



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS Y  
DESECHOS SÓLIDOS COMUNES Y PROPUESTA PARA SU MANEJO AMBIENTAL, EN EL  
ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**

**Aurora Virginia González Villalta**

Asesorado por el Mtro. Ing. Q. Eduardo Antonio Rodríguez Juárez

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS Y  
DESECHOS SÓLIDOS COMUNES Y PROPUESTA PARA SU MANEJO AMBIENTAL, EN EL  
ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**AURORA VIRGINIA GONZÁLEZ VILLALTA**  
ASESORADO POR MTRO. ING. Q. EDUARDO ANTONIO RODRÍGUEZ  
JUÁREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Dario Francisco Lucas Mazariegos
EXAMINADOR	Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza
EXAMINADORA	Inga. Karla Giovanna Pérez Loarca
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES Y PROPUESTA PARA SU MANEJO AMBIENTAL, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado con fecha 20 de noviembre 2021.



**Aurora Virginia González Villalta**



**EEPFI-PP-0008-2022**

Guatemala, 12 de enero de 2022

**Director**  
**Armando Fuentes Roca**  
**Escuela De Ingenieria Civil**  
**Presente.**

**Estimado Mtro. Fuentes**

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

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES Y PROPUESTA PARA SU MANEJO AMBIENTAL, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Gestión Ambiental - Tratamientos estrategias en la Gestión de Residuos - Problemática en la generación de residuos**, presentado por la estudiante **Aurora Virginia González Villalta** carné número **200915148**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Energía Y Ambiente.

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

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

*Eduardo Antonio Rodríguez Juárez*

INGENIERO QUÍMICO  
COLEGIADO No. 1965

*[Signature]*  
Mtro. Eduardo Antonio Rodríguez Juárez  
Asesor(a)

*[Signature]*  
Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador(a) de Maestría



*[Signature]*

Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería

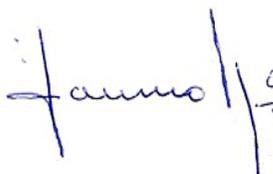




EEP.EIC.0008.2022

El Director de la Escuela De Ingenieria Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES Y PROPUESTA PARA SU MANEJO AMBIENTAL, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ** , presentado por el estudiante universitario **Aurora Virginia González Villalta**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Mtro. Armando Fuentes Roca  
Director  
Escuela De Ingenieria Civil

Guatemala, enero de 2022



LNG.DECANATO.OI.372.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS COMUNES Y PROPUESTA PARA SU MANEJO AMBIENTAL, EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**, presentado por: **Aurora Virginia González Villalta**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaoc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Mis abuelos</b>	Margarita Santizo, Jorge Villalta (†) y María del Carmen González, por su amor y educación.
<b>Mis padres y hermanos</b>	Lorena Villalta, César González, Jorge y Masiel González Villalta, por su amor y apoyo.
<b>Mis primas y sobrinos</b>	Cristopher Villalta, Paola Villalta, Bianca Villalta, Sofía Villalta, Matías González, como un ejemplo y esperanza para sus vidas académicas.
<b>Mis amigos</b>	Abner Cottóm, Misael Lucero, Elsa Alvarenga y Gerardo Pineda, por su acompañamiento en mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Al pueblo de Guatemala  
y Universidad de San  
Carlos de Guatemala**      Por brindarme educación pública.

**Facultad de Ingeniería**      Por los valiosos conocimientos científicos  
adquiridos.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	11
3.1. Contexto general .....	11
3.2. Descripción del problema .....	12
3.3. Formulación del problema .....	13
3.3.1. Pregunta central .....	13
3.3.2. Preguntas auxiliares .....	14
3.4. Delimitación del problema .....	14
4. JUSTIFICACIÓN .....	15
5. OBJETIVOS .....	17
5.1. General.....	17
5.2. Específicos .....	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN .....	19

7.	MARCO TEÓRICO .....	21
7.1.	Estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos .....	21
7.2.	Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos .....	22
7.3.	Desecho .....	23
7.4.	Residuo .....	23
7.5.	Residuos y desechos sólidos comunes.....	24
7.6.	Clasificación de los residuos según sus características y orígenes .....	24
7.6.1.	Residuos sólidos urbanos (RSU) .....	24
7.6.2.	Residuos de Manejo Especial (RME) .....	25
7.6.3.	Residuos peligrosos (RP).....	26
7.7.	Clasificación de los residuos y desechos sólidos según su biodegradabilidad.....	26
7.7.1.	Orgánicos .....	27
7.7.2.	Inorgánicos.....	27
7.7.3.	Inorgánicos no reciclables o peligrosos.....	28
7.8.	Clasificación según categorización del Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes.....	28
7.8.1.	Primaria .....	28
7.8.2.	Secundaria .....	28
7.9.	Gestión integral y manejo ambiental de los residuos y desechos sólidos.....	29
7.10.	Proceso del sistema de manejo ambiental de residuos y desechos sólidos urbanos (RSU) .....	29
7.10.1.	Generación.....	31
7.10.2.	Recolección y transporte .....	32

7.10.3.	Tratamiento y valorización de residuos .....	33
7.10.4.	Disposición final.....	34
7.11.	Impactos ambientales por el mal manejo de los residuos y desechos sólidos .....	35
7.12.	Economía circular .....	37
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	39
9.	METODOLOGÍA.....	43
9.1.	Características del estudio .....	43
9.2.	Unidades de análisis .....	44
9.3.	Fases del estudio .....	45
9.3.1.	Fase 1.....	46
9.3.2.	Fase 2.....	46
9.3.3.	Fase 3.....	48
9.3.4.	Resultados esperados .....	49
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	51
11.	CRONOGRAMA.....	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....	55
12.1.	Recursos humanos.....	55
12.2.	Recursos financieros .....	57
12.3.	Recursos tecnológicos.....	58
12.4.	Acceso a la información.....	58
12.5.	Permisos.....	58
12.6.	Equipo y herramienta .....	58
12.7.	Infraestructura .....	59

13. REFERENCIAS .....61

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Pirámide del sistema de manejo ambiental de residuos y desechos sólidos .....	31
2.	Cronograma de actividades .....	53
3.	Organización del equipo de campo para la realización del estudio de caracterización .....	55

### TABLAS

I.	Variables .....	45
II.	Equipo y herramientas de trabajo .....	59



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>g</b>	Gramo
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>l</b>	Litro
<b>m</b>	Metro
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Q</b>	Quetzal



## **GLOSARIO**

<b>CONAP</b>	Consejo Nacional de Área Protegidas.
<b>DELOS</b>	Desarrollo Local Sostenible.
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
<b>PPC</b>	Producción per cápita.
<b>RME</b>	Residuos de Manejo Especial.
<b>RSU</b>	Residuos Sólidos Urbanos.
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.



## **RESUMEN**

El presente proyecto surge de la necesidad que existe a nivel nacional para el manejo adecuado de los residuos y desechos sólidos, este es un tema de aplicación de la maestría en artes de energía y ambiente, dentro de las líneas de investigación del área ambiental, gestión y tratamiento de residuos y gestión y manejo ambiental.

Se realizará un estudio de caracterización de residuos y desechos sólidos comunes, en el municipio de San Juan Alotenango, del departamento de Sacatepéquez, el alcance del proyecto es descriptivo, pretendiendo obtener información detallada al respecto del fenómeno de la generación de residuos y desechos sólidos comunes en un determinado contexto o área específica como lo es el área urbana de San Juan Alotenango, para conocer la situación actual y describir tanto las cantidades como los diferentes tipos de residuos generados, así también para determinar la generación per cápita de residuos y desechos sólidos municipales..

El objetivo del proyecto es que el estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos sirva para propiciar una línea base, para apoyar al desarrollo de un plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, dentro del área urbana del municipio de San Juan Alotenango, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental provocado por la falta de gestión de estos, propiciando el adecuado manejo a fin de preservar la salud humana y mejora de la calidad de vida, así como el cuidado del ambiente y la conservación de los recursos naturales.



## **1. INTRODUCCIÓN**

El siguiente proyecto surge de la necesidad de una gestión integral de los residuos y desechos sólidos para su correcto manejo y así evitar la problemática ambiental que genera su manejo inadecuado. El estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos sirva para propiciar una línea base, para apoyar al desarrollo de un plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, dentro del área urbana del municipio de San Juan Alotenango, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental provocado por la falta de gestión de estos, propiciando el adecuado manejo a fin de preservar la salud humana y mejora de la calidad de vida, así como el cuidado del ambiente y la conservación de los recursos naturales.

La inadecuada gestión de los desechos sólidos es un problema universal que atañe a todo habitante del planeta, constituye un amplio desafío que afecta a toda población, seres vivos, los recursos naturales y medio ambiente en general.

El municipio de San Juan Alotenango no cuenta con un adecuado manejo de residuos y desechos sólidos y estos son dispuestos en vertederos a cielo abierto o son tirados directamente en las fuentes de agua superficial, afectando directamente al bienestar de los recursos naturales, al medio ambiente y por ende a la salud de su población.

El diagnóstico inicial consiste en un estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos, para conocer las características de estos, tales como la generación per cápita, la densidad y su composición, estos resultados proveerán información fundamental para la propuesta de su manejo ambiental, la planificación y toma de decisiones dentro del Plan Municipal Integral para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos.

Para su realización, se cuenta con el apoyo de la municipalidad de San Juan Alotenango y su Unidad de Gestión Ambiental Municipal, el cuál proveerá de los recursos necesarios para la ejecución del estudio de caracterización, ya que actualmente se está iniciando la creación del Plan Municipal Integral para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos.

Primero se debe conocer sobre la situación actual del manejo de los residuos y desechos sólidos en el municipio de San Juan Alotenango, donde se analicen las variables de carácter general más importantes, entre ellas antecedentes, población, división política, estructura y organización, servicios municipales y participación ciudadana, también se debe conocer y el fundamento legal para el manejo de los residuos y desechos sólidos, que es el marco normativo variado para considerar la propuesta de manejo ambiental.

Posteriormente se presentan la metodología y resultados del estudio de caracterización como lo son la producción per cápita por día (PPC) que consiste en la cantidad estimada de generación de residuos por habitante al día, la composición de los residuos y desechos sólidos determinados a través de las mediciones de los aspectos cualitativos y cuantitativos de los mismos y por último la densidad de los residuos y desechos sólidos.

Por último, se encuentra la propuesta para el manejo ambiental de los residuos y desechos sólidos, la cual se desarrolla para cada fase del manejo de estos, el cual consiste en la parte operativa de la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, estas fases son: generación, recolección y transporte, el tratamiento y valorización de residuos y la disposición final. Para la propuesta se utilizará como base el nuevo Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social según el Acuerdo Gubernativo 164-2021.



## 2. ANTECEDENTES

Los estudios sobre la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, proporcionan herramientas base como metodologías y aportes, que sirven para la investigación del manejo ambiental de los residuos y desechos sólidos, así como para elaborar estudios de caracterización de los mismos, los siguientes estudios abordan este tema desde distintas perspectivas interesantes para la aplicación del proyecto.

Un estudio sobre el Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe, (Sáenz y Urdanea, 2014) establece que el manejo de los residuos sólidos representa un serio problema, debido a los altos volúmenes generados especialmente cuando el manejo de estos no es el adecuado, ya que puede afectar la salud de los ciudadanos y al medio ambiente; surgiendo así una necesidad de presentar la situación actual del manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe, que en este caso sirve para tener un contexto regional dentro del proyecto, así como las acciones y estrategias que se están empleando para su adecuada gestión; revisando documentos de artículos científicos, se contrastaron las realidades presentadas por los distintos autores en el manejo de residuos sólidos, detectando similitudes en la manera como se manejan los residuos sólidos en la América Latina y el Caribe, observándose que:

El sistema se encuentra aún en estado incipiente para ser considerado como integral y sustentable. Para lograr mejoras en el manejo de residuos sólidos, en América Latina y el Caribe, se requiere voluntad por parte de los gobernantes, fuertes inversiones y educación continua de la

ciudadanía en el tema del aprovechamiento de los residuos. (Sáenz y Urdanea, 2014, p. 121)

El artículo de la revista DELOS Desarrollo Local Sostenible, presenta una Metodología para la Caracterización de los Desechos Sólidos Municipales y Asimilables, un caso de estudio en la Ciudad de Ibarra en Ecuador (Lorente, Collaguazo, Herrera, Lastre y Cordovés, 2018), el cual consiste en una caracterización de los desechos sólidos municipales y asimilables de las zonas urbanas de este lugar, para contribuir a la determinación de las características físicas, el contenido porcentual de sus componentes, tasa de generación per cápita, entre otros análisis principales con el fin de identificar y cuantificar los materiales para su aprovechamiento tanto económico (reciclaje) como energético (producción de energía térmica y biogás).

En el artículo revisado de la revista DELOS Desarrollo Local Sostenible, desarrollaron una investigación de campo, que suministra la información necesaria a las autoridades competentes, en el proceso de toma de decisiones, con respecto a la gestión y tratamiento de los desechos municipales, lo que sirve de guía para el análisis para el manejo ambiental que se pretende desarrollar, de tal forma que permite la elección de los métodos más adecuados de eliminación/reducción de los mismos y/o la modificación de los métodos actuales, como también la actualización de los datos existentes, conllevando a una gestión eficiente, eficaz, ambientalmente sustentable y financieramente sostenible, todo bajo el marco del Programa Nacional de Gestión Integral de los Desechos sólidos.

Dentro de la gestión de los desechos sólidos municipales, se requiere un conocimiento preciso del contenido de los diferentes tipos de desechos, ya que es una información imprescindible para determinar el tratamiento

idóneo de cada categoría, para saber la cantidad de cada desecho que se está generando, además es un dato técnico sumamente importante que nos genera la suficiente información para mejorar la operatividad de cualquier sistema de gestión de residuos sólidos. (Lorente, Collaguazo, Herrera, Lastre y Cordovés, 2018, p. 2)

El documento La Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos en el Desarrollo Sostenible Local. (Fernández Colomina, Alejandro, 2005), de la revista cubana de química, presenta una valorización de los residuos, utilizando alternativas sostenibles de acuerdo a las mismas necesidades locales, para lograr presentar modelos ecológica y económicamente independientes, que pueden convertirse en fuentes de trabajo, generadoras de alimentos orgánicos y conservar el medio ambiente natural, entre otros; a través de un modelo alternativo llamado “agricultura urbana”, que se basa en fomentar la producción ecológicamente sostenible, apoyando la problemática de generación de residuos, aprovechándolos en forma de abono orgánico por ejemplo.

Para la metodología a utilizar en el estudio de caracterización, se revisó el artículo Caracterización de residuos sólidos (Montoya Rendón, 2012), el cual presenta distintas prácticas para efectuar el aforo y la caracterización de los residuos sólidos, tanto de un multiusuario, industria, municipio o ciudad, con el fin de cuantificar y conocer las propiedades fisicoquímicas y biológicas de los residuos, así como la producción per cápita para la toma de decisiones sobre la mejor forma para el aprovechamiento o tratamiento final de los mismos. Las metodologías que contiene son las siguientes: diferencia de pesos y cuarteo, recolección selectiva y caracterización en viviendas, de estas tres metodologías, la que aplica para la municipalidad de San Juan Alotenango es la de la recolección selectiva junto con el método de cuarteo.

Un tema importante debido a su calidad de tratamiento especial, es el de los desechos sólidos del sector salud, Junco, Suárez, Prieto y Weng (2015) el artículo de Caracterización de los desechos sólidos en instituciones de salud como etapa básica para el plan de manejo, establece sobre la gestión de los desechos sólidos de instituciones de salud, que es de primordial importancia para planificar cualquier programa de control de las situaciones de riesgo derivadas del manejo inadecuado de los desechos sólidos de instituciones de salud, su caracterización según los tipos y el estimado de las cantidades generadas, mediante una metodología descriptiva. Aunque el estudio de caracterización será sobre los residuos y desechos sólidos comunes, dentro del plan de manejo ambiental en su fase de generación, se puede establecer esta metodología como guía, para el establecimiento de un sistema de manejo seguro en las instituciones de salud.

En su tesis Zamora (2013) Plan De Manejo Ambiental de Desechos Sólidos del Municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango, se hace énfasis en que un plan de manejo de desechos, adecúa diferentes estrategias con el objetivo de mejorar los procesos relacionados con los desechos, desde su generación hasta su disposición final. Trata líneas estratégicas formuladas para sectores o áreas específicas que tienen una relación, ya sea directa, indirecta o bien transversal en todo el ciclo del manejo de los desechos. También explica que es de vital importancia profundizar en las diferentes condiciones en las que se manipulan y procesan los desechos, abarcando todas las etapas de gestión de los mismos, iniciando desde la primera etapa que es la generación hasta la última que es su disposición final.

Para el estudio específico de la generación de desechos, se debe priorizar información como lo es la cantidad que se produce, el estimado de desechos generados por habitante en un período de tiempo establecido,

como lo es un día, además del tipo de desechos que se generan y porcentaje de los mismos, ello es un parámetro vital para identificar las formas de disposición o tratamientos más adecuados. (Zamora, 2013, p. 1)

Como podemos observar, existe suficiente información para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, sin embargo la escoger la metodología correcta para el proceso operativo del estudio de caracterización y también la documentación para la propuesta de manejo ambiental, se debe de contextualizar dentro de la realidad nacional y local, en este caso en el municipio de San Juan Alotenango, ya que tiene sus propias características, tanto económicas, de hábitos de consumo de la población, culturales como festividades y celebraciones, geográficas, que influyen desde la generación de los residuos y desechos sólidos hasta su disposición final.



### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1. Contexto general**

La gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos es parte de los objetivos de desarrollo sostenible para el desarrollo mundial y busca asegurar la protección del medio ambiente, el bienestar social y el progreso económico de las naciones. Sin embargo, fenómenos globales como el incremento poblacional, la creciente tendencia a la urbanización, la mayor extracción de recursos y los patrones de producción y consumo insostenibles, han conllevado a grandes desafíos ambientales, entre ellos el tema de la gestión integral de los residuos y desechos sólidos.

La región de América Latina y el Caribe generan aproximadamente el 10 % de los residuos generados a nivel global, de ellos alrededor de una tercera parte terminan en basurales a cielo abierto, lo que ocasiona graves impactos sobre la salud y el medio ambiente; también se estima que tan sólo se recupera un 10 % de los residuos generados, desperdiciando una gran cantidad de recursos aprovechables. (ONU, 2018)

A nivel nacional, se estima que en Guatemala se generan en promedio 0.519 kilogramos por habitante al día de residuos y desechos sólidos domiciliarios en áreas urbanas. En la mayoría de los municipios no existe una clasificación de los residuos y desechos sólidos, y de manera informal se recuperan diversos tipos de residuos que son valorizables. Aproximadamente, una tercera parte de los hogares del país utilizan servicio de recolección (municipal o privado), y la mayoría un 80 % se ubica en el área metropolitana de Guatemala. Las dos

terceras partes restantes, en su mayoría, queman o tiran en cualquier área los residuos y desechos sólidos. Estimada mente en el 20 % de los municipios, el servicio de recolección es subsidiado por las municipalidades. (MARN, 2016)

A nivel local, el municipio de San Juan Alotenango, del departamento de Sacatepéquez, carece de una capacidad instalada para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos, como se puede confirmar en el indicador Gestión y manejo de los residuos y desechos sólidos, como parte del Índice de Servicios Públicos, del Ranking de la Gestión Municipal a nivel nacional (2018), realizado por SEGEPLAN, donde se revela que el municipio se encuentra en la categoría medio bajo, lo que implica que el gobierno local no ha realizado una adecuada gestión respecto a los desechos y residuos sólidos. (SEGEPLAN, 2019, p. 43)

### **3.2. Descripción del problema**

La falta de una gestión integral de los residuos y desechos sólidos en el municipio de San Juan Alotenango, genera una problemática de contaminación ambiental que afecta gravemente la salud humana, los medios de subsistencia, el medio ambiente y la prosperidad de su población.

Actualmente los residuos y desechos sólidos del área urbana del municipio son vertidos a cielo abierto, sin ningún tipo de control, en áreas protegidas que son parte de los astilleros municipales. Algunas personas queman la basura o la tiran en sitios baldíos y en las orillas de ríos cercanos, provocando la contaminación del aire por los gases de efecto invernadero, y de las fuentes de agua y mantos freáticos, causando así problemas de salud a las poblaciones cercanas y demás seres vivos; esta misma contaminación contribuye a la

proliferación de plagas en los cultivos y por ende provoca pérdidas económicas para la población dedicada a la agricultura.

Durante mucho tiempo existió un abandono por parte de las autoridades municipales y no se ha contado con ningún tipo de actividad establecida para la disminución de los residuos y desechos sólidos desde la fuente, faltando organización y planeación de actividades de reciclaje, reutilización y aprovechamiento de residuos, sumado a esto existe una carencia de cultura de cuidado del medio ambiente. La mala gestión de los residuos y desechos sólidos los ha llevado a recibir sanciones jurídicas por parte de autoridades ambientales. Existe un desconocimiento de la situación actual y del manejo y aprovechamiento que se puede obtener de los residuos y desechos sólidos, como posibles fuentes de ingresos económicos ya sea por su revalorización y/o generación energética.

### **3.3. Formulación del problema**

A continuación, en los siguientes incisos se describen las preguntas necesarias para el desarrollo de la investigación.

#### **3.3.1. Pregunta central**

¿Contribuirá el estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes y su propuesta de manejo ambiental, al desarrollo de un plan municipal para la gestión integral de los mismos, para disminuir la contaminación ambiental en el municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez?

### **3.3.2. Preguntas auxiliares**

- ¿Es posible determinar las características en términos de la composición de los residuos y desechos sólidos comunes y su generación per cápita, mediante la caracterización cualitativa y cuantitativa de los mismos?
- ¿Es posible estimar los residuos que pueden ser reducidos, reutilizados y reciclados, a partir del análisis del estudio de caracterización, para la propuesta de su manejo ambiental?
- ¿Es posible establecer lineamientos para un adecuado sistema de servicio de recolección y transporte y su disposición final, para la propuesta de su manejo ambiental?

### **3.4. Delimitación del problema**

El estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos es parte del diagnóstico inicial y línea base, es decir, el punto de partida para el desarrollo de un Plan Municipal Integral del Manejo de Residuos y Desechos Sólidos, este consiste en estimar cualitativa y cuantitativamente los residuos y desechos sólidos comunes, del área urbana del municipio de San Juan Alotenango, para su posterior análisis y propuesta para un adecuado manejo ambiental.

De acuerdo a la iniciativa municipal para la creación de un Plan Municipal Integral para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos, la aplicación del estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes y la propuesta para su manejo ambiental se realizará a partir del mes de noviembre del 2021, en el área urbana del municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

## **4. JUSTIFICACIÓN**

El estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes y la propuesta para su manejo ambiental, servirán para el desarrollo de un plan integral para el manejo de los residuos y desechos sólidos y así disminuir la contaminación ambiental en el municipio de San Juan Alotenango, el proyecto se encuentra enmarcado en el área ambiental de la maestría en energía y ambiente, dentro de las líneas de investigación y aplicativas ambientales, las cuales son la gestión ambiental y gestión y tratamiento de residuos.

El estudio de caracterización sirve para conocer la situación actual de los residuos y desechos sólidos, determinar la cantidad de generación por persona por día que se producen en el área urbana del municipio, así como sus características en términos de su composición.

Los datos obtenidos del estudio de caracterización serán la línea base y punto de partida para el desarrollo de un Plan Municipal Integral para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos, aportando información de suma relevancia y valor para la toma de decisiones a nivel municipal, permitirá determinar el tipo de gestión, el desarrollo de programas de reducción, separación y aprovechamiento de materiales reciclables o elaboración de compost, selección de camiones de acuerdo a la generación e incluso el tamaño del relleno sanitario y su tiempo de vida útil.

Con los resultados del estudio de caracterización e investigación documental, se realizará una propuesta para su adecuado manejo ambiental, adoptando medidas primarias, secundarias y terciarias para cada elemento del manejo de los residuos y desechos sólidos. Este proyecto, permitirá disminuir la contaminación ambiental, cuidar las áreas protegidas y los recursos naturales del área y por ende mejorará la calidad de vida de la población de San Juan Alotenango y sus municipios aledaños, además de ser un ejemplo para los demás municipios de Sacatepéquez, pues sería el 2do municipio que contaría con un plan municipal integral para la gestión de los residuos y desechos sólidos.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Realizar un estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes y proponer su manejo ambiental, para contribuir al desarrollo de un plan municipal para la gestión integral de los mismos y disminuir la contaminación ambiental, en el municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez.

### **5.2. Específicos**

- Determinar las características en términos de la composición de los residuos y desechos sólidos y su generación per cápita, para contribuir al desarrollo de un plan municipal para la gestión integral de los mismos.
- Estimar los residuos que pueden ser reducidos, reutilizados y reciclados, a partir del análisis del estudio de caracterización, para la propuesta de su manejo ambiental.
- Establecer lineamientos para un adecuado sistema de servicio de recolección y transporte, y disposición final de los residuos y desechos sólidos, para la propuesta de su manejo ambiental.



## **6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN**

A nivel nacional e internacional el manejo inadecuado de los residuos y desechos sólidos representa una problemática de índole económico - ambiental, la gestión integral de los mismos contribuirá a disminuir el impacto ambiental, sobre los recursos naturales y sobre la salud de las comunidades y obtener un aprovechamiento por su manejo ambiental.

Una de las necesidades más importantes, por las cuales se trabajará este proyecto, es debido a que el municipio de San Juan Alotenango no cuenta con un diagnóstico inicial para el Plan Municipal Integral para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos, realizar el estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes, servirá como línea base para la creación de una propuesta de manejo ambiental, que ayudará a disminuir la contaminación ambiental provocado por su falta de gestión, los resultados del proyecto son fundamentales para apoyar al desarrollo del Plan Municipal Integral para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos, además se pretende evitar sanciones legales por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el Consejo Nacional de Área Protegidas (CONAP) y ser un referente a nivel municipal para los municipios aledaños.

Su esquema de solución se llevará a cabo mediante una caracterización cualitativa y cuantitativa de los residuos y desechos sólidos comunes urbanos, para estimar sus características en función a su composición química y física, para obtener información necesaria para la propuesta para su manejo ambiental y apoyo al desarrollo del Plan Municipal Integral para el Manejo de Residuos y Desechos Sólidos.

Posterior al estudio de caracterización, se procederá a analizar los resultados y con ellos proponer su manejo ambiental, mediante medidas primarias, secundarias y terciarias, que consisten básicamente en determinar los residuos que pueden ser reducidos, reutilizados y recuperados como parte del tratamiento y valorización estos, así como determinar lineamientos para el servicio de recolección y transporte, y disposición final de los desechos sólidos.

Si bien la gestión de los residuos y desechos sólidos cuenta con una política nacional para la gestión integral de estos, esto no ha sido aplicado a nivel nacional y cada uno de los municipios del país se debe evaluar específicamente ya que cada uno tiene distintas características tanto geográficas, demográficas, sociales, culturales, económicas y por ende distintas necesidades y soluciones al respecto.

La pertenencia del proyecto propuesto está directamente relacionada con la maestría en Energía y Ambiente, ya que su aplicación se encuentra dentro de la gestión ambiental, que está enfocada en minimizar los impactos negativos a la salud, a los ecosistemas y al ambiente. Dentro de las competencias de la maestría se encuentra los tratamientos y estrategias en la gestión de los residuos y desechos sólidos, por lo que el proyecto pretende aplicar los conocimientos técnicos que se adquirirán en la maestría de Energía y Ambiente.

El proyecto que se trabajará será el estudio caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes y propuesta para su manejo ambiental, el cual será realizado por mi persona, un asesor ambiental municipal y trabajadores municipales de la Unidad de Gestión Ambiental. Se tiene planificado iniciar la caracterización en el mes de noviembre 2021, en el municipio de San Juan Alotenango en Sacatepéquez.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos**

El estudio de caracterización de residuos y desechos sólidos, sirve como base del diagnóstico inicial para el desarrollo de un plan para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, para garantizar la la salud humana y disminuir la contaminación del medio ambiente (MARN, 2018).

El estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos, se define en el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, como el “Estudio técnico por medio del cual se obtiene una estimación de la cantidad generada, la composición y la densidad de residuos y desechos sólidos que son generados dentro de una jurisdicción territorial” (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021, 2021, p. 2).

El estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos es fundamental para lograr una correcta gestión de residuos, cuantificando la producción diaria de estos, sus propiedades y características, ya que sirve para entender las dimensiones de la generación, el manejo y su disposición final; así como a sustentar cómo contribuye a la degradación ambiental; para esto sirve determinar los volúmenes de residuos y desechos sólidos que se generan en una área, los diversos materiales que los componen, los puntos de generación y su variabilidad, que se puede dar por los cambios estacionales, el estilo de vida de la población, su composición familiar y la manera como son manejados actualmente (Cruz y Ojéda, 2013).

Consiste básicamente en determinar cualitativa y cuantitativamente las características en función de la composición físicoquímica de los residuos y desechos sólidos, obteniendo así información fundamental para la toma de decisiones para su gestión y planificar cualquier tipo de estrategia nacional para el manejo de los residuos y desechos sólidos.

## **7.2. Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos**

Una gestión adecuada de los residuos y desechos sólidos comunes de un municipio necesita un plan donde se establezcan las líneas estratégicas para el manejo integral de los mismos, este plan debe contener el análisis de cada elemento que compone el sistema de manejo de residuos y desechos sólidos, el cual incluye la generación y caracterización de los residuos y desechos sólidos, el servicio de recolección y transporte, el tratamiento y disposición final de los desechos (MARN, 2016).

El Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, define el Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos como:

Un 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. (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021, 2021, p. 2)

### **7.3. Desecho**

Según el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, un desecho se define como:

Material producido por actividades humanas, descartado por el ente que lo genera, que no posee valor intrínseco o extrínseco, cuyo destino debe ser la disposición final, el adjetivo urbano hace referencia a la fuente generadora, en este caso a los desechos domiciliarios producidos en un área urbana. (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021 , 2021, p. 2)

Básicamente se trata de los materiales que resultan de haber sido procesados, provenientes de las actividades humanas, ya sea industriales, comerciales o domiciliarios, a los cuales ya no se les puede obtener ningún provecho, a manera de reutilización, recuperación o reciclado y los cuales su destino es la disposición final.

### **7.4. Residuo**

Son aquellos materiales o productos que son desechados y que podrían ser susceptibles de ser valorizados, ya sea que requieran de un tratamiento o no para su provecho o también su destino puede ser la disposición final.

El Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, define residuo como el “Material producido por actividades

humanas, descartado por el que lo genera, pero que sí posee valor intrínseco o extrínseco, por lo que su destino debe ser el aprovechamiento” (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021, 2021, p. 2).

## **7.5. Residuos y desechos sólidos comunes**

Se definen en el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, como “Aquellos cuya naturaleza no representa, en sí misma, un riesgo especial a la salud humana o al ambiente; por lo que no poseen características tóxicas, corrosivas reactivas, explosivas, patológicas, infecciosas, punzocortantes, radiactivas u otras de similar riesgo” (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021, 2021, p. 2).

Los residuos y desechos sólidos tienen distintas formas de clasificación, según sus características y orígenes, su biodegradabilidad o tipos, por ejemplo, el enfoque de este proyecto pertenece a los residuos y desechos sólidos comunes, también llamados residuos y desechos sólidos urbanos, según la clasificación de acuerdo con sus características y orígenes.

## **7.6. Clasificación de los residuos según sus características y orígenes**

“En función de sus características y orígenes, se les clasifica en tres grandes grupos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP)”. (DOF 22-05-2015, 2015, p. 6)

### **7.6.1. Residuos sólidos urbanos (RSU)**

Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) están definidos en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos como:

Los generados a nivel domiciliario, que provienen de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos, comercios, oficinas, empresas de servicios e industrias o en la vía pública que genere residuos de similar composición a las características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos. (DOF 22-05-2015, 2015, p. 6)

Los residuos sólidos urbanos tienen como características principales que poseen una composición y características similares a las producidas domésticamente, independientemente de su fuente de generación, y fuera de representar un riesgo para la población o ambiente, estos pueden ser útiles al ser aprovechados de nuevo, dependiendo el tipo de manejo y tratamiento que se les dé, logrando así una economía circular.

### **7.6.2. Residuos de Manejo Especial (RME)**

Los Residuos de Manejo Especial (RME) están definidos en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, como “Aquéllos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados residuos sólidos urbanos o peligrosos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos” (DOF 22-05-2015, 2015, p. 6).

A su vez, también se clasifican en ocho categorías según su origen, estos pueden ser residuos que se utilizan en la fabricación de materiales para la construcción o sean dedicados a este fin y sus derivados, los residuos de los servicios de salud, los generados en las actividades pesqueras, agrícolas,

silvícolas, forestales, avícolas, ganaderas, incluyendo los residuos de los insumos utilizados en esas actividades, los residuos de los servicios de transporte, así como los generados a través de las actividades que se realizan en puertos, aeropuertos, terminales ferroviarias y portuarias y en las aduanas, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, residuos de tiendas o centros comerciales en extensos volúmenes, residuos del sector construcción y los residuos tecnológicos o e-waste, provenientes de las industrias de la informática, productos electrónicos o vehículos y que necesiten un tratamiento específico (SEMARNAT, 2012).

### **7.6.3. Residuos peligrosos (RP)**

Según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, los residuos peligrosos son “Aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio” (DOF 22-05-2015, 2015, p. 6).

## **7.7. Clasificación de los residuos y desechos sólidos según su biodegradabilidad**

Existen distintas maneras de clasificación de los residuos y desechos sólidos, una de las clasificaciones más generales, es la clasificación por su biodegradabilidad, las cuales son por ser biodegradable, en este caso encontramos los residuos orgánicos y los no biodegradables que a su vez se dividen en residuos inorgánicos que pueden ser reducidos, reusados y/o reciclados y los no reciclables o peligrosos, a continuación se describen cada uno de ellos.

### **7.7.1. Orgánicos**

Los residuos sólidos orgánicos se originan de los productos de origen vegetal y animal, primordialmente de los restos de comida o alimentos, de agricultura y jardinería, los cuales se descomponen fácilmente; son biodegradables, es decir, tienen la capacidad de fermentar y ocasionan procesos de descomposición. Cuando no son tratados adecuadamente estos pueden convertirse en potenciales fuentes de contaminación de aire, agua y suelo, producción de gas metano, el cual se considera como uno de los causantes principales del efecto invernadero, que provocan el cambio climático generan desagradables olores, la reproducción de fauna dañina para la agricultura como plagas de insectos, roedores y otros (MARN, 2018).

El correcto manejo de los residuos orgánicos sujetos a putrefacción, facilita la elaboración de compostaje o bien llamado abono orgánico, el cual es de gran aporte para la agricultura, jardinería y recuperación de suelos (MARN, 2018).

### **7.7.2. Inorgánicos**

Los residuos inorgánicos, es todo residuo que no posee un origen biológico y que ha sido industrializado o creado mediante algún proceso de fabricación de manera artificial, y que su producción se compone de materiales que no pueden descomponerse o que tardan en hacerlo que fuera inútil considerarlos como degradables, entre ellos tenemos a los plásticos, las telas o los vidrios. Los residuos inorgánicos al no ser biodegradables o serlo en plazos muy largos, deben ser adecuadamente tratados para evitar la contaminación ambiental (Castro, 2019).

### **7.7.3. Inorgánicos no reciclables o peligrosos**

Los residuos inorgánicos pueden ser aprovechables o no, sin embargo también existen los residuos inorgánicos que no se pueden reciclar o son peligrosos, es decir que contienen compuestos químicos de tipo ácidos, corrosivos o basura radioactiva, estos son algunos ejemplos de los residuos que se incluyen en esta categoría y que deben ser tratados de forma especial, pues pueden afectar la salud de la población (RSS, 2021).

## **7.8. Clasificación según categorización del Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes**

El Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, propone que los residuos y desechos sólidos comunes, deben separarse en el momento de su generación, para ello se estableció una clasificación primaria y secundaria.

### **7.8.1. Primaria**

Se consideran en la clasificación primaria, los residuos sólidos comunes de tipo orgánico e inorgánico (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021, 2021).

### **7.8.2. Secundaria**

Se consideran en la clasificación secundaria, los residuos sólidos comunes siguientes: papel y cartón, vidrio, plástico, metal, multicapa y otros (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021, 2021).

## **7.9. Gestión integral y manejo ambiental de los residuos y desechos sólidos**

Es probable que se tienda a confundir los términos gestión y manejo de residuos y desechos sólidos, pensando que se trata de lo mismo, sin embargo sus conceptos son distintos y la manera de entender como se relacionan es la siguiente: el manejo ambiental de los residuos y desechos sólidos, es parte de la gestión integral de los mismos.

El manejo ambiental consiste en las acciones operativas a las que se someten los residuos y desechos sólidos, con el fin de darles el destino más adecuado, incluyendo, entre otras, recolección, almacenamiento, transporte, pretratamiento y tratamiento, el cual varía dependiendo si los residuos son llevados a un sitio para disposición final o si son valorizados, con la finalidad de evitar daños, problemas o riesgos para la salud humana y/o al medio ambiente (MARN, 2016).

Por otra parte la gestión integral es un término más amplio, ya que incluye tanto una parte operativa referente al manejo ambiental, como otras acciones de política, planificación, normativas, administrativas, financieras, organizativas, educativas, de evaluación de seguimiento y fiscalización referidas a los residuos y desechos sólidos (Ministerio del Medio Ambiente, 2016).

## **7.10. Proceso del sistema de manejo ambiental de residuos y desechos sólidos urbanos (RSU)**

El proceso del sistema de manejo ambiental de los residuos y desechos sólidos urbanos, corresponde al ámbito técnico del diagnóstico inicial de un plan integral para el manejo de residuos y desechos sólidos. El manejo ambiental

abarca desde la generación hasta la disposición final de los residuos y desechos sólidos, analizar y obtener un reporte con información sobre cada fase del proceso, es de suma importancia y trascendencia para la toma de decisiones y es el ámbito más complejo en desarrollar, se divide en las siguientes fases (MARN, 2016):

- Generación
- Recolección y transporte
- Tratamiento y valorización de residuos
- Disposición final

Estas fases pueden variar, dependiendo de las necesidades específicas de cada municipalidad. (MARN, 2016)

También se puede esquematizar la jerarquía del manejo ambiental, con la siguiente pirámide que muestra, diferentes aspectos a considerar desde la generación como es la aplicación de las 3 R que son reducir, reutilizar y reciclar, después de la recolección y transporte estaría la transferencia o tratamiento de residuos valorables, dentro de las acciones importantes tenemos el tratamiento y valorización o aprovechamiento energético y por último su disposición final (Rondón, Szantó, Pacheco, Contreras y Gálvez, 2016).

Figura 1. **Pirámide del sistema de manejo ambiental de residuos y desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia empleando Microsoft Word 365.

### 7.10.1. **Generación**

La generación es la acción de producir residuos y desechos sólidos a través de procesos productivos o de consumo, está íntimamente vinculada a los hábitos de consumo, las actividades económicas del municipio, el nivel socioeconómico de la población, las estaciones del año, festividades o celebraciones y las características tanto geográficas como culturales de la población, los cuales son factores que influyen en la generación de residuos y desechos sólidos, en los tipos y cantidades generadas. (MARN, 2016).

La generación de los residuos y desechos sólidos, consiste en la primera fase, desde donde se debe iniciar su correcta gestión integral, existen diversas políticas de gestión o principios rectores, como lo son la minimización de residuos

utilizando el concepto de las 3R, el cual consiste en la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos; también la promoción del consumo responsable y la separación de los materiales en el origen para la identificación de materiales sin ninguna valorización comercial y que son recolectados y clasificados para procesos de aprovechamiento, tratamiento o disposición final (Mazzeo, 2012).

En la región latinoamericana las viviendas son la fuente principal de generación de los residuos sólidos urbanos, por lo que la información veraz sobre la generación y composición es fundamental para su gestión, para ello se realiza el estudio de caracterización de RSU, es importante contar con datos actualizados y precisos de tasas de generación per cápita y composición, ya que estos datos son críticos para el diseño de programas de planificación de la gestión que incluyan el reciclaje y una disposición final adecuada. (Hernández, Aguilar, Taboada, Lima, Eljaiek, Márquez y Buenrostro, 2016)

#### **7.10.2. Recolección y transporte**

Los sistemas de recolección y transporte de residuos sólidos, tienen como objetivo primordial proteger la salud pública mediante la recolección de los residuos en los puntos de generación y transportarlos al sitio para su tratamiento y/o disposición final, de una forma sanitaria y eficiente, ya que la recolección y transporte es el componente más costoso de la gestión integral del manejo de los residuos y desechos sólidos (Tello, Campani y Sarafián, 2018).

El sistema de recolección y transporte, hace referencia a la identificación de los actores para la recolección, las costumbres y formas que tiene la población en el manejo y disposición de desechos sólidos, las características que deben poseer los vehículos que serán utilizados para este fin, los horarios para la recolección domiciliar y también del barrido de calles peatonales públicas,

frecuencia, el diseño de rutas de recolección, tipos de contratación del servicio, el tipo de servicio (municipal, privado, concesionado o mixto), recolección selectiva o mixta, entre otros.

También puede requerir uso de centros de transferencia. (MARN, 2016)

### **7.10.3. Tratamiento y valorización de residuos**

En esta fase del proceso se pretende que los residuos previamente separados y clasificados, se les dé un tratamiento adecuado o sean valorizados, para disminuir los daños ambientales que puede provocar su manejo inadecuado.

Teniendo los resultados del análisis de generación, el sistema de recolección y transporte implementado, así como la demanda local y regional de materiales e insumos provenientes del procesamiento de los residuos, el tratamiento de residuos se convierte en una oportunidad para valorizar los residuos, ya que un alto porcentaje de ellos puede ser recuperado y reintegrado como materia prima; lo que implica tener varios beneficios, por una parte aumentar los ingresos monetarios por la valorización, aprovechamiento, comercialización e industrialización de los subproductos de los residuos sólidos, por otro lado funciona para reducir el volumen de desechos sólidos que van destinados a los lugares de disposición final, incrementando así la vida útil de estas áreas y finalmente un ahorro económico a los costos relacionados de la operación de estos sitios de disposición final. (Tello, Campani y Sarafián, 2018).

Seleccionar un sistema de tratamiento apropiado para los RSU, es importante ya que puede incidir en la sostenibilidad del tipo de gestión se plantean dos escenarios: el primero es si la tecnología que se seleccionará es la más adecuada para la realidad local y el segundo es si los costos de su

implementación y operación, justificarán esta inversión, el procesamiento de los RSU como ya se ha visto, está limitado por la composición y el volumen de los residuos a tratar y por el producto final deseado (Tello, Campani y Sarafián, 2018).

El Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, define el tratamiento como:

El procesamiento de los desechos sólidos comunes, a través del empleo de sistemas mecánicos, químicos, térmicos o una combinación de estos; orientados a la minimización o eliminación de su riesgo sanitario y ambiental, o a la reducción de su tamaño o volumen; facilitando la recuperación y el reciclaje de materiales, o la degradación y disposición final de los productos obtenidos del proceso. (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021, 2021, p. 2)

#### **7.10.4. Disposición final**

La disposición final de los residuos, tiene relación a las acciones realizadas para su depósito último o confinamiento permanente en algún sitio o instalación, que permita disminuir los efectos perjudiciales y riesgosos para la salud y a los ecosistemas por su existencia en el ambiente.

El Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes, define la disposición final como el “Aislamiento o eliminación definitiva de desechos sólidos comunes o de productos generados durante su tratamiento, por medio del uso de tecnologías que garanticen la ausencia o el estricto control del riesgo sanitario y ambiental” (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021, 2021, p. 2).

Para su gestión integral, se debe detallar la tecnología a utilizar en el sitio de la disposición final y describir el manejo de los gases y lixiviados, también se debe detallar de donde se obtiene el material para cobertura, los tipos de desechos que recibe, la disposición de residuos especiales o peligrosos, presencia de personas guajeras (edad, sexo y cultura a la que pertenece) e impacto en las poblaciones cercanas; por último también deben analizarse los riesgos para el ambiente de todas las actividades que se realizan en el sitio (Tello, Campani y Sarafián, 2018).

Los lugares para la disposición final de los residuos y desechos sólidos pueden establecerse en áreas de terreno determinadas como por ejemplo vertederos, plantas de tratamiento, vertedero o relleno sanitario. Para realizar este estudio se recomienda utilizar mapas de riesgos y amenazas del área del sitio para la disposición final y las áreas cercanas que se verán afectadas (MARN, 2016).

#### **7.11. Impactos ambientales por el mal manejo de los residuos y desechos sólidos**

El volumen y la composición de los desechos sólidos y los desechos están significativamente influenciados por el desarrollo económico, la industrialización y los modelos económicos de la población. Las consecuencias ambientales de la eliminación inadecuada de desechos pueden ser negativas para la salud de las personas y los ecosistemas naturales. (SEMARNAT, 2012).

Algunos de sus impactos son los siguientes:

- Generación de gases contaminantes y gases de efecto invernadero

La descomposición de los residuos orgánicos producen biogases que provocan olores desagradables y que también pueden resultar peligrosos por su toxicidad o explosividad. Algunos provocan gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global. Estos gases incluyen dióxido y monóxido de carbono, metano, sulfuro de hidrógeno y compuestos orgánicos volátiles (SEMARNAT, 2012).

- Reducción de la capa de ozono

Existen unas sustancias llamadas SAO sustancias agotadoras del ozono, que se utilizan para fabricar envases de unicel, para aerosoles para el cabello, pinturas y desodorantes, refrigeradores y plaguicidas, estos al ser liberados contribuyen, a la reducción de la capa de ozono. Cuando los envases de estos productos son desechados de forma inadecuada se convierten en fuentes de emisión de SAO (SEMARNAT, 2012).

- Contaminación hídrica y del suelo y subsuelo

La descomposición de los desechos y en su contacto con el agua puede generar lixiviados, estos son líquidos que se forman por el arastre, filtrado o reacción de los materiales de desecho, que contienen sustancias ya sea en forma disuelta o en suspensión, que se infiltran fácilmente en los suelos o escurren afuera de los sitios de disposición final. Estos lixiviados causan contaminación hídrica y del suelo, provocando su deterioro y representando un riesgo para la salud humana y de los demás seres vivos (SEMARNAT, 2012).

- Proliferación de fauna nociva y transmisión de enfermedades

Los residuos orgánicos atraen a un gran grupo de especies generalmente descomponedores y también aves y mamíferos que pueden transformarse en vectores de enfermedades peligrosas como la peste bubónica, tifus murino, salmonelosis, cólera, leishmaniasis, amebiasis, disentería, toxoplasmosis, dengue y fiebre amarilla, entre otras (SEMARNAT, 2012).

### **7.12. Economía circular**

La economía circular, está definida en el reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes, como los 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 (Acuerdo Gubernativo No. 164-2021 , 2021).

La economía circular, es una alternativa a la economía lineal tradicional, que tiene el esquema de fabricar-usar-descartar, lo cual tiene consecuencias ambientales negativas, ya que se caracteriza por la extracción incontrolada de recursos naturales, tanto renovables como no renovables, para fabricar productos que al término de su vida útil son tornados al medio ambiente como residuos, descargas o emisiones contaminantes careciendo de un sistema de tratamiento que aproveche los residuos (Tello, Campani y Sarafián, 2018).

La economía circular en cambio pretende hacer eficiente el ciclo de vida de los materiales, desde la producción, reutilizando los residuos como materias primas, posteriormente reciclando y valorizando con el aprovechamiento energético los materiales que no puedan ser reciclados y reutilizados.

## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

### 1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

### 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos

2.2. Plan Municipal para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos

2.3. Desecho

2.4. Residuo

2.5. Residuos y desechos sólidos comunes

2.6. Clasificación de los residuos según sus características y orígenes

2.6.1. Residuos sólidos urbanos (RSU)

2.6.2. Residuos de Manejo Especial (RME)

2.6.3. Residuos peligrosos (RP)

2.7. Clasificación de los residuos y desechos sólidos según su biodegradabilidad

2.7.1. Orgánicos

2.7.2. Inorgánicos

2.7.3. Inorgánicos no reciclables o peligrosos

- 2.8. Clasificación según categorización del Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos Comunes
    - 2.8.1 Primaria
    - 2.8.2 Secundaria
  - 2.9. Gestión integral y manejo ambiental de los residuos y desechos sólidos
  - 2.10. Proceso del sistema de manejo ambiental de residuos y desechos sólidos urbanos (RSU)
    - 2.10.1. Generación
    - 2.10.2. Recolección y transporte
    - 2.10.3. Tratamiento y valorización de residuos
    - 2.10.4. Disposición final
  - 2.11. Impactos ambientales por el mal manejo de los residuos y desechos sólidos
  - 2.12. Economía circular
3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN
- 3.1. Situación actual del manejo de los residuos y desechos sólidos en el municipio de San Juan Alotenango
  - 3.2. Fundamento legal para el manejo de los residuos y desechos sólidos
  - 3.3. Estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes
    - 3.3.1. Metodología para el estudio de caracterización
    - 3.3.2. Producción per cápita por día (PPC)
    - 3.3.3. Composición de los residuos y desechos sólidos
    - 3.3.4. Densidad de los residuos y desechos sólidos

- 3.4. Propuesta para el manejo ambiental de los residuos y desechos sólidos
  - 3.4.1. Generación
  - 3.4.2. Recolección y transporte
  - 3.4.3. Tratamiento y valorización de residuos
  - 3.4.4. Disposición final

#### 4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Características del estudio**

Los métodos de investigación pueden ser lógicos y/o empíricos, el método lógico se basa en el uso del pensamiento en sus funciones de deducción, análisis y síntesis, el proyecto propuesto se basa en el método de investigación lógico de tipo medición, ya que se medirán directamente las variables para su posterior análisis de resultados; por otra parte, los métodos de investigación empíricos, aproximan el conocimiento mediante conocimiento directo y uso de la experiencia, en el caso del proyecto será de observación de los datos medidos.

Dentro de la teoría de la ciencia, el tipo de paradigma en el cual se sustenta el proyecto propuesto es el tipo positivista, pues se estudiará el fenómeno racional y objetivamente, bajo el método científico, se observará la realidad bajo la medición de las variables cuantitativas y cualitativas y así se obtendrán los resultados y realizarán los análisis.

El diseño de la investigación es no experimental, ya que no se manipularán ni controlarán las variables, se limitará a la observación y cuantificación de las variables tal como ocurre en su ambiente natural, es decir, se obtienen los datos de forma directa y para posteriormente ser analizados.

En el tipo de estudio, se utilizarán variables cuantitativas y cualitativas, las primeras de tipo discreto como número de viviendas y habitantes y continuas, ya que se harán mediciones de peso, volumen, entre otras. Las variables cualitativas serán de tipo nominal y binario, ya que se clasificarán los residuos y desechos

sólidos, dependiendo si son definidas por la clasificación primaria, dentro de la cual se tienen dos categorías las cuales son: residuos orgánicos e inorgánicos, o por clasificación secundaria, dentro de los que se tiene distintas categorías, como, por ejemplo, papel, vidrio, plásticos, metal, etc.

El tipo de alcance del proyecto es descriptivo, debido a que ya hay investigaciones e incluso metodologías al respecto del problema, entonces lo que se pretende es obtener información detallada al respecto del fenómeno en un determinado contexto o área específica, es decir, en este caso se desea conocer la situación actual de la gestión de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan Alotenango, y así describir sus dimensiones, propiedades, características y rasgos importantes, es decir, describir las variables con precisión en su contexto específico.

## **9.2. Unidades de análisis**

Las unidades de análisis, para el estudio de la caracterización, serán la población, para analizar su distribución, y los residuos y desechos sólidos del área urbana del municipio de San Juan Alotenango, el área urbana está dividida en 5 zonas y se tiene una población total 23,986 habitantes y un total de 5,384 viviendas, según los datos obtenidos del censo 2,018 del Instituto Nacional de Estadística INE, según la metodología adoptada, para obtener el número de muestras para primeros estudios de caracterización, se recomienda realizar el estudio en 60 viviendas, la selección de esta muestra se realizará por el método de muestreo simple aleatorio.

Tabla I. **Variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición teórica</b>	<b>Definición operativa</b>
Residuos y desechos sólidos comunes urbanos	Son los generados a nivel domiciliario, que provienen de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos, comercios, oficinas, empresas de servicios e industrias o en la vía pública que genere residuos de similar composición a las características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos	Estudio de caracterización:  Peso Densidad Producción per cápita % orgánicos % inorgánicos % residuos según clasificación secundaria
Manejo ambiental	Consiste en las acciones operativas a las que se someten los residuos y desechos sólidos, con el fin de darles el destino más adecuado, incluyendo, entre otras, recolección, almacenamiento, transporte, pretratamiento y tratamiento, el cual varía dependiendo si los residuos son llevados a un sitio para disposición final o si son valorizados, con la finalidad de prevenir daños o riesgos a la salud humana y/o al ambiente	Propuesta para el manejo ambiental:  Generación Recolección y transporte Tratamiento y valorización de residuos Disposición final

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

### 9.3. Fases del estudio

A continuación en los siguientes incisos se presentan las fases de investigación.

### **9.3.1. Fase 1**

Para realizar el estudio de caracterización se utilizará como metodología la Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes del 2,018 del MARN, la cual incluye técnicas de recolección de información en campo, tales como: encuestas, mediciones físicas de la composición de los residuos y desechos sólidos y validaciones estadísticas, por otra parte para la propuesta de manejo ambiental, se propone una revisión documental de tipo investigativo, basándose principalmente en el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos según el Acuerdo Gubernativo 164-2021 y la Guía práctica para la formulación de planes municipales para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos del MARN.

### **9.3.2. Fase 2**

Estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos comunes.

Para realizar el estudio de caracterización, se utilizará como metodología la guía para realizar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes (MARN, 2018), la cual se basa en la siguiente serie de actividades:

- Actividad 1 Antecedentes:

Esta actividad incluye revisión documental y demográfica del municipio de San Juan Alotenango.

- Actividad 2 Socialización:

En esta actividad se realizarán encuestas, para la población que será parte de la muestra a caracterizar.

- Actividad 3 Cálculo de la muestra:

La metodología estadística que se aplica en los estudios de caracterización en los países de la Región de América Latina y el Caribe es la diseñada por el doctor Kunitoshi Sakurai en 1982.

- Actividad 4 Selección de la Muestra

La selección de esta muestra se realizará por el método de muestreo simple aleatorio.

- Actividad 5 Limpieza

- Actividad 6 Recolección de Muestras

- Actividad 7 Análisis de Muestras

- a. Metodología para la medición del peso de las muestras
- b. Producción Per Cápita por Día (PPC)
- c. Prueba de composición física
- d. Prueba de densidad de los residuos sólidos

En las actividades 5 a la 7, se realizará trabajo de campo.

En los procedimientos señalados anteriormente, se incorporan análisis estadísticos que tienen que ver con la validación tanto del número de las muestras, como de los datos obtenidos en el muestreo de las viviendas y por último el uso de estadística descriptiva para presentar los datos obtenidos.

### **9.3.3. Fase 3**

- Propuesta de Manejo Ambiental

Esta fase consiste en la propuesta de su manejo ambiental, en la cual se utilizarán los resultados obtenidos del estudio de caracterización y también investigación documental para obtener lineamientos técnicos que se apliquen al proyecto, los cuales están comprendidos en el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos según el Acuerdo Gubernativo 164-2021 y la Guía práctica para la formulación de planes municipales para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos del MARN, para cada una de las fases del proceso de manejo ambiental las cuales son:

- Generación
- Recolección y transporte
- Tratamiento y valorización de residuos
- Disposición final

El manejo ambiental se encuentra dentro del ámbito técnico del plan para la gestión integral para los residuos y desechos sólidos, por lo que su propuesta comprenderá de la descripción del fenómeno en el contexto de la zona urbana del municipio de San Juan Alotenango, describiendo sus dimensiones con precisión y formulando lineamientos y recomendaciones técnicas bajo medidas primarias, secundarias y terciarias para su manejo ambiental.

#### **9.3.4. Resultados esperados**

- Producción Per Cápita por Día (PPC)
- % Orgánicos
- % Inorgánicos
- % Papel y cartón
- % Plástico
- % Vidrio
- % Material ferroso
- % Material no ferroso
- % Varios (caucho, cuero, tierra, etc.)
- % Desechos sanitarios
- % Desechos peligrosos
- Densidad de los residuos sólidos



## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Para analizar la información del estudio de caracterización se utilizarán técnicas de estadística descriptiva, para obtener distintos tipos de gráficas que representen la composición de los residuos y desechos sólidos, tablas de resultados, y también cálculos de porcentajes de composición y medias para obtener la producción per cápita por día del municipio de San Juan Alotenango. También se utilizará estadística para la validación de los datos obtenidos.

A continuación, se describen algunas de las ecuaciones a utilizar para los distintos cálculos:

- Producción Per Cápita por Día (PPC)

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

- Prueba de composición física

$$\text{Porcentaje \% por día} = \left[ \frac{\text{Peso de cada residuo clasificado}}{\text{Peso total de la muestra del cuarteo}} \right] * 100$$

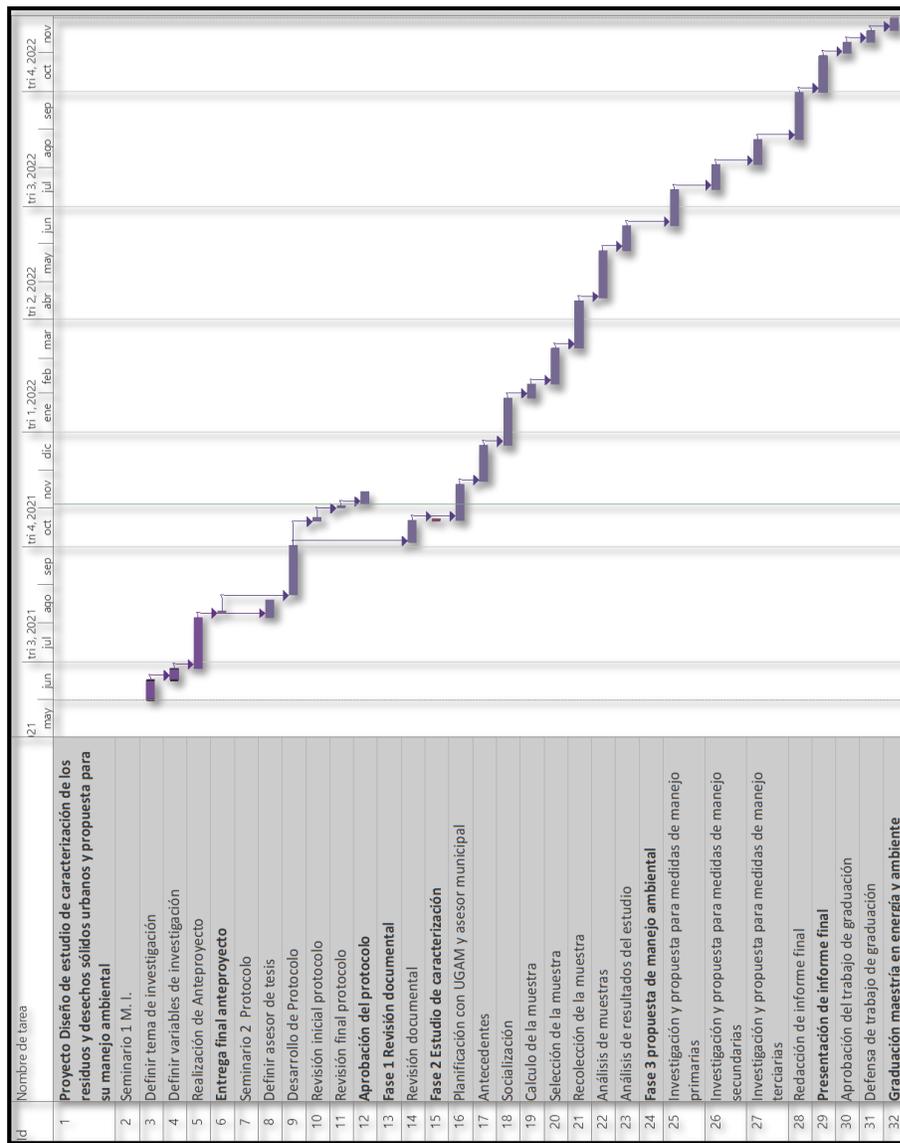
- Prueba de densidad de los residuos sólidos

$$\text{Densidad} = \left[ \frac{\text{Peso de los residuos de un tonel (lb)}}{\text{Volúmen del tonel (m}^3\text{)}} \right]$$



# 11. CRONOGRAMA

Figura 2. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Project 2019.

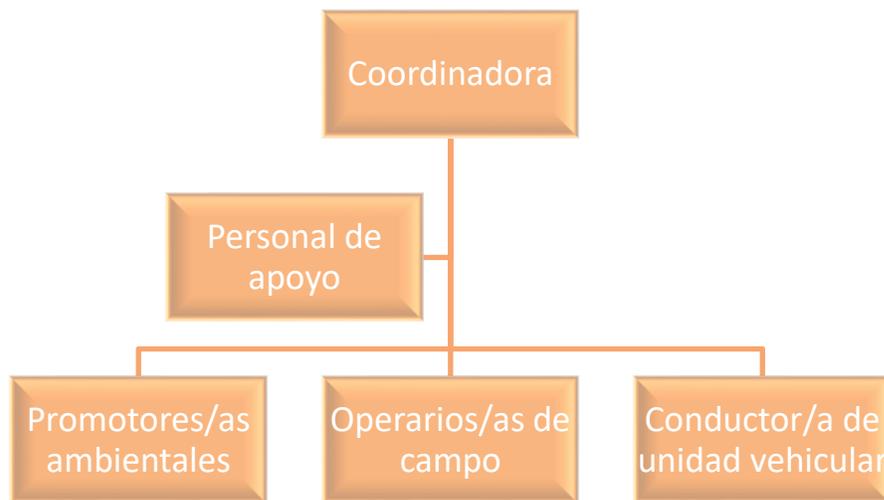


## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

### 12.1. Recursos humanos

El recurso humano para el estudio de caracterización, básicamente se identifica en 5 tipos de perfiles descritos a continuación:

Figura 3. **Organización del equipo de campo para la realización del estudio de caracterización**



Fuente: elaboración propia empleando Microsoft Word 365.

- Promotores ambientales:

Personal disponible para los días de socialización del estudio. La municipalidad de San Juan Alotenango, dispone de 2 personas que pertenecen

a la Unidad de Gestión Ambiental Municipal UGAM, que serán los encargados de realizar la encuesta inicial a los usuarios. Se recomienda personal, por lo menos con estudios medios, familiarizado en el tema del estudio de caracterización.

- Operarios de campo:

Personal disponible para los 8 días que dura el estudio. La municipalidad de San Juan Alotenango, dispone 3 personas que pertenecen a la Unidad de Gestión Ambiental Municipal UGAM, que serán los operarios de campo.

Son los encargados de realizar la manipulación de los residuos y desechos sólidos, en todo el proceso. Se recomienda personal, por lo menos con estudios medios, familiarizado en el tema del estudio de caracterización y sin prejuicios para la manipulación de los residuos y con condición física. Estas personas deben conocer el área de recolección de las muestras, ya que serán los encargados de guiar la ruta para realizar la recolección.

- Conductor de unidad vehicular

Personal disponible para los 8 días que dura el estudio. La municipalidad de San Juan Alotenango, dispone de una persona que pertenecen a la Unidad de Gestión Ambiental Municipal UGAM, que serán el conductor del vehículo para realizar la recolección de muestras.

Esta persona debe conocer el área de recolección de las muestras, ya que será el encargado de manejar el vehículo en la ruta para realizar la recolección.

- Personal de apoyo

Personal de apoyo al coordinador disponible durante los 8 días del estudio, encargados de la supervisión de las actividades para cerciorarse que estas se realizan adecuadamente y tabular los datos obtenidos en cada una de las mediciones. Estas personas deben conocer el área de recolección de las muestras, ya que serán los encargados de guiar la ruta para realizar la recolección.

La municipalidad de San Juan Alotenango, dispone de 1 persona que apoyará como tabulador, además de mi persona.

- Responsable o coordinador:

Persona familiarizada con la gestión de residuos y desechos sólidos, que sea aceptado socialmente en el área de trabajo, será el encargado de la supervisión de todas las actividades del estudio previo, durante y después del mismo.

En este caso mi persona será la coordinadora del estudio de caracterización con apoyo del asesor ambiental municipal, de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal UGAM.

## **12.2. Recursos financieros**

Los recursos financieros se necesitarán para la compra del equipo y herramienta, que servirá para el estudio de caracterización, así como para los gastos de la gasolina del vehículo a utilizar para el transporte de la recolección

de las muestras, serán financiados por la Unidad de Gestión Ambiental Municipal UGAM a través de la Municipalidad de San Juan Alotenango.

### **12.3. Recursos tecnológicos**

- Se necesitarán al menos dos computadoras con el software de hojas de cálculo, para la tabulación de los datos obtenidos.
- Telefonía, para las telecomunicaciones durante el transcurso de la recolección de muestras.

### **12.4. Acceso a la información**

La información respecto a la municipalidad de San Juan Alotenango, por ejemplo, planos de la urbanización, datos demográficos, etc. Se solicitan mediante cartas dirigidas al departamento de catastro municipal y son respondidas por medio de oficios.

### **12.5. Permisos**

Los permisos necesarios, por ejemplo, para la circulación vehicular, se coordinan junto con el departamento de tránsito municipal, esto es gestionado por la encargada de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal UGAM.

### **12.6. Equipo y herramienta**

El equipo y herramienta necesaria, depende de la cantidad de personas que apoyarán en el estudio de caracterización y la cantidad de muestras a tomar.

Tabla II. **Equipo y herramientas de trabajo**

<b>1 o 2 picops para el recorrido y la recolección de las muestras.</b>	<b>Mascarillas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toneles sin abolladuras y limpios con capacidad de 200 litros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cernidor de madera de 1m x 1.5m con malla de ½"</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palanganas de plástico de 10 litros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesas de piso (capacidad mínima de 100 kg y precisión de 10 g o similar)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Palas curvas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesas sensibles (con capacidad mínima de 10 kg y precisión de 1 g o similar)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tableros tamaño carta u oficio.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marcadores de tinta permanente para marcar las bolsas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escobas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolsas de polietileno de 0.70 m x 0.50 m y calibre mínimo del No. 200</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recogedores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ligas de hule gruesas para cerrar bolsas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Botas de hule</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Papelería y varios</li> </ul>

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

### 12.7. Infraestructura

Respecto a la infraestructura, se necesita de un espacio físico amplio, cercano a las viviendas identificadas para muestreo, que esté techado y que cuente con ventilación (pero que no se produzcan ráfagas de viento que vuele los residuos); se requiere que sea un piso liso (no de tierra para evitar mezcla o pérdida de residuos), que los vehículos puedan ingresar fácilmente y que cuente

con servicios sanitarios para el personal. La municipalidad cuenta con un área que cumple con los requisitos anteriores, para realizar el estudio de caracterización de los residuos y desechos sólidos.

### 13. REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo No. 164-2021. Reglamento para la gestión integral de los residuos y desechos sólidos comunes. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; Ministerio de Salud y Asistencia Social. Guatemala 09 de agosto de 2021.
2. Castro, M. (31 de julio de 2019). Residuos inorgánicos: características, clasificación, tratamiento. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.lifeder.com/residuos-inorganicos/#Referencias>.
3. Cruz, S. y Ojéda, S. (diciembre, 2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(3), 7-8.
4. DOF 22-05-2015. Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos. Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. Mexico 8 de octubre de 2013.
5. Fernández, A. (diciembre, 2005). La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el desarrollo sostenible local. *Revista Cubana de Química*, 17(3), 35-35.
6. Hernández, M., Aguilar, Q., Taboada, P., Lima, R., Eljaiek, M., Márquez, L. y Buenrostro, O. (enero, 2016). Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América. *Revista Internacional de*

*Contaminación Ambiental*, 32, 11-22.  
doi:10.20937/RICA.2016.32.05.02.

7. Junco, R., Suárez, M., Prieto, V. y Weng, Z. (enero, 2015). Caracterización de los desechos sólidos en instituciones de salud como etapa básica para el plan de manejo. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 53(1), 1-7.
8. Lorente, L., Collaguazo, G. Herrera, I., Lastre, A. y Cordovés, A. (octubre, 2018). Metodología para la caracterización de los desechos sólidos municipales y asimilables: caso de estudio ciudad de Ibarra - Ecuador. *DELOS Desarrollo Local Sostenible*, 11(33), 1-23.
9. MARN. (2016). *Guía práctica para la formulación de planes municipales para la gestión integral de residuos y desechos sólidos*. Guatemala: Autor.
10. MARN. (2018). *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes*. Guatemala: Departamento para el manejo de los residuos y desechos sólidos. Guatemala: Autor.
11. MARN. (2018). *Guía para la Identificación Gráfica de Residuos Sólidos Comunes*. *Guía para la Identificación Gráfica de Residuos Sólidos Comunes*. Guatemala: Autor.
12. Mazzeo, N. (2012). *Manual para la sensibilización comunitaria y educación ambiental. Gestión de los Residuos y Desechos Sólidos Urbanos, 1*. Argentina: INTI Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

13. Ministerio del Medio Ambiente. (2016). *Guía de Educación Ambiental y Residuos*. Chile: Autor. Recuperado de <http://biblioteca.digital.gob.cl/handle/123456789/1401>.
14. Montoya, A. (octubre de 2012). Caracterización de residuos sólidos. *ACTIVA*, 4, 67-72.
15. ONU. (2018). *Perspectiva regional de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe*. Panamá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
16. Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E. y Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago: Naciones Unidas, CEPAL.
17. RSS. (7 de septiembre de 2021). Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad. [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://www.responsabilidadsocial.net/residuos-que-son-definicion-clasificacion-manejo-y-ejemplos/>.
18. Sáenz, A, y Urdanea, G. (diciembre, 2014). Manejo de residuos sólidos en America Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121 - 135.
19. SEGEPLAN. (2019). *Ranking de la Gestión Municipal 2018*. Guatemala: Autor.
20. SEMARNAT. (2012). Informe de la situación del medio ambiente en México. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

21. Tello, P., Campani, D. y Sarafián, D. (2018). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos*. Costa Rica: AIDIS Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
  
22. Zamora, J. (2013). *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango* (Tesis maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.