAMOS COMO VECINOS TOTONICAPENSES. INVITAMOS A TODA LA POBLACIÓN A INFORMARSE Y SER PARTE DE ESTE CAMBIO QUE ES EN BENEFICIO DE NUESTRO MEDIO AMBIENTE Y NUESTRA CASA COMÚN. ¡JUNTOS...SIGAMOS ADELANTE!

Fuente: Villatoro, P. 2023

Posterior a las campañas se propusieron las acciones para fomentar la educación ambiental en el municipio, las cuales se encuentran establecidas en el plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos (ver anexo.4)

### **5.3.5.2 Clasificación primaria y secundaria**

Luego de la educación y sensibilización, se debe implementar y exigir los procesos de clasificación primaria y secundaria, la población deberá de disponer de sus desechos según la clasificación que corresponda al tiempo estipulado por el MARN en el acuerdo gubernativo 164-2021 y sus reformas.

El siguiente paso definido es establecer los días de recolección por clasificación, en conjunto con la dirección municipal de servicios públicos se realizó un recorrido para mapear las rutas de recolección, con ese análisis, se implementaron estrategias para la recolección, dicho proceso se plasma en el plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos (ver anexo.4)

El siguiente aspecto es la promoción del servicio y la clasificación, con la propuesta de incentivos la municipalidad podrá incentivar a la población a realizar la clasificación y que estos materiales puedan ser comercializados o dispuestos en un sitio controlado.

### **5.3.5.3 Salud y seguridad ocupacional (SSO)**

En el capítulo dos del reglamento para la gestión integral de residuos y desechos sólidos, del artículo 5 al 11 se describen los principales lineamientos para la salud y seguridad ocupacional del personal encargado de la recolección, transporte y disposición final de estos materiales:

- Disposiciones para vehículos
- Disposiciones para la operación
- Alcances en materia de SSO
- Inmunización
- Normas mínimas en instalaciones – NRD2
- Tarjeta de salud
- Control de plagas

El análisis realizado durante el recorrido con el servicio de recolección determinó que la carga de trabajo en la recolección de residuos sólidos puede considerarse un trabajo de alto riesgo, por los siguientes factores:

- Alta demanda en la generación de RDS
- Alta probabilidad de accidentes
- Índice de severidad alto
- No existían antecedentes de evaluaciones de riesgos laborales

Estos aspectos incrementan la probabilidad de que los recolectores se expongan a peligros, como cortes, caídas y accidentes de tránsito. Actualmente, el servicio de recolección se encuentra saturado, ya que el camión suele transportar más residuos de los que pueden manejar. Esto reduce el tiempo disponible para que los recolectores identifiquen los peligros y tomen medidas para evitarlos. Por lo tanto, el equipo de protección personal es esencial para proteger a los recolectores de lesiones, sin embargo, el equipo proporcionado por la municipalidad tampoco es el ideal para las tareas realizadas.

Hasta ahora, se han registrado incidentes y accidentes que han causado lesiones a los recolectores. Estos incidentes incluyen cortes por contacto con superficies punzocortantes, caídas desde diferentes alturas y accidentes de tránsito.

La implementación de SSO para los colaboradores en el municipio no depende únicamente del personal de recolección, es un compromiso de la municipalidad, el darle capacitaciones y proporcionarles el equipo de protección personal mínimo, para poder reducir los riesgos derivados a las actividades de recolección, transporte y disposición final, dichos aspectos se pueden visualizar en el Plan para la Gestión Integral de los residuos y desecho solidos (Anexo.5) y en dos documentos elaborados en el municipio, la Guía de seguridad y manejo de los residuos y desechos sólidos y el Análisis de seguridad en el trabajo (Anexo.5)

### 5.3.5.4 Recolección, transporte, disposición final y tratamiento

Las rutas de recolección, vehículos y personal necesario fueron evaluadas con el equipo de facilitación, en este proceso se obtuvieron los siguientes resultados:

#### a. Recolección y transporte

Para cumplir con la clasificación primaria y secundaria de los residuos y desechos sólidos, establecida en el Acuerdo Gubernativo 164-2021, el equipo de facilitación propuso las siguientes acciones:

- Proporcionar la infraestructura necesaria para la recolección y transporte: En base al análisis realizado, se propuso actualizar las rutas de recolección y asignar un camión por ruta. En el caso de las rutas con menor carga pueden ser cubiertas por un camión y asignar uno específico para la ruta más grande.
- Proporcionar el personal necesario para la recolección y transporte: Para cumplir con este proceso, se requiere un equipo de 4 colaboradores por camión de recolección, conformado por un piloto, un cobrador y dos recolectores.

Estas acciones se enfocan en la siguiente información definida para la recolección y transporte:

**Tabla 18. Programa de recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.**

<b>Día</b>	<b>Recolección</b>	<b>Vehículos necesarios</b>	<b>Ruta</b>
Lunes	Orgánico	4	Zona 1
Martes	Inorgánico	4	Zona 2, Cojxac y Chotacaj
Miércoles	Reciclable	4	Zona 3
Jueves	Orgánico	4	Zona 4, Xantun y Chiyax
Viernes	Inorgánico	4	Poxlajuj, Tres Coronas, Nimasac, Chuculjuyup, Chuicruz, Nimapa, Tierra Blanca, Paqui, Chuicruz

Nota. Elaboración propia 2023

## b. Disposición final y tratamiento

En conjunto con las autoridades municipales, la Dirección Municipal de Planificación y el EPS de arquitectura se realizó la proyección de la infraestructura mínima para la disposición final y el tratamiento de los residuos y desechos sólidos que se generan en el municipio de Tonicapán, en donde se obtuvieron los siguientes resultados:

### - Orgánico

En las condiciones climáticas de Tonicapán, la descomposición de la materia orgánica requiere al menos 3 meses. Para acelerar el proceso, se utilizarán microorganismos de montaña. Por lo tanto, se necesitarán  $46,350\text{m}^3$  para un patio de secado y aboneras. La altura asignada para el patio de secado deberá ser de 2 metros, por lo que el área será de  $23,175\text{m}^2$ , para las aboneras se utilizará la misma área para 20 aboneras con una altura de 2 metros cada una.

### - Reciclable

Los materiales reciclables requieren menos espacio que los orgánicos para su tratamiento, ya que pueden almacenarse durante 15 a 30 días antes de ser comercializados. Por lo tanto, se necesitarán  $39,150\text{ m}^3$  para la separación, pesaje, almacenaje y venta de estos materiales, incluyendo el área de reciclaje, bodega y oficinas. La altura que se utilizará en el área será de 10 metros, por lo que el área necesaria para el centro de reciclaje, bodega y oficinas es de  $3,915\text{m}^2$ .

### - No reutilizables

Los materiales no reutilizables no pueden disponerse de otra manera, por lo que es necesario proyectar un lugar para su disposición final. Durante la proyección realizada se determina que el municipio produce  $468\text{m}^3$  de desechos al día, al año se producen  $170,820\text{m}^3$ , de mantenerse esta producción, las proyecciones para 10 años serían de  $1,708,200\text{m}^3$  y para 20 años son de  $3,416,400\text{m}^3$ . La altura designada para el relleno sanitario proyectado para 20 años será de 10 metros, por lo que el área necesaria para la infraestructura que albergará el relleno sanitario será de  $341,640\text{m}^2$ .

**Tabla 19. Dimensiones para la disposición final y tratamiento de los RDS**

<b>Tipo de material</b>	<b>Disposición fina o tratamiento</b>	<b>Área necesaria</b>
Orgánico	Compostaje	23,175 m <sup>2</sup>
Reciclables	Reciclaje y comercialización	3,915 m <sup>2</sup>
No reutilizable	Disposición en relleno sanitario	341,640 m <sup>2</sup>
Total		368,730 m <sup>2</sup>

Nota. Elaboración propia 2023

La alta producción per cápita de residuos y desechos sólidos en el municipio explica el valor elevado de la infraestructura necesaria para la gestión integral. Para esta gestión se requieren 368,730 m<sup>2</sup>. (Ver anexo 5, p.29).

## VI. Conclusiones

- La composición general de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán están compuestos por 50% de materiales orgánicos, 35% de desechos no reutilizables, sanitarios y peligrosos, lo que representa un porcentaje muy alto en el municipio, lo más preocupante es que únicamente el 15% de todos los materiales caracterizados puede ser reciclado.
- Se identificaron cuatro métodos de eliminación de residuos y desechos sólidos en el municipio. El 40% de la población utiliza los servicios municipales para la eliminación. El 31% de la población recurre a la quema como método de eliminación. El 19% de la población entierra los RDS, mientras que el 10% opta por servicios privados o propios para llevar sus residuos y desechos sólidos al vertedero municipal.
- El municipio produce 176,068 kilogramos de residuos y desechos sólidos al día. Esto equivale a 64,265 toneladas al año. Si el ritmo de consumo continúa, se producirán 421,855 kilogramos al día y 153,977 toneladas de residuos y desechos sólidos anuales para el año 2043.
- La producción per cápita en el municipio se sitúa en 1.0441 kg por habitante al día. Este dato duplica el indicador establecido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), que es de 0.515 kg por habitante al día. Esta diferencia indica un patrón de consumo excesivo en Totonicapán, que duplica la producción per cápita establecida por el MARN en estudios realizados en otros municipios.
- La planificación conjunta entre autoridades municipales y comunitarias fue un proceso exitoso que permitió identificar las principales problemáticas en materia de residuos y desechos sólidos (RDS) en el municipio. El análisis FODA y el árbol de problemas fueron herramientas útiles para identificar los factores internos y externos que influyen en la gestión de los RDS.

- La propuesta de plan para la gestión de los residuos y desechos sólidos en el municipio permitió establecer los mecanismos para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos (GIRDS). Se determinó que el municipio necesita al menos cuatro vehículos para la recolección y transporte, así como un área de 368,730 m<sup>2</sup> y cerca de 20 personas para la disposición final y tratamiento.

## VII. Recomendaciones

- A la municipalidad de Totonicapán como ente responsable de la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, es necesario que se lleve a cabo un estudio de caracterización específico destinado a evaluar los indicadores ambientales en el área rural.
- La municipalidad debe promover normativas que aborden el tema de los residuos y desechos sólidos y otorguen a las autoridades las herramientas necesarias para llevar a cabo la gestión integral de estos materiales.
- La municipalidad debe garantizar la asignación de fondos a las entidades responsables para llevar a cabo las acciones propuestas.
- El primer enfoque estratégico debe ser la implementación de programas de sensibilización y educación ambiental.
- Antes de implementar cualquier sistema de tratamiento en el municipio, resulta fundamental abordar la reducción de la producción per cápita. Dado que este indicador es significativamente elevado, su reducción es esencial para evitar la sobredimensión de cualquier infraestructura que se planee.
- Se debe establecer un centro de acopio en el mercado para los residuos orgánicos, con el fin de facilitar su recolección y transporte.
- Se recomienda establecer la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM) como responsable de la gestión integral de los residuos y desechos sólidos en el municipio.
- Es necesario dotar al personal del tren de aseo de los insumos y equipo necesario para los trabajos de recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos, como se establece en al A.G 164-2021.

- Se debe optimizar el servicio de recolección para abarcar todas las fuentes generadoras principalmente en el área urbana del municipio.
- Es necesario que la municipalidad asigne un área específica para la disposición final y tratamiento de los residuos y desechos sólidos generados en el municipio y que esta cumpla con los requisitos mínimos en cuanto a salud, seguridad y saneamiento.

## VIII. Referencias bibliográficas

- Aguilar-Barojas, S. (Agosto de 2005). *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud*. <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Alenza, J. (1997). *El sistema de gestión de residuos sólidos urbanos en el derecho español*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=116127>
- Bermeo, A. (Abril de 2020). *Gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos y sanitarios en el cantón Salitre provincia del Guayas*. [Trabajo de titulación, Ingeniería Ambiental, Universidad de Guayaquil]. <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/665d0c25-2b24-48e1-8487-eb51f406a012/content>
- Control y Monitoreo Ambiental del Estado Argentino. (s.f.). *Etapas de la gestión integral de residuos sólidos urbanos*. <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/control/rsu/etapas#:~:text=La%20gesti%C3%B3n%20integral%20es%20un,residuos%20enviados%20a%20disposici%C3%B3n%20final.>
- Dardón, M. (Febrero de 2020). *Caracterización de residuos y desechos sólidos generados en las viviendas del casco urbano del municipio de Totonicapán*. [Trabajo de graduación, Ingeniería en Gestión Ambiental Local, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://es.scribd.com/document/447888574/Caracterizacion-de-Residuos-y-Desechos-Totonicapan-2019>
- Díaz, G. (17 de Mayo de 2022). *Cuatro de cada diez hogares queman su basura*. <https://www.ojoconmipisto.com/en-guatemala-cuatro-de-cada-diez-hogares-queman-la-basura/>
- Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. (Noviembre de 2011). *Manual de estadística descriptiva*. [https://salazarvirtual.sistemaeducativosalazar.mx/assets/biblioteca/3f9c90045364522ad5b5d8167ef44fd6-Manual\\_E1\\_PDF.pdf](https://salazarvirtual.sistemaeducativosalazar.mx/assets/biblioteca/3f9c90045364522ad5b5d8167ef44fd6-Manual_E1_PDF.pdf)
- Gómez, M. (2019). *La gestión integrada de residuos y desechos sólidos como estrategia para la prevención de impactos ambientales negativos en el casco urbano de Chicacao, Suchitepéquez*. [Trabajo de graduación, Ingeniería en Gestión Ambiental Local, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <https://1library.co/document/qodlw67z->

gestion-integrada-estrategia-prevencion-ambientales-negativos-chicacao-suchitepequez.html

Instituto Nacional de Bosques. (2007). *Caracterización físico-biológica y edafológica del municipio de Totonicapán.*

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Guía Práctica para la Formulación de Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos* [https://reciclaos.com/assets/downloads/Guia\\_Planes\\_Municipales\\_para\\_la\\_GIRDS.pdf](https://reciclaos.com/assets/downloads/Guia_Planes_Municipales_para_la_GIRDS.pdf)

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes.* [https://reciclaos.com/assets/downloads/1634839935-Guia\\_Caracterizaci%C3%B3n\\_de\\_Residuos\\_S%C3%B3lidos\\_Comunes.pdf](https://reciclaos.com/assets/downloads/1634839935-Guia_Caracterizaci%C3%B3n_de_Residuos_S%C3%B3lidos_Comunes.pdf)

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes.* [https://www.marn.gob.gt/wpfd\\_file/guia-para-la-identificacion-grafica-de-los-residuos-solidos-comunes/](https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-la-identificacion-grafica-de-los-residuos-solidos-comunes/)

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2021). *Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes.* <https://gremiagro.com/wp-content/uploads/2023/08/AG-164-2021-Reglamento-para-la-Gestion-Integral-de-Residuos-y-Desechos-Solidos-Comunes.pdf>

Ministerio del Ambiente de Perú. (2020). *Avances y Perspectivas del MINAM entorno a los Indicadores Ambientales.* [https://www.oecd.org/greengrowth/Peru%20-%20presentacion\\_indicadores.pdf](https://www.oecd.org/greengrowth/Peru%20-%20presentacion_indicadores.pdf)

Morales, S. (1 de Octubre de 2020). *El problema de la basura se vuelve eterno por la falta de voluntad política e irresponsabilidad ciudadana.* <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/el-problema-de-la-basura-se-vuelve-eterno-por-la-falta-de-voluntad-politica-e-irresponsabilidad-ciudadana/>

Municipalidad de Totonicapán. (2018) *Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial Totonicapán,* [https://totonicapan.simsan.org.gt/wp-content/uploads/2021/05/801\\_PDM\\_OT\\_Totonicapan.pdf](https://totonicapan.simsan.org.gt/wp-content/uploads/2021/05/801_PDM_OT_Totonicapan.pdf)

Municipalidad de Totonicapán. (2021). *Política municipal de ambiente y recursos naturales.*

Secretaría de Planificación y de Programación de la Presidencia. (s.f.). *Información demográfica Totonicapán*, Totonicapán.  
[http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM\\$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pid=P OBLACION\\_PDF\\_801](http://sistemas.segeplan.gob.gt/sideplanw/SDPPGDM$PRINCIPAL.VISUALIZAR?pid=P OBLACION_PDF_801)

Torres-Degró, A. (2011). *Tasas de crecimiento poblacional (r): Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial*.  
<https://revistas.upr.edu/index.php/cidedigital/article/view/11774/9736>

Universia. (4 de Octubre de 2017). *Aprende cómo calcular área, volumen y perímetro de forma sencilla*. <https://www.universia.net/co/actualidad/orientacion-academica/aprende-como-calcular-area-volumen-perimetro-forma-sencilla-1110094.html>

Universidad Rafael Landívar. (Marzo de 2004). *Indicadores Ambientales Municipales: manual para determinar el estado de gestión de los desechos sólidos y el agua a nivel local en la República de Guatemala*. <https://es.scribd.com/doc/63525482/Indicadores-municipales-MARN>

Villatoro, P. (2023). *Diagnóstico ambiental del municipio de Totonicapán, Totonicapán*.

Yax, P. (1980). *Relleno del barranco municipal de la zona 3 de Totonicapán*.

Vo. Bo.   
Licda. Ana Teresa Cap Yes  
Bibliotecaria CUNSUROC



## IX. Anexos

### Anexo 1 Calcomanía de control de muestra

**Figura 14. Calcomanía de control de muestra proporcionada por la municipalidad**



No \_\_\_\_\_

### **Muestra para estudio de caracterización de residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán**

**Municipalidad de Totonicapán  
Trabajando por el desarrollo integral de nuestra comunidad**



Fuente: Marvin Socop. Director Departamento Municipal de Comunicación

## Anexo. 2 Producción per cápita del municipio

✚ Per-cápita viviendas

$$PPC = \frac{1 * \left(\frac{16,135}{2250}\right) * 168,631}{7} = 1.0244 \frac{kgs}{hab} / día$$

✚ Per-cápita comercios

$$PPC = \frac{1 * \left(\frac{10,041}{168,631}\right) * 168,631}{7} = 0.0085 \frac{kgs}{hab} / día$$

✚ Per-cápita mercado

$$PPC = \frac{1 * \left(\frac{13,185}{168,631}\right) * 168,631}{7} = 0.0112 \frac{kgs}{hab} / día$$

✚ Per-cápita integrada

$$PPC = 1.0244 + 0.0085 + 0.0112 = 1.0441 \frac{kgs}{hab}$$

## Anexo. 3 Tasa de crecimiento poblacional

**Tabla 20.** Tasa de crecimiento población de Totonicapán por año

Año	Tasa de crecimiento
2023	1.38
2024	1.34
2025	1.30
2026	1.26
2027	1.22
2028	1.18
2029	1.14
2030	1.11
2031	1.07
2032	1.04
2033	1.01
2034	0.98
2035	0.95
2036	0.93
2037	0.90
2038	0.87
2039	0.85
2040	0.82
2041	0.80
2041	0.78
2043	0.75

Nota. Elaboración propia 2023 Fuente: Instituto Nacional de Estadística 2019

## Anexo. 4 Evidencias fotográficas del desarrollo de la investigación

**Figura 15.** Capacitación de personal para caracterización y entrega de equipo de protección personal



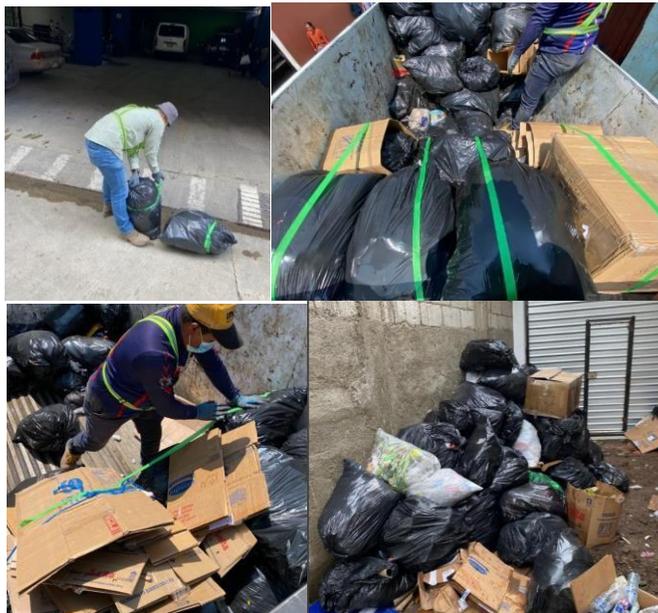
Fuente: Autor 2023

**Figura 16.** Selección de muestra para caracterización de viviendas y comercios



Fuente: Edwin Santizo. Encargado tren de aseo

**Figura 17. Recolección de muestra de residuos y desechos sólidos en viviendas**



Fuente: Encargado tren de aseo municipal 2023

**Figura 18. Disposición, separación, clasificación, cálculo de volumen y pesaje de los RDS**



Fuente: Autor 2023

**Figura 19. Caracterización de residuos y desechos sólidos del mercado**



**Fuente:** Rolando Velásquez – Encargado mercado municipal

**Figura 20. Socialización de resultados con autoridades municipales y realización de agenda de trabajo**



**Fuente:** Autor 2023

**Figura 21. Sensibilización y socialización del 164-2021 con autoridades comunales**



**Fuente:** Magaly Martínez

Anexo 5. Plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán.



# **PLAN PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES DEL MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN**



## Equipo de conducción:

Lic. Santos Augusto Norato García

Gerente Municipal

Pablo José Villatoro de León

EPS Ingeniería en Gestión Ambiental Local

## Equipo de Facilitación:

Carlos Tacam

Sindico Segundo

Juan Alvarado

Director Servicios Públicos

Olivia Pú Sacbajá

Directora de Recursos Humanos

Rolando Velásquez

Encargado de mercado municipal

Marvin Socop

Departamento municipal de comunicación

Diseñado con base a

## Guía Práctica para la Formulación de Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos

Con el apoyo de



# Índice general

I.	Introducción.....	1
II.	Objetivos.....	2
	2.1. General .....	2
	2.2. Específicos .....	2
III.	Alianzas con actores.....	3
IV.	Situación actual del municipio.....	8
V.	Procesos necesarios para la gestión integral de residuos y desechos sólidos.....	10
VI.	Alcances del Plan.....	18
	6.1. Visión.....	18
	6.2. Misión .....	19
	6.3. Metas.....	19
VII.	Plan de acción .....	21
	7.1. Marco legal.....	21
	7.2. Líneas de acción.....	22
	7.3. Análisis de recurso financiero.....	29
	7.4. Aprobación de plan de acción .....	30
VIII.	Bibliografía.....	31
IX.	Anexos .....	32
	8.1. Anexo 1 - Infraestructura mínima proyectada.....	33
	8.2. Anexo 2 – Documentos relacionados a SSO.....	34
	8.3. Anexo 3 – Material didáctico para campañas de educación y sensibilización.....	35

# Presentación

La gestión de residuos y desechos sólidos es un problema ambiental de relevancia a nivel global. Se refiere al proceso de producción, acumulación y disposición de materiales no deseados, ya sean en estado sólido, semisólido o líquido. Un manejo inadecuado de los residuos puede tener consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud pública. En el caso específico de Totonicapán, el crecimiento económico de las últimas décadas ha conllevado a un aumento en la producción y consumo de bienes y servicios. Esto ha generado un incremento en la cantidad de residuos sólidos, que tienen un impacto negativo en el entorno.

Para mitigar los efectos negativos de los residuos y desechos sólidos, las autoridades locales de Totonicapán asumen la responsabilidad de su gestión. En base al acuerdo gubernativo 164-2021 y sus reformas, las autoridades locales deben regular la generación, recolección, transporte y disposición final de estos.

El Plan para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos Comunes es una herramienta de planificación que busca mejorar la gestión de los residuos sólidos en Totonicapán. El plan abarca diferentes plazos. Su objetivo principal es facilitar la aplicación de medidas destinadas a mejorar la adecuación, procesos de clasificación, disposición final y tratamiento de los residuos y desechos sólidos.

El plan representa una evaluación concreta de las capacidades del municipio y de su gobierno local para asumir la responsabilidad en la gestión integral de los residuos sólidos

## I. Introducción

La generación de residuos y desechos sólidos es un problema ambiental importante en todo el mundo. Se refiere a la producción y acumulación de materiales no deseados, que pueden ser sólidos, semisólidos o líquidos, y que requieren un manejo adecuado para minimizar su impacto en el medio ambiente.

Guatemala ha experimentado un notable crecimiento económico en las últimas décadas, lo que provoca un aumento en la producción y consumo de bienes y servicios. Sin embargo, este crecimiento también ha generado un mayor volumen de residuos y desechos sólidos, lo que ha tenido un impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública.

A partir de un estudio de caracterización, se han identificado las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos y desechos en el municipio de Totonicapán. Este análisis ha proporcionado una comprensión de la situación actual, permitiendo así la formulación de estrategias concretas para mejorar y optimizar la gestión de estos. Asimismo, ha sentado las bases para el diseño del presente plan que se ajusten a la normativa nacional, garantizando un enfoque integral y sostenible en la gestión de residuos y desechos sólidos.

A partir de este plan, se formularon estrategias y acciones que no solo aborden la situación actual, sino que también promuevan sistemas de gestión de residuos sólidos. Este plan tiene como objetivo implementar medidas que se alineen con las regulaciones nacionales vigentes, contribuyendo así a la mejora ambiental, la sostenibilidad y el bienestar de la comunidad en Totonicapán.

## **II. Objetivos**

### **2.1. General**

- Promover la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes en el municipio de Totonicapán.

### **2.2. Específicos**

- Implementar programas de sensibilización y educación ambiental dirigidos a la comunidad local, escuelas y negocios que promuevan la reducción, reutilización y reciclaje de residuos y desechos sólidos.
- Fomentar la clasificación primaria, secundaria y comercialización de materiales orgánicos y reciclables.
- Desarrollar y fortalecer la infraestructura necesaria para la recolección, clasificación, almacenamiento temporal, disposición final y tratamiento de los residuos y desechos sólidos comunes en el municipio.

### III. Alianzas con actores

#### 3.1. Identificación de actores

**Población de Totoncapán:** Es fundamental reconocer que la población desempeña un papel central como generadora de estos residuos y desempeña una función esencial tanto en la fuente inicial de generación como en la ejecución de la clasificación primaria y secundaria, conforme sea necesario, para cumplir con los plazos estipulados en el acuerdo gubernativo 164-2021 y sus reformas.

**Municipalidad de Totoncapán:** De acuerdo con lo establecido en el acuerdo gubernativo 164-2021 y sus reformas, la municipalidad de Totoncapán está encargada de llevar a cabo una readecuación integral de los sistemas de recolección, transporte y disposición final de los residuos y desechos sólidos. Tras completar este proceso, la municipalidad debe formular sistemas para la clasificación y el tratamiento adecuado de estos residuos.

**Entes gubernamentales:** El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es el encargado de garantizar el cumplimiento del acuerdo gubernativo 164-2021 y sus modificaciones. Además de esta función, también tiene la responsabilidad de brindar asesoramiento y apoyo a las municipalidades en la implementación de sistemas destinados a la gestión integral de residuos y desechos sólidos. El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, también juega un papel importante en la cooperación para implementar sistemas de gestión integral de residuos y desechos sólidos. Instituto de Fomento Municipal, INFOM cuenta con la competencia de brindar asesoría técnica y financiera en la implementación de proyectos destinados a mitigar problemáticas locales, por lo que sería un buen actor en la implementación de la gestión integral de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totoncapán.

**Alcaldías comunales:** Las alcaldías comunales desempeñan un papel fundamental en la representación de las comunidades locales. Son organismos que operan en el ámbito comunitario y suelen estar compuestos por miembros elegidos directamente por los residentes de una determinada localidad o comunidad. Su función principal es actuar como intermediarios entre los ciudadanos y las autoridades municipales, son esenciales

para asegurar que las voces y preocupaciones de las comunidades sean debidamente escuchadas y atendidas en los procesos de toma de decisiones.

**Grandes generadores:** industrias, agroindustrias, bancos, restaurantes, fábricas, oficinas, hoteles, centros recreativos, entre otros.

**Empresas relacionadas con la gestión:** empresas formales o informales dedicadas a la gestión de los residuos y desechos sólidos (recolectores, centros de acopio, recuperadores, compradores de material reciclables, recicladoras, entre otros).

### 3.2. Organización del comité coordinador

La estructura organizativa para la gestión integral de residuos y desechos sólidos es esencial para la implementación eficaz de los procedimientos adecuados. La relevancia de esta estructura se centra en la necesidad de contar con una comisión u oficina específicamente encargada de supervisar todos los aspectos técnicos y administrativos relacionados con la correcta ejecución de los procesos de clasificación, recolección, transporte, disposición final y tratamiento.

#### 3.2.1. Organización sugerida

Comité coordinador sugerido para el cumplimiento del plan



3.2.2. Organización técnica y administrativa actual

Comité coordinador actual para el cumplimiento del plan



### 3.3. Formulación de la agenda de trabajo

Agenda de trabajo para la gestión integral de los residuos y desechos solidos

No	Actividad	Duración	Ente encargado
1	Divulgación de la información A.G. 164-2021 y sus reformas	5 meses Del 11 de agosto 2023 a 11 de enero 2024	Comisión de ambiente
2	Educación y sensibilización ambiental	6 meses Del 11 de enero 2024 al 11 de julio del 2024	Comisión de ambiente Oficina forestal municipal Oficina municipal de educación
3	Readecuación de los sistemas de recolección y transporte de los residuos y desechos sólidos.	12 meses Del 11 de agosto 2023 al 11 de agosto 2025	Servicios públicos
4	Clasificación primaria de los residuos y desechos solidos	6 meses Del 11 de agosto 2023 al 11 de febrero 2025	Comisión de ambiente Servicios públicos Servicio de recolección
5	Clasificación secundaria de los residuos y desechos solidos	Inicio Del 11 de febrero 2025 en adelante	
6	Proceso de estudio y análisis de reducción de producción per-capital del municipio	2 meses Del 11 de agosto 2023 al 11 de octubre 2024	Profesional en gestión ambiental – nuevo estudio de caracterización para proyección de infraestructura
7	Planificación de infraestructura para la gestión integral de los residuos y desechos solidos	Inicio Del 11 de febrero 2025 en adelante	Dirección municipal de planificación Profesional en gestión ambiental

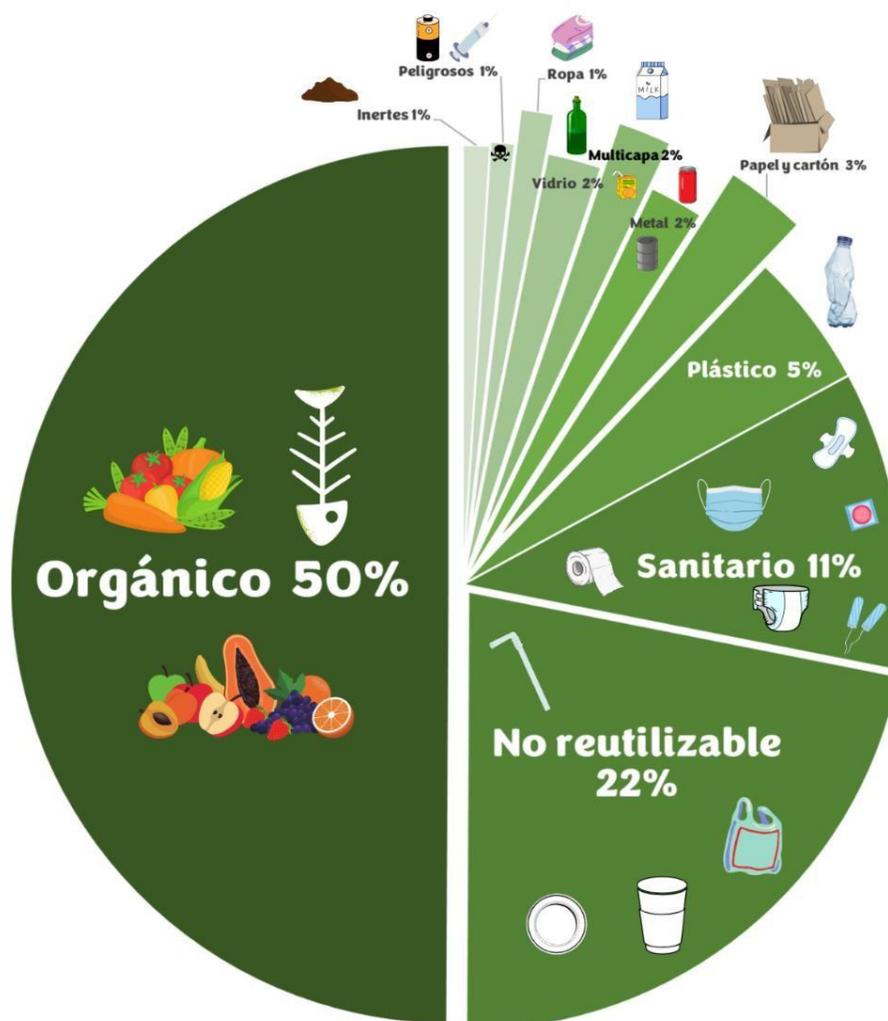
### 3.4. Alianzas estratégicas

Alianzas estratégicas para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos

No	Institución	Tipo de alianza	Descripción
1	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estratégica</li></ul>	Asesoría en la implementación de gestión integral de residuos y desechos sólidos.
2	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estratégica</li></ul>	Asesoría en los procesos salubridad y cuidado del personal de recolección
3	Recicladoras	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estratégica</li><li>• Operativa</li><li>• Financiera</li></ul>	Venta y comercialización de los residuos reciclables producidos en el municipio de Totonicapán.
4	Agricultores	<ul style="list-style-type: none"><li>• Estratégica</li><li>• Operativa</li></ul>	Distribución de abono orgánico producido en la descomposición de los residuos orgánicos generados en el municipio de Totonicapán.

## IV. Situación actual del municipio

### 4.1. Composición general de los residuos y desechos sólidos



De acuerdo con información del MARN, generalmente en Guatemala el 56% de los residuos y desechos sólidos son de origen orgánico, en Totonicapán se cuenta con el 50% de origen orgánico debido a que se tiene una presencia significativa de materiales no reutilizables, sanitarios y peligrosos con un 32% lo que puede indicar un patrón de consumo elevado en el municipio, ya que de todos los materiales que se generan únicamente el 18% es reutilizable. Se evidencia que el 65% de la producción de residuos y desechos sólidos del municipio puede ser sometido a procesos de tratamiento o ser comercializado, mientras que el restante 35% requiere ser dispuesto adecuadamente en un relleno sanitario para su eliminación final.

Proyección de la producción de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán

No.	Año	Población (considerar aumento anual del 0.05kg)	PPC	TOTAL kg/día	TOTAL kg/año	TOTAL ton/año
0	2023	168,631	1.0441	176,068	64,264,684	64,265
10	2033	189,371	1.5441	292,408	106,728,833	106,729
20	2043	206,377	2.0441	421,855	153,977,157	153,977

En el año 2023, el municipio generó 176,068 kilogramos de residuos y desechos sólidos. De acuerdo con la proyección poblacional y la producción per cápita, se estima que la producción de residuos aumentará a 292,408 kilogramos al día en 10 años, y a 421,855 kilogramos al día en 20 años.

Cuantificación de peso, volumen y densidad real de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán

Tipo de material	Porcentaje %	Kilogramos por material al día	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Volumen m <sup>3</sup> al día
Orgánico	50	88,034	171	515
No reutilizable	22	38,735	127	297
Sanitario	11	19,368	140	138
Plástico	5	8,803	22	400
Papel y cartón	3	5,282	12	440
Metal	2	3,521	17	207
Multicapa	2	3,521	84	42
Vidrio	2	3,521	19	185
Ropa	1	1,761	57	31
Peligrosos	1	1,761	96	18
Inertes	1	1,761	119	15
TOTAL				2,288

La relación entre la PPC y la población permitió calcular el tamaño necesario para el tratamiento o disposición final de cada material. Por ejemplo, los residuos orgánicos necesitan 515 m<sup>3</sup> de patio de secado para ser tratados adecuadamente al día, si la municipalidad abarcara la recolección de todo el municipio. Para el almacenamiento del centro de acopio de materiales reciclables, como papel, cartón, plástico, metal y multicapa, se necesitarían al día 1,305 m<sup>3</sup>.

## **V. Procesos necesarios para la gestión integral de residuos y desechos sólidos**

En el municipio de Totonicapán, se han identificado varios procesos necesarios para la gestión integral de residuos y desechos sólidos. Estos procesos son fundamentales para abordar eficazmente la problemática ambiental y de salud pública asociada con la generación de residuos y desechos sólidos en las comunidades.

### **5.1. Reacondicionamiento para la recolección y transporte de residuos y desechos sólidos.**

#### **5.1.1. Salud y seguridad ocupacional**

En términos de Salud y seguridad ocupacional en cumplimiento al capítulo II del reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos (164-2021) del artículo 5 al 11 establece los criterios mínimos para que los colaboradores tengan las condiciones mínimas de salud y seguridad ocupacional.

La municipalidad implementará los requisitos para este sistema de SSO en función a dos documentos realizados en el municipio, el Análisis de Seguridad en el trabajo para el personal de recolección (Anexo.2) y la Guía de Seguridad y Manejo de los residuos y desechos sólidos (Anexo.2) donde se describen los siguientes procesos de aplicación:

#### **5.1.1.1. Riesgos para el personal de recolección**

- Caídas a diferente nivel
- Cortes por objetos punzocortantes
- Riesgo biológico – infecciones
- Conato de incendio
- Caída de objetos
- Atropellamiento
- Choques
- Riesgo ergonómico por posición

**5.1.1.2. Equipo de protección personal mínimo sugerido para el trabajo de recolección de residuos y desechos solidos**

Equipo	Especificación	Equipo
Gorras contra golpes	Protección para cabeza	
Lentes de seguridad anti empañó	Protección para ojos	
Mascarilla para partículas n95	Protección respiratoria	
Chaleco reflectivo	Identificación en zonas de poca visibilidad y zonas viales	
Guantes doble corte showa 330	Protección de manos par objetos punzo cortantes	

**5.1.1.3. Insumos de seguridad para la recolección de residuos y desechos sólidos.**

- Alcohol (en gel y liquido)
- Botiquín de primeros auxilios
- Extintor tipo ABC
- Equipo de limpieza



#### 5.1.1.4. Protección universal - barrera biológica

Vacunas:

- Hepatitis B
- Tétanos
- Fiebre amarilla
- Influenza
- COVID-19



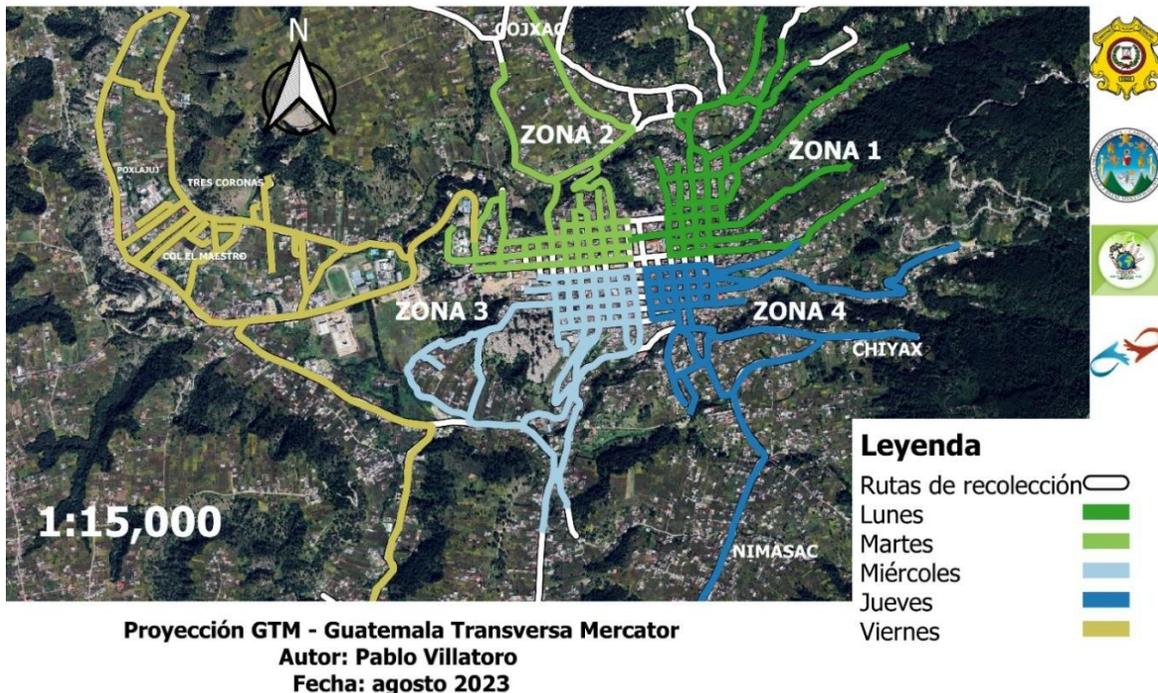
#### 5.1.2. Optimización del servicio de recolección de residuos y desechos sólidos.

Para garantizar la adecuada gestión de residuos y desechos sólidos en el municipio es necesario realizar la recolección en un plazo no mayor a 72 horas. Para lograr esto, se propone implementar la clasificación primaria de residuos desde el origen, y con el tiempo añadir la clasificación secundaria. Como se describe a continuación:

Día	Recolección	Vehículos necesarios	Ruta
Lunes	Orgánico	4	Zona 1
Martes	Inorgánico	4	Zona 2, Cojxac y Chotacaj
Miércoles	Reciclable	4	Zona 3
Jueves	Orgánico	4	Zona 4, Xantun y Chiyax
Viernes	Inorgánico	4	Poxlajuj, Tres Coronas, Nimasac, Chuculjuyup, Chuicruz, Nimapa, Tierra Blanca, Paqui, Chuicruz

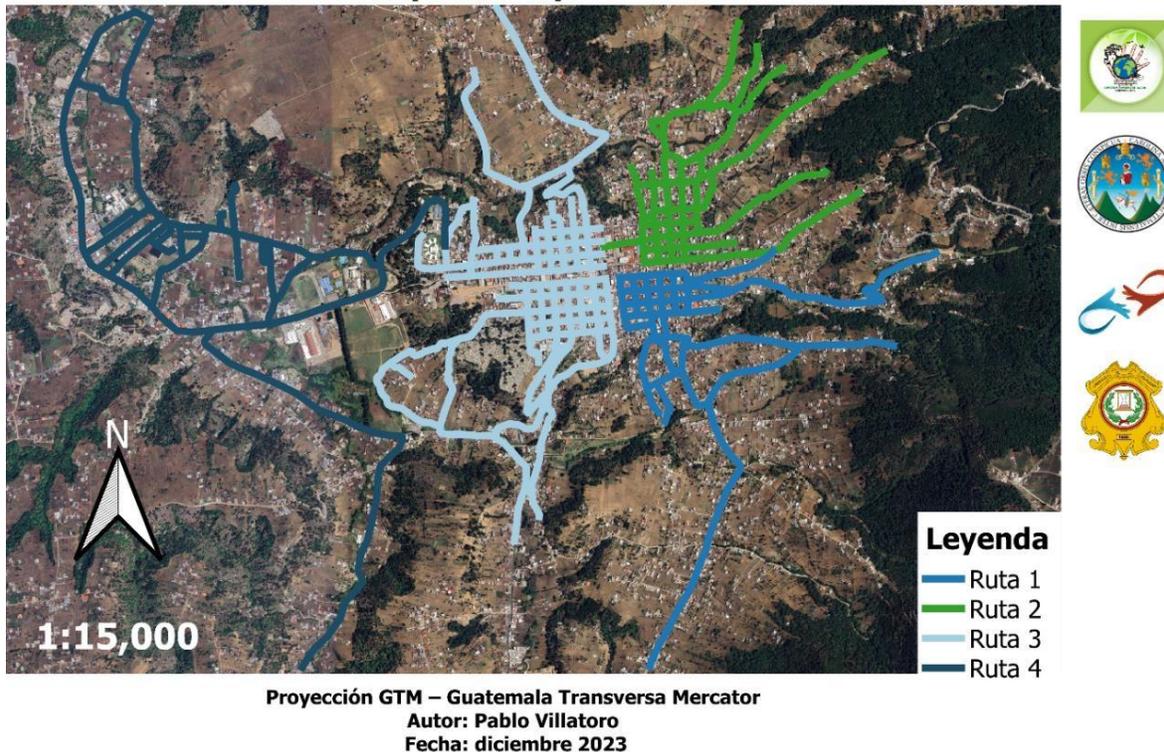
La recolección actual de residuos y desechos sólidos en el municipio de Totonicapán se realiza con un solo camión que cubre cinco rutas en una semana, que incluyen comunidades y el área urbana. Las rutas cubiertas son las siguientes:

### Mapa de rutas del sistema de recolección de residuos y desechos sólidos del casco urbano del municipio de Totonicapán



Para cumplir con el Acuerdo Gubernativo 164-2021 y su reforma, que establece la clasificación primaria y secundaria de residuos y desechos sólidos, se deben implementar 4 camiones de recolección. A continuación, se presentan las rutas modificadas que se implementarán para la recolección con clasificación primaria y secundaria en un lapso de 78 horas.

## Rutas de recolección de residuos y desechos sólidos con clasificación primaria y secundaria



La implementación del sistema de recolección de residuos y desechos sólidos con clasificación primaria y secundaria se iniciará en el casco urbano, ya que es la mayor fuente de generación de residuos. Posteriormente, se irán ampliando los sistemas de recolección a las comunidades.

### 5.2. Educación y sensibilización ambiental

Impulsar programas de educación ambiental en escuelas: Trabajar con escuelas y maestros para incorporar la educación ambiental en el currículo. Realiza actividades educativas, como juegos, concursos de carteles o proyectos de reciclaje, que involucren a los estudiantes y los motiven a ser agentes de cambio en la gestión de los residuos.

La educación no se profundizará tanto, ya que la Oficina Municipal de Educación y la Oficina Forestal ya se encuentran en la implementación de estos programas.

Los temas que se abordarán para la educación ambiental son los siguientes:

- Contaminación por residuos y desechos sólidos.

- Diferencia entre un residuo y un desecho
- Clasificación primaria y secundaria
- La economía circular de los residuos y desechos sólidos
- Las tres R de los residuos y desechos sólidos
- Compostaje

Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de una gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos es fundamental para promover prácticas sostenibles y reducir su impacto ambiental. Las medidas propuestas en la agenda de trabajo para cumplir con la sensibilización se describen a continuación:

- Divulgación del acuerdo gubernativo 164-2021 y su reforma
- Campaña de sensibilización
- Fomentar la reducción de materiales de un solo uso (campaña 3r)
- Promoción de clasificación primaria y secundaria

### **5.3. Clasificación primaria y secundaria**

Para implementar la clasificación de residuos y desechos sólidos en el municipio, es necesario contar con un plan que establezca las pautas y plazos para su implementación. Las autoridades competentes deben determinar el tiempo que se dará a la población para llevar a cabo la clasificación, brindando el apoyo técnico necesario. La clasificación se realizará de la siguiente forma:

- **Primaria**
  - **Orgánico:** cáscaras de fruta o verdura, restos de comida, cascarones de huevo, pan, tortillas, filtros para café, bolsitas de té, heces de animales, huesos, semillas, flores, pasto y hojarasca.
  - **Inorgánico:** desechos sanitarios, peligrosos, inertes, papel, metal, vidrio, cartón, plástico, cuero, hule, fibras, cerámica, madera, ropa y textiles
- **Secundaria (Orgánico e inorgánico + reciclable)**
  - **Reciclable:** papel, cartón, metal, vidrio, plástico, multicapa, electrónicos y textiles (Ver anexo. 3 – Tabla de materiales reciclables)

Una herramienta útil en este proceso es la utilización de infografías proporcionadas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Estas infografías

presentan de manera visual y sencilla cómo realizar la clasificación correcta de los distintos tipos de residuos. Estas infografías facilitan la comprensión de los pasos a seguir y brindan una guía clara para la clasificación efectiva.



#### 5.4. Disposición final y tratamiento

Para la disposición final y el tratamiento de los residuos y desechos sólidos se invertirá en la infraestructura necesaria para abordar la problemática de los residuos y desechos sólidos. Con base en el estudio de caracterización se proyectó la siguiente infraestructura:

##### 5.4.1. Relleno sanitario

En base a las proyecciones, se estima que las dimensiones del relleno sanitario necesario para albergar los desechos no reutilizables, sanitarios y peligrosos del municipio de Tonicapán. Las proyecciones para 10 años serían de 1,708,200m<sup>3</sup> y para 20 años son de 3,416,400m<sup>3</sup>. La altura designada para el relleno sanitario proyectado para 20 años será de 10 metros, por lo que el área necesaria para la infraestructura que albergará el relleno sanitario será de 341,640m<sup>2</sup>. (Ver anexo.1)

##### 5.4.2. Patio de secado y aboneras

Con el fin de tratar los residuos orgánicos generados, no se recomienda establecer un patio de secado y aboneras con las dimensiones proyectadas para 10 y 20 años. En su lugar, se propone dimensionar el patio de secado y las aboneras en base a

los datos de generación diaria, utilizando un período de 3 meses desde el proceso de degradación de la materia orgánica hasta la fase de compostaje.

Por lo tanto, se necesitarán 46,350m<sup>3</sup> para un patio de secado y aboneras. La altura asignada para el patio de secado deberá ser de 2 metros, por lo que el área será de 23,175m<sup>2</sup>, para las aboneras se utilizará la misma área para 20 aboneras con una altura de 2 metros cada una. (Ver anexo.1)

#### **5.4.3. Centro de reciclaje, bodegas y oficinas**

Para el adecuado funcionamiento del centro de reciclaje, las bodegas y las oficinas administrativas, se sugiere considerar las siguientes dimensiones:

Los materiales reciclables requieren menos espacio para su tratamiento que los orgánicos, ya que pueden almacenarse durante 15 a 30 días antes de ser comercializados. Por lo tanto, se necesitarán 39,150 m<sup>3</sup> para la separación, pesaje, almacenaje y venta de materiales reciclables, incluyendo el área de reciclaje, bodega y oficinas. La altura que se utilizará en el área de reciclaje será de 10 metros, por lo que el área necesaria para el centro de reciclaje, bodega y oficinas es de 3,915m<sup>2</sup>. (Ver anexo.1)

## **VI. Alcances del Plan**

El alcance del Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos de Totonicapán comprende tres componentes principales:

- ✚ Implementación de programas de sensibilización y educación ambiental: Este plan busca concienciar y educar a la comunidad local, así como a las escuelas y negocios, sobre la importancia de la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos sólidos. El alcance incluye la creación e implementación de programas educativos.
- ✚ Fomentar la clasificación primaria, secundaria y comercialización de materiales orgánicos y reciclables: Este alcance implica crear un mecanismo que fomente la clasificación de los residuos y desechos sólidos. para facilitar su comercialización y compostaje.
- ✚ Desarrollo y fortalecimiento de infraestructura: El alcance abarca la planificación, construcción y mejora de la infraestructura necesaria para todo el ciclo de gestión de residuos, que incluye la recolección, clasificación, almacenamiento temporal, disposición final y tratamiento de los residuos y desechos sólidos comunes en el municipio de Totonicapán.

El plan se enfoca en educar, promover prácticas de economía circular y desarrollar infraestructura para lograr una gestión integral y sostenible de los residuos y desechos sólidos en Totonicapán.

### **6.1. Visión**

Nuestra visión es un municipio en el que la gestión de residuos es sostenible, la economía circular florece y los recursos se aprovechan al máximo. Totonicapán será un modelo de desarrollo responsable y respetuoso con el medio ambiente, donde la salud pública y la conservación de nuestros recursos naturales son prioridades. Nos esforzamos por un futuro en el que todos los residentes comprendan la importancia de sus acciones en la gestión de residuos y trabajen juntos para preservar la belleza y la riqueza de nuestro municipio

## 6.2. Misión

La misión de nuestro plan es transformar Totonicapán en un municipio líder en la gestión integral de residuos sólidos. Nos comprometemos a promover la reducción, reutilización y reciclaje de residuos a través de programas educativos y de sensibilización. Buscamos establecer una economía circular vigorosa que cree empleos locales y promueva la sostenibilidad. A través del desarrollo de infraestructura moderna y eficiente, nos esforzamos por garantizar la gestión responsable de los residuos desde la recolección hasta la disposición final. Nuestra misión es empoderar a la comunidad local y trabajar de la mano con los ciudadanos para proteger nuestro entorno y mejorar la calidad de vida de todos en Totonicapán.

## 6.3. Metas

Metas a Corto Plazo (1-2 años):

- ✚ Implementación de programas de educación ambiental: Desarrollar y poner en marcha programas de educación ambiental en al menos el 80% de las escuelas del municipio para promover la conciencia sobre la gestión de residuos.
- ✚ Sensibilización ambiental: Las campañas de sensibilización ambiental son esenciales para que la población reduzca el consumo de materiales de un solo uso y fomente el reciclaje, lo que ayudará a reducir la PPC del municipio.
- ✚ Optimizar el servicio de recolección: Mejorar la cobertura y la frecuencia del servicio de recolección de residuos sólidos es esencial para reducir la generación de basureros clandestinos.
- ✚ Creación de un centro de acopio para el mercado: La creación de un centro de acopio para residuos orgánicos permitirá reducir el impacto en la salud pública y generar ingresos a través de la comercialización de abono.

Metas a Mediano Plazo (3-5 años):

- ✚ Reducción de la producción per cápita: Lograr una reducción del 15% en la producción per cápita de residuos sólidos en todo el municipio.
- ✚ Promoción de la economía circular: se generarán ingresos a raíz de los residuos y desechos sólidos generados en el municipio.

- ✚ Infraestructura Mejorada: Desarrollar una infraestructura adecuada que permita la clasificación y tratamiento de al menos el 50% de los residuos y desechos sólidos generados.

Metas a Largo Plazo (5-10 años):

- ✚ Gestión integral del 100% de residuos y desechos sólidos: Alcanzar la gestión integral del 100% de los residuos y desechos sólidos generados en Totonicapán, incluyendo la disposición final responsable de los residuos no reciclables.
- ✚ Participación ciudadana: Lograr que al menos el 80% de la población participe en programas de reducción, reutilización y reciclaje de residuos sólidos.
- ✚ Referente nacional en gestión de residuos: Posicionar a Totonicapán como un referente nacional en gestión de residuos sólidos sostenible y sustentable.

Estas metas ayudarán a guiar el proceso de implementación del plan y a evaluar su éxito a lo largo del tiempo.

## VII. Plan de acción

### 7.1. Marco legal

No	Instrumento	Descripción
1	Constitución política de la república de Guatemala	Capítulos 1, 2, 64, 93, 97, 193 y 195
2	Convenios internaciones en materia de derechos humanos	
3	Leyes ordinarias	Decreto Número 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Ambiente (artículo 4) Decreto Número 12-2002, Código Municipal (artículo 67 y 68 inciso A) Decreto Número 90-97, Código de Salud. Decreto Número 7-2013, Ley Marco de Cambio Climático.
4	Guía para la identificación grafica de los residuos y desechos sólidos comunes.	General
5	Acuerdo ministerial 07-2019 (Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos y desechos sólidos comunes)	
6	Acuerdo Gubernativo No. 341-2013. Política Nacional para la Gestión Ambientalmente Racional de Productos Químicos y Desechos Peligrosos en Guatemala.	
7	Acuerdo Gubernativo 164-2021 (Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes)	
	Acuerdo Gubernativo 281-2015 (Política nacional para la gestión	

	integral de los residuos y desechos sólidos)	
	Leyes complementarias	Acuerdo Ministerial Número 666-2013, Creación de la Mesa Coordinadora para la Gestión y Manejo Integral de los Residuos y los Desechos Sólidos. Acuerdo Ministerial Número 51-2015, Creación del Departamento para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos.

## **7.2. Líneas de acción**

### **7.2.1. Línea de acción 1: Campañas de educación y sensibilización**

Una campaña de educación y sensibilización sobre los residuos y desechos sólidos en Totonicapán es una iniciativa que busca informar y educar a la población del municipio sobre la importancia de la gestión integral de los residuos. El objetivo de estas campañas es promover cambios en los comportamientos y actitudes de las personas, para que contribuyan a reducir la generación de residuos, a reciclar y compostar, y a disponer de los residuos de forma adecuada.

En Totonicapán, la gestión de los residuos es un problema importante. El municipio genera una gran cantidad de residuos, y la gestión de estos residuos es deficiente. Esto ha provocado una serie de problemas ambientales, como la contaminación del aire, del agua y del suelo.

Plan de campaña de sensibilización

<b>Plan de campaña de educación y sensibilización – 6 meses</b>								
No	Actividad	Fin	Ente encargado	Recurso físico	Recurso humano	Recurso didáctico	Indicador	Plazo
1	Reunión con comisión coordinadora para formular agenda	Socializar el plan para la campaña de sensibilización	Comisión municipal de ambiente	Salón PMT	Directores municipales que conforman la comisión	Cañonera y presentación de plan	Aprobación del plan	1 mes
2	Formulación estrategias de	Definir el plan de acción				Cañonera	Agenda de trabajo establecida	1 mes
3	Informe general con autoridades comunales	Concientizar a la población sobre la situación actual	Oficina forestal Comisión de ambiente	Salón de honor municipalidad	Personal de apoyo	Proyector, cañonera, bocinas, micrófono	Comunidades comprometidas	1 mes
4	Capacitación sobre gestión integral de residuos y desechos sólidos a empleados municipales	Fomentar la gestión integral de los residuos y desechos solidos		Salón de usos múltiples			Actas de compromiso municipal	1 mes

5	Divulgación de disposiciones gubernamentales A.G.164-2021 y su reforma 184-2023	Informar sobre las disposiciones vigentes	Comisión de ambiente	Salón de honor	Medios de comunicación	Afiches Pancartas Volantes	Numero de medios de comunicación	1 mes
6	Entrega de afiche, volantes y pancartas sobre la aplicación de las 3R enfocados en la reducción	Divulgar los métodos de gestión integral		Comisión de ambiente Servicios públicos	Camiones		Servicio de recolección y peones municipales	Numero de afiches entregados
7	Promover el uso del servicio de recolección para la población en general	Promover el uso del servicio de recolección						

### **7.2.2. Línea de acción 2: Fomentar la clasificación primaria, secundaria y comercialización de materiales orgánicos y reciclables**

La economía circular es un enfoque económico y ambiental que busca cambiar el paradigma de la economía tradicional de "tomar, hacer, desechar" hacia un modelo más sostenible y eficiente. En lugar de diseñar productos y materiales una vez que ya no son útiles, la economía circular se enfoca en prolongar la vida útil de los productos, reducir los residuos y promover la reutilización y el reciclaje.

En el contexto de Totoncapán, la promoción de la economía circular implica la implementación de prácticas y políticas que fomenten la reutilización de recursos, la reducción de desperdicios y la minimización del impacto ambiental. Esto puede incluir la promoción del reciclaje, la reparación de productos en lugar de desecharlos, el fomento de la producción local y sostenible, y la gestión adecuada de residuos.

Plan para el fomento de la clasificación primaria, secundaria y comercialización de materiales orgánicos y reciclables

<b>Plan el fomento de la clasificación primaria, secundaria y comercialización de materiales – 1 año</b>								
No	Actividad	Fin	Ente encargado	Recurso físico	Recurso humano	Recurso didáctico	Indicador	Plazo
1	Creación de acuerdos para la clasificación primaria y secundaria	Definir las bases legales para la temporalidad de la clasificación primaria y secundaria	Comisión de ambiente Consejo municipal	Salón municipal	Comisión de ambiente	Actas municipales	Bases con fundamento legal	5 meses
2	Crear estrategias para la comercialización de los residuos reciclables	Promover la jerarquía de control de residuos	Servicios públicos Comisión de ambiente	Medio de transporte	Personal de dialogo	Propuestas	Acuerdos pactados	1 año
3	Crear mecanismos para procesar los residuos orgánicos para la realización de abono	Promover el compostaje	Servicios públicos Comisión de ambiente	Espacio para disponer residuos	Peones municipales	Guía de elaboración de compost	Espacio para disponer residuos	1 año
4	Crear alianzas estratégicas para la comercialización de los residuos sólidos reciclables	Fomentar los ingresos municipales		Equipo de computo	Personal de dialogo	Presupuestos	Ingresos municipales por venta de materiales	1 año

### **7.2.3. Línea de acción 3: Desarrollo y fortalecimiento de infraestructura para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos**

En Totoncapán, el desarrollo y fortalecimiento de la infraestructura para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos es una iniciativa crucial para abordar los desafíos ambientales y de salud pública asociados con la gestión de los residuos en el municipio.

En este sentido, se destaca la importancia de contar con un vertedero municipal que cumpla con las normativas ambientales y de salud para minimizar los impactos negativos en la comunidad y el entorno. Además, se requiere el desarrollo de un sistema eficiente de recolección y transporte de residuos que garantice la recolección regular y adecuada de los desechos en el municipio. Además, es fundamental contar con instalaciones adecuadas para la gestión de residuos y una planificación a largo plazo que considere el crecimiento futuro de la población y las necesidades cambiantes en la gestión de residuos.

Plan para el desarrollo y fortalecimiento de infraestructura para la GIRDS

<b>Plan para el desarrollo y fortalecimiento de infraestructura para la GIRDS – 2–5 años</b>								
No	Actividad	Fin	Ente encargado	Recurso físico	Recurso humano	Recurso didáctico	Indicador	Plazo
1	Optimización de servicio de recolección	Proporcionar un servicio completo y eficiente a toda la población	Servicios públicos	Camiones para la recolección  EPP adecuado para los recolectores	Personal de recolección de residuos y desechos sólidos – 4 trabajadores por camión	Señalización de caminos  Mapa de rutas de recolección	Cantidad de usuarios registrados al servicio	1 año
2	Centro de acopio de residuos orgánicos mercado municipal	Promover las practicas sostenibles en el mercado municipal		Espacio físico para centro de acopio  Contenedores	Personal de recepción de desechos – como mínimo dos personas	Señalización y croquis del centro de acopio	Cantidad de residuos recolectados al día  Limpieza de las avenidas principales	1 año
3	Proyección, propuesta y construcción de infraestructura mínima para la GIRDS	Reducir el impacto de los vertederos a cielo abierto en el municipio	Servicios públicos DMP Comisión de ambiente	Terreno municipal  EPP para el personal	Al menos 10 trabajadores que operen en la planta de tratamiento	Guías de reciclaje	Infraestructura construida	3 a 5 años

### 7.3. Análisis de recurso financiero

En el marco del Plan para gestión integral de residuos y desechos sólidos comunes en Totonicapán, se llevó a cabo un análisis de los recursos financieros disponibles. Este análisis tenía como objetivo evaluar la capacidad financiera del municipio para implementar las estrategias y acciones propuestas en el plan.

El análisis de recursos financieros abordó diversos aspectos, como la asignación presupuestaria existente para la gestión de residuos, la identificación de posibles fuentes de financiamiento, la evaluación de costos asociados a la infraestructura y los programas planificados, y la identificación de oportunidades de inversión en proyectos de gestión de residuos sostenibles.

La conclusión del análisis municipal se planteará en base a los siguientes procesos:

Línea de acción	Ente encargado	Recursos necesarios	Presupuesto estimado	Temporalidad
Línea de acción 1	Comisión de ambiente	Físico Humano Didáctico Financiero	Q 10,000.00	6 meses
Línea de acción 2	Servicios públicos	Físico Humano Financiero	Q 50,000.00	1 año
Línea de acción 3	Municipalidad	Físico Humano Didáctico Financiero	Proyección de infraestructura Q 10,000,000.00	De 2 a 5 años

#### **7.4. Aprobación de plan de acción**

El presente plan este sujeto a la aprobación y socialización del Concejo Municipal, posteriormente debe ser aprobado por el organismo rector en la materia, el Ministerio de Ambiente y Recursos naturales, como lo establece el artículo 4 del Reglamento para la de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos comunes (164-2021 y su reforma 184-2023)

“Artículo 4. Planes municipales para la gestión integral de residuos y desechos sólidos. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales coordinará con las Municipalidades, la elaboración de los planes relativos a la gestión integral de residuos y desechos sólidos y así evitar el deterioro ambiental, con el fin de prevenir o mitigar impactos relacionados a los sistemas ambientales hídrico, edáfico, biótico, atmosférico y visual; regulados en la ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente”.

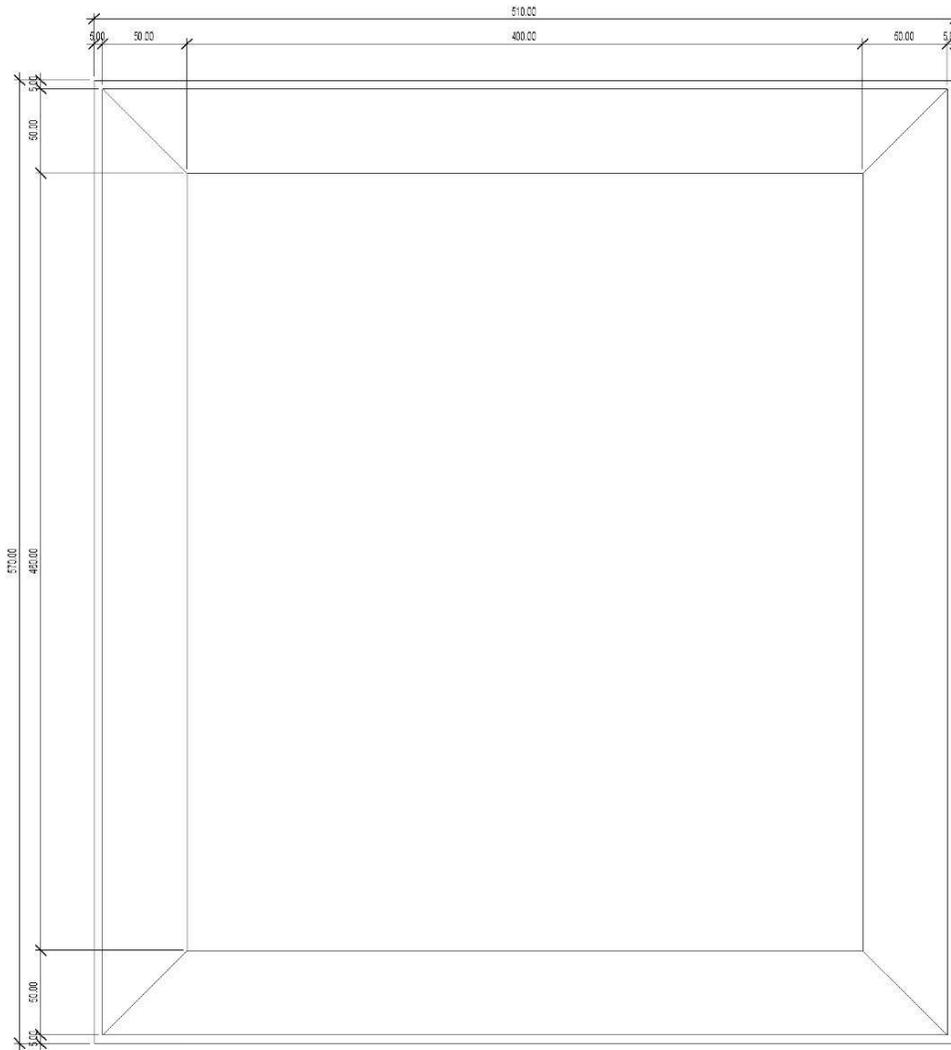
## VIII. Bibliografía

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Guía Práctica para la Formulación de Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos*  
[https://reciclaos.com/assets/downloads/Guia\\_Planes\\_Municipales\\_para\\_la\\_GIRDS.pdf](https://reciclaos.com/assets/downloads/Guia_Planes_Municipales_para_la_GIRDS.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2016). *Guía Práctica para la Formulación de Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos*  
[https://reciclaos.com/assets/downloads/Guia\\_Planes\\_Municipales\\_para\\_la\\_GIRDS.pdf](https://reciclaos.com/assets/downloads/Guia_Planes_Municipales_para_la_GIRDS.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes.*  
[https://reciclaos.com/assets/downloads/1634839935-Guia\\_Caracterizaci%C3%B3n\\_de\\_Residuos\\_S%C3%B3lidos\\_Comunes.pdf](https://reciclaos.com/assets/downloads/1634839935-Guia_Caracterizaci%C3%B3n_de_Residuos_S%C3%B3lidos_Comunes.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2018). *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes.* [https://www.marn.gob.gt/wpfd\\_file/guia-para-la-identificacion-grafica-de-los-residuos-solidos-comunes/](https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-la-identificacion-grafica-de-los-residuos-solidos-comunes/)

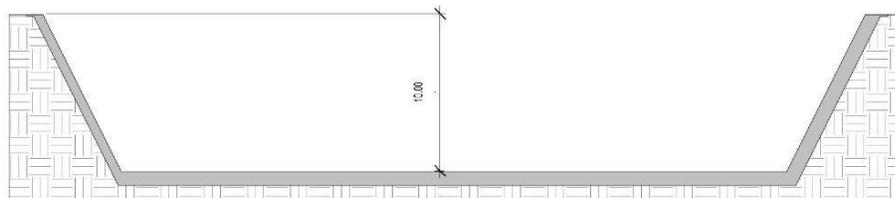
## IX. Anexos

### 8.1. Anexo 1 - Infraestructura mínima proyectada

#### Plano de relleno sanitario

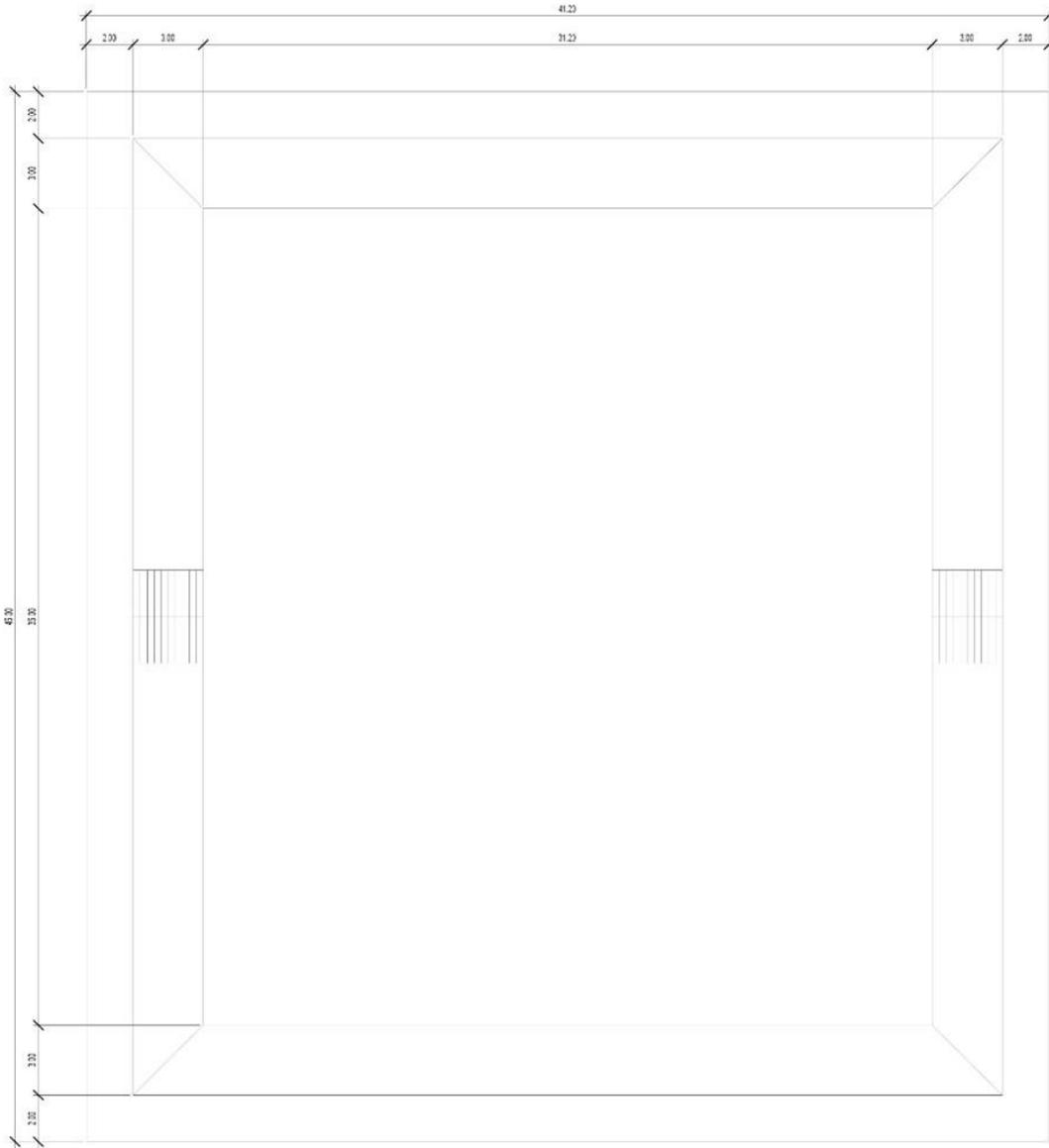


**PLANO DE PLANTA DEL RELLENO SANITARIO  
VOLUMEN PROYECTADO A 20 AÑOS (3,41G,400m<sup>3</sup>)**



**SECCIÓN TRANSVERSAL DE RELLENO SANITARIO**

## Plano de patio de secado

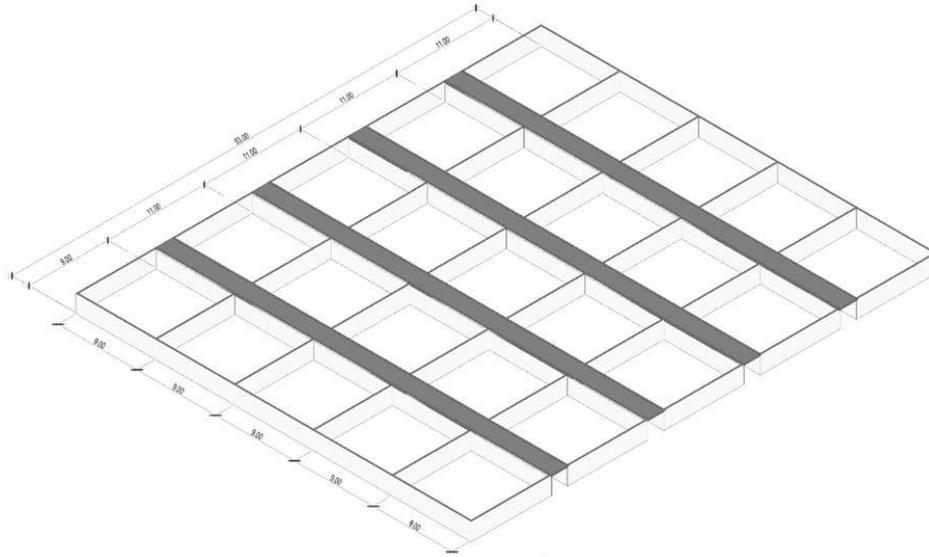


**PLANO DE PLANTA DEL PATIO DE SECADO  
CON UN VOLUMEN (4G,350m<sup>3</sup>)**

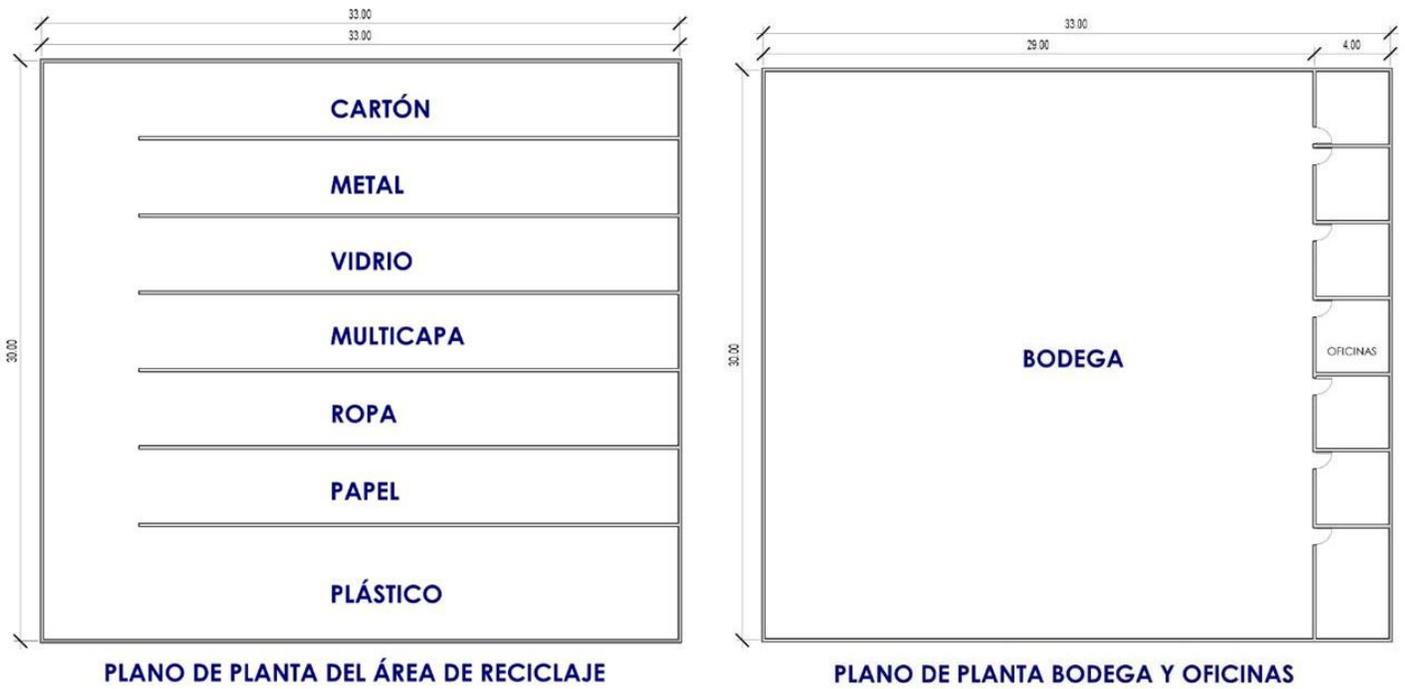


**SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PATIO DE SECADO**

## Plano de aboneras



## Plano de bodega, oficina y centro de reciclaje



## 8.2. Anexo 2 – Documentos relacionados a SSO

Análisis de seguridad en el trabajo con personal de recolección de residuos y desechos sólidos: [https://drive.google.com/file/d/1QXXmZ9cWqgrKVOsYGOU-BrWXDIx\\_fgH/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1QXXmZ9cWqgrKVOsYGOU-BrWXDIx_fgH/view?usp=sharing)

Guía de seguridad y manejo de los residuos y desechos sólidos del municipio de Tonicapán: [https://drive.google.com/file/d/1PZoEXUPSHjROXSrFrYIN\\_e\\_zyTRV8h-u/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1PZoEXUPSHjROXSrFrYIN_e_zyTRV8h-u/view?usp=sharing)

## 8.3. Anexo 3 – Material didáctico para campañas de educación y sensibilización

Jerarquía de control de residuos



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

## Tipificación Iconográfica de las 3R



**Reducir:** Es la *R* más importante, con ella se establece el máximo principio de las tres *erres*. Persigue causar el menor daño posible al ambiente, porque evita la generación de residuos y desechos sólidos.



**Reusar:** Promueve reutilizar los materiales más de una vez en su forma original para alargar el período de vida útil de los mismos.



**Reciclar:** Convertir los residuos en nuevos productos, por medio de algún proceso físico o químico<sup>6</sup>.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

## Tablas materiales reciclables

Categoría	Clasificación	Sí	No
Papel y Cartón 	Orgánico	Hojas de oficina. Papel periódico. Cajas de cartón. Hojas de cuaderno.	Cajas de comida con grasa o mojadas. Papel con adhesivo. Papel higiénico.
Vidrio 	Inorgánico	Botellas de bebidas. Fascos de alimentos. Fascos de perfumes.	Espejos. Fascos de medicamentos. Bombillos. Termómetros. Cristalería de laboratorio. Cerámica (platos, tazas, etc.).
Plástico 	Inorgánico	Botellas de bebidas. Envases de productos de limpieza. Envases de shampoo, jabón, etc. Bolsas de supermercado. Film transparente. Tapones de botellas. Pajillas. 	Tubos PVC. Juguetes. Bandejas, platos y vasos de <i>duroport</i> . Piezas de autos. Discos (CDs y DVDs). 

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

## Tabla de materiales reciclables

Categoría	Clasificación	Sí	No
Metal y Aluminio 	<b>Inorgánico</b>	Latas de bebidas. Latas de alimentos. Ganchos para ropa. Artículos de hierro (tornillos).	Latas de pintura. Latas de aerosoles.
Multicapa 	<b>Inorgánico</b>	Envases de jugos. Envases de bebidas y alimentos.	Envases laminados, por ejemplo frituras, alimentos y productos.
Tela 	<b>Orgánico</b>	Sobrantes de telas orgánicas como algodón. Ropa de lana.	Material contaminado con grasa o solventes.
	<b>Inorgánico</b>	Poliéster.	
Electrónicos 	<b>Inorgánico</b>	Computadoras. Teléfonos. Equipos de música. Cargadores.	Baterías alcalinas.

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

### Los colores del reciclaje



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales



Mazatenango 08 de noviembre, 2024

Lic. Luis Carlos Muñoz López  
Director en Funciones  
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "**Caracterización de las propiedades físicas de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán, Totonicapán**" del estudiante **Pablo José Villatoro de León** carné **201741883**, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular.

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora de Carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC





Mazatenango Suchitepéquez, 31 de mayo de 2024

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora de Carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
Centro Universitario de Suroccidente

Respetable MSc. Pérez Cifuentes:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que de acuerdo al artículo 9, del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones de la investigación titulada: **“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, TOTONICAPÁN”**, presentado por el estudiante **Pablo José Villatoro de León**, quien se identifica con número de carné **201741883**, y Código Único de Identificación **3223380770801**.

Por lo tanto, en mi calidad de revisor le informo que después de realizar el proceso para el cual fui asignado y habiendo verificado la incorporación de las observaciones a la investigación, procedo a dar visto bueno al documento para que continúe con el proceso respectivo.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

MSc Celso González Morales  
Revisor de Trabajo de Graduación  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC

Mazatenango, Suchitepéquez, 05 de febrero de 2024

Respetable:  
MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora de carrera  
Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
CUNSUROC – USAC

Por medio de la presente yo: **Pablo José Villatoro de León**, con código único de identificación: **3223380770801** y registro académico: **201741883**. Me dirijo ante usted, deseando éxitos en sus labores diarias.

Solicito se asigne revisor para mi informe final de investigación inferencial titulado **“Caracterización de las propiedades físicas de los residuos y desechos sólidos del municipio de Totonicapán, Totonicapán”**, realizado en el Ejercicio Profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local -EPSIGAL-, bajo el asesoramiento de MA. Heydi Angelina Vela Armas durante el período del 15 de febrero al 15 de agosto de 2023, el mismo para ser presentado como Trabajo de Graduación.

Esperando una respuesta favorable a la presente solicitud por cumplir con los requisitos que el normativo de Trabajo de Graduación de Ingeniería en Gestión Ambiental Local me pide, me despido.

Atentamente,



---

Pablo José Villatoro de León  
Carné: 201741883



---

MA. Heydi Angelina Vela Armas  
Supervisor de EPS  
Vo.Bo.,



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-07-2025

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, el catorce de febrero de dos mil veinticinco

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **"CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE TOTONICAPÁN, TOTONICAPÁN"** del estudiante: **Pablo José Villatoro de León** Carné 201741883. CUI: 3223 38077 0801 de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz López  
Director



/gris