



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

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA ZONA 2 DE
CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO**

Pablo Moisés Girón Navas

Asesorado por el Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga

Guatemala, enero de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA ZONA 2 DE
CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PABLO MOISÉS GIRÓN NAVAS

ASESORADO POR EL ING. DENIS SALVADOR ARGUETA MAYORGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ENERO DE 2023

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 Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Luis Eduardo Portillo España
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA ZONA 2 DE CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
con fecha 29 de octubre de 2018

Pablo Moisés Girón Navas


Guatemala 24 de febrero de 2022

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Jefe del Departamento de Hidráulica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar:

Por medio de la presente me permito informar que, en calidad de asesor nombrado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, he procedido a la revisión final del trabajo de graduación titulado **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA ZONA 2 DE CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO** desarrollado por el estudiante Pablo Moises Girón Navas, Carné 2014-04372, determinado que el mismo cumple con los requisitos establecidos, por lo que de la manera más tenta solicito se autorice continuar con los trámites pertinentes para la aprobación final.

Atentamente



Dennis Salvador Argueta Mayorga
INGENIERO CIVIL
MAESTRO EN INGENIERIA VIAL
MAESTRO EN INGENIERIA SANITARIA
DOCTOR EN CAMBIO CLIMÁTICO Y SOSTENIBILIDAD
COLEGIADO 8297

Ing. Dennis Salvador Argueta Mayorga
Asesor
No. De Colegiado: 8297



Guatemala, 06 de julio 2022

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Coordinador del Departamento de Hidráulica
Escuela de Ingeniería Civil

Ingeniero Aguilar:

Por medio de la presente comunico a usted, que a través del Departamento de Hidráulica de la Escuela de Ingeniería Civil se ha revisado el Trabajo Final de Graduación, **“CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA ZONA 2 DE CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO**, del estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil **PABLO MOISÉS GIRÓN NAVAS**, Registro Académico: **201404372**, como Asesor al **DR. ING. DENNIS SALVADOR ARGUETA MAYORGA**.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte académico para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor del Departamento de Hidráulica

Asesor
Interesado





LNG.DIRECTOR.016.EIC.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería 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 de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA ZONA 2 DE CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO**, presentado por: **Pablo Moisés Girón Navas**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala, enero de 2023





LNG.DECANATO.OI.020.2023

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: **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA ZONA 2 DE CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO**, presentado por: **Pablo Moisés Girón Navas**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, enero de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme siempre lo necesario para perseverar y ser capaz de finalizar esta parte de mi vida de forma satisfactoria.
- Mi mamá** Wendhy Navas, quien me apoyó y se esforzó para que siempre tuviera las herramientas necesarias para seguir adelante.
- Mis hermanas** Karen y Paola Girón, quienes siempre me aconsejaron y guiaron con su ejemplo.
- Mi abuela** Amada Ruth Uribio, quien siempre tuvo palabras de aliento y apoyo en lo largo de mi desarrollo personal y profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme el privilegio de formarme como profesional en tan prestigiosa casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos necesarios para desarrollarme como profesional.
Mi mamá	Wendhy Navas, quien, a pesar de las dificultades y adversidades que fue encontrando a lo largo de la vida, siempre me apoyó de forma incondicional para que pudiese ser la persona que soy el día de hoy, dándome siempre un buen ejemplo y guiándome en los caminos de Dios.
Mis hermanas	Karen Girón y Paola Girón, quienes me apoyaron con sus conocimientos, palabras de ánimo y financieramente cuando no era su responsabilidad.
Mis amigos	Katherine Celeste De Paz, Jennifer Schaub y David Vargas, por estar conmigo en todo momento, dándome su apoyo y cariño a lo largo del tiempo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Desechos sólidos	1
1.1.1. Clasificación de desechos sólidos por composición.....	1
1.1.1.1. Desechos sólidos inorgánicos (no biodegradables).....	2
1.1.1.2. Desechos sólidos orgánicos (biodegradables).....	3
1.1.1.3. Desechos sólidos peligrosos	4
1.1.1.4. Desechos sólidos inertes	5
1.1.2. Clasificación de desechos sólidos por origen	6
1.1.2.1. Desechos sólidos industriales.....	7
1.1.2.2. Desechos sólidos domiciliarios.....	7
1.1.2.3. Desechos sólidos hospitalarios.....	7
1.1.2.4. Desechos sólidos comerciales.....	8
1.1.2.5. Desechos sólidos en construcción y demolición.....	8
1.1.2.6. Desechos sólidos agrícolas	8

1.1.3.	Propiedades de los desechos sólidos	9
1.1.3.1.	Peso	9
1.1.3.2.	Volumen	9
1.1.3.3.	Peso específico	10
1.1.3.4.	Humedad.....	10
1.1.3.5.	Poder específico.....	10
1.2.	Ciclo de los desechos sólidos domiciliars	11
1.2.1.	Generación de desechos sólidos domiciliars.....	11
1.2.2.	Gestión de desechos sólidos domiciliars.....	12
1.3.	Caracterización de los desechos sólidos domiciliars.....	12
1.3.1.	Producción <i>per cápita</i>	13
1.4.	Efectos negativos de los desechos sólidos	14
1.4.1.	En la salud.....	14
1.4.2.	En el ambiente	15
1.5.	Manejo para el aprovechamiento de los desechos sólidos domiciliars	17
1.5.1.	Reducción de origen	18
1.5.2.	Caracterización	18
1.5.3.	Tratamiento	20
1.5.3.1.	Reciclaje.....	20
1.5.3.1.1.	Reciclaje de papel.....	21
1.5.3.1.2.	Reciclaje de plástico	22
1.5.3.1.3.	Reciclaje de vidrio	24
1.5.3.1.4.	Reciclaje de aluminio	25
1.5.3.2.	Compostaje	25
1.5.4.	Transformación de vertidos.....	27
1.5.5.	Disposición final de desechos sólidos	27
1.5.5.1.	Vertederos clandestinos	28
1.5.5.2.	Vertedero a cielo abierto	29

	1.5.5.3.	Relleno sanitario	30	
		1.5.5.3.1.	Consideraciones y principio del relleno sanitario..... 31	
		1.5.5.3.2.	Tipos de rellenos sanitarios..... 36	
1.6.		Características generales de la población	40	
	1.6.1.	Antecedentes históricos del municipio de Chimaltenango.....	40	
	1.6.2.	Aspectos físico del municipio de Chimaltenango....	41	
		1.6.2.1.	Ubicación geográfica	41
		1.6.2.2.	Topografía	43
		1.6.2.3.	Demografía	43
		1.6.2.4.	Clima e hidrografía	44
		1.6.2.5.	Economía.....	44
	1.6.3.	Servicios básicos	45	
		1.6.3.1.	Servicios sanitarios.....	45
		1.6.3.2.	Agua potable.....	46
		1.6.3.3.	Energía eléctrica.....	46
		1.6.3.4.	Manejos de desechos sólidos y líquidos	46
		1.6.3.5.	Vías de acceso	47
	1.6.4.	Dimensión ambiental	47	
		1.6.4.1.	Recursos naturales.....	47
		1.6.4.2.	Flora	48
		1.6.4.3.	Fauna	48
		1.6.4.4.	Suelos.....	48
	1.6.5.	Lugares para disposición final de desechos	49	

1.6.5.1.	Localización de basureros clandestinos	49
1.6.5.2.	Situación actual de los basureros en el municipio de Chimaltenango	50
2.	DESARROLLO EXPERIMENTAL	53
2.1.	Campo muestral	53
2.2.	Procedimiento para recolección de datos y muestreo	54
2.3.	Recolección de datos	55
2.3.1.	Por desechos sólidos	55
2.3.2.	Por encuestas	55
2.4.	Cálculo y cuantificación de los desechos sólidos domiciliarios recolectados	56
2.4.1.	Peso	57
2.4.2.	Volumen	57
2.4.3.	Densidad o peso específico	57
2.4.4.	Tasas de generación (producción <i>per cápita</i>)	57
2.4.5.	Tasas de recolección de residuos sólidos	58
3.	RESULTADOS	59
3.1.	Plan de manejo ambiental de los desechos sólidos en la zona 2 de Chimaltenango	74
3.1.1.	Reducción	74
3.1.2.	Reutilización	75
3.1.3.	Reciclaje	76
3.1.4.	Compostaje	76
3.1.4.1.	Cuidados para la elaboración del compostaje en casa	77
3.1.4.2.	Elaboración de compostaje	78

3.2.	Necesidad de un relleno sanitario en el municipio de Chimaltenango	79
4.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	81
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	87
	BIBLIOGRAFÍA.....	89
	APÉNDICES	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Desechos sólidos inorgánicos.....	2
2.	Desechos sólidos orgánicos.....	3
3.	Desechos sólidos peligrosos.....	4
4.	Pictogramas para desechos sólidos peligrosos.....	5
5.	Desechos sólidos inertes.....	6
6.	Contaminación en el sistema hídrico.....	16
7.	Contaminación en el aire.....	17
8.	Recipiente de caracterización.....	19
9.	Reciclaje del papel.....	21
10.	Reciclaje mecánico del plástico.....	23
11.	Basurero clandestino típico en Guatemala.....	29
12.	Botadero controlado.....	38
13.	Relleno sanitario manual.....	39
14.	Mapa de los departamentos de Guatemala.....	42
15.	Mapa de los municipios del departamento de Chimaltenango.....	42
16.	Gráficos de censo poblacional del municipio de Chimaltenango.....	43
17.	Mapa de ubicación del basurero clandestino.....	50
18.	Recipiente cilíndrico para el volumen.....	56
19.	Gráfica de cantidad de habitantes por vivienda muestreada.....	59
20.	Gráfica del nivel económico de la población en la zona 2 de Chimaltenango.....	60
21.	Gráfica de viviendas que utilizan y pagan el servicio de recolección de basura en la zona 2 de Chimaltenango.....	60

22.	Gráfica de opinión del servicio de recolección de basura en la zona 2 de Chimaltenango.....	61
23.	Gráfica de cantidad de días que recolectan la basura en la zona 2 de Chimaltenango.....	61
24.	Gráfica de cantidad de viviendas que practican el reciclaje.....	62
25.	Gráfica de desechos sólidos clasificados en las viviendas muestreadas	62
26.	Gráfica de cantidad de viviendas donde se conoce el concepto de compostaje.....	63
27.	Gráfica de peso de los desechos sólidos en las viviendas muestreada	66
28.	Gráfica de volumen suelto y compactado de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas.....	72
29.	Gráfica de densidad suelta y compactad de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas.....	73
30.	Exploración y ubicación de basurero clandestino actual.....	80

TABLAS

I.	Peso de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas.....	63
II.	Volumen suelto de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas	67
III.	Volumen compactado de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas	69
IV.	Densidad suelta y compactada de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas	73
V.	Producción <i>per cápita</i> de desechos sólidos en la zona 2 de Chimaltenango.....	74

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
kg	Kilogramo
kg/hab/día	Kilogramo por habitante al día
kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
lb	Libra
m	Metro
m ³	Metro cúbico
%	Porcentaje
PPC	Producción <i>per cápita</i>

GLOSARIO

Aeróbico	Suministro o adición de oxígeno a un sistema.
Biodegradable	Material que se descompone en componentes químicos naturales por medio de agentes biológicos.
Caracterización	Determinar las cualidades peculiares de un elemento para distinguirse de otros.
Compostaje	Proceso de descomposición y transformación de desechos sólidos orgánicos.
Desecho sólido	Cualquier material en estado sólido generado por el ser humano a partir de las actividades y procesos diarios.
Estudio edáfico	Estudio relativo o perteneciente al suelo.
Estudio lítico	Estudio relativo o perteneciente a las rocas.
Lixiviado	Líquido que percola a través de los residuos sólidos depositados.
Patógeno	Agente que produce las enfermedades.

Producción <i>per cápita</i>	Relación de la cantidad de los residuos sólidos y cantidad de habitantes en un periodo de tiempo determinado, expresada en kilogramos por habitante por día.
Proliferación	Multiplicación del número de células por división.
Reciclaje	Conjunto de técnicas que tienen por objetivo recuperar desechos y reproducirlos en el ciclo de producción del que provienen.
Reducir	Disminuir, limitar algo de tamaño, extensión, intensidad o importancia.
Reutilizar	Acciones que permiten reincorporar un producto con el fin de darle un segundo uso, ya sea el mismo que el primero u otro diferente.
Vectores	Agente que transporta algo de un lugar a otro.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo caracterizar los desechos sólidos domiciliarios en la zona dos de Chimaltenango, Chimaltenango.

Se inició con la determinación del campo muestral en la zona dos del municipio de Chimaltenango, caracterizando los desechos sólidos domiciliarios expresados en kg/hab/día de la zona, estimando su peso, densidad y volumen, con 61 viviendas. Fueron en total 865,63 kilogramos cuantificados, dando una producción *per cápita* de 0,42 kg/hab/día.

Luego se indagó acerca de la disposición actual de los desechos sólidos domiciliarios y los basureros clandestinos del lugar, descubriendo que la disposición de los desechos sólidos es del tipo clandestino, ubicado en la zona 6 del municipio de Chimaltenango.

Por último, se realizó un plan de manejo ambiental utilizando el reciclaje, reutilización y reducción de los desechos sólidos, realizando las encuestas y las mediciones en cada vivienda para concientizar a la población sobre el manejo adecuado de desechos sólidos.

OBJETIVOS

General

Caracterizar los desechos sólidos domiciliarios en la zona dos de Chimaltenango, Chimaltenango.

Específicos

1. Determinar el campo muestral en la zona dos del municipio de Chimaltenango, caracterizando los desechos sólidos domiciliarios expresados en kg/hab/día de la zona, estimando su peso, densidad y volumen.
2. Indagar acerca de la disposición actual de los desechos sólidos domiciliarios y los basureros clandestinos del lugar.
3. Realizar un plan de manejo ambiental utilizando el reciclaje, reutilización y reducción de los desechos sólidos.

INTRODUCCIÓN

Los desechos sólidos han sido una problemática que ha ido en aumento en la actualidad, debido a que con el tiempo y el manejo inadecuado el impacto que generan fue creciendo. A pesar de los distintos métodos para la disposición final de estos desechos, debido al mal tratamiento previo a su disposición, los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos se mezclan y, al momento de descomponerse, generan lixiviados y gases que deben manejarse cuidadosamente para prevenir impactos graves al medio ambiente.

La caracterización de desechos sólidos es un tema que debe ser tomado en cuenta en proyecciones y diseños de urbanizaciones, para tener un mejor control del manejo y disposición final de estos. El desarrollo acelerado y no planificado de la población puede provocar la creación de basureros clandestinos, ya que los basureros o rellenos sanitarios controlados ya no tienen la capacidad de retención.

El objetivo de esta actividad es administrar el flujo de desechos de la población a través de actividades que sean amigables con los sistemas ambientales y salud pública. La acumulación de desechos en los cuerpos de agua, aire y suelo modifica los paisajes, atrayendo los vectores sanitarios, los cuales pueden ser insectos, ratas, cucarachas, entre otros que pueden dañar la salud de la población.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Desechos sólidos

Según Carlos Bustos Flores en su artículo *La problemática de los desechos sólidos*, los desechos sólidos son todos aquellos generados como producto de una actividad, ya sea por la acción directa del hombre o por la actividad de otros organismos vivos. Estos dan como resultado una masa heterogénea que tiende a ser difícil de reincorporar a los ciclos naturales.

El manejo inadecuado de estos materiales ha dado como resultado la contaminación y alteración de los ciclos de agua y suelo, así como aumento de enfermedades. Las actividades que contribuyen a estos impactos negativos son la mala clasificación y disposición final de ellos, debido a que ocupan más espacio en los vertederos o basureros, su tiempo de descomposición es variable y no se acoplan adecuadamente al medio.

1.1.1. Clasificación de desechos sólidos por composición

Los desechos sólidos se componen de materia orgánica e inorgánica, definiendo el tiempo de descomposición de cada uno, por lo que para su tratamiento adecuado es esencial la clasificación por su composición, para evitar la contaminación de los desechos inorgánicos y para darle un adecuado tratamiento a cada uno de ellos por separado.

1.1.1.1. Desechos sólidos inorgánicos (no biodegradables)

Los desechos sólidos inorgánicos son aquellos cuyo proceso de descomposición no se realiza de manera biológica, por lo que la naturaleza no puede descomponerlos en su totalidad y poseen estructuras fisicoquímicas más estables. A pesar de que algunos de estos desechos tienen materiales de origen natural, la mayoría de estos son derivados de procesos antropogénicos.

Figura 1. Desechos sólidos inorgánicos



Fuente: Gobierno de La Ciudad de México. *Inorgánicos reciclables o valorizables*.
<http://data.sedema.cdmx.gob.mx/nadf24/inorganicos.html>. Consulta: 5 de marzo de 2020.

1.1.1.2. Desechos sólidos orgánicos (biodegradables)

Los desechos sólidos orgánicos son todos los materiales capaces de descomponerse biológicamente en su totalidad. Estos serían los residuos vegetales, animales, papel, hojas, entre otros, se manejan adecuadamente por medio de la reincorporación de proceso naturales o por procesos de compostaje.

Este tipo de desechos sólidos se han producido desde el inicio de los tiempos, debido a que inicialmente no se consideraban como un foco de contaminación se acumulaban y en un determinado tiempo se reincorporaban al ecosistema. La problemática surge con el manejo inadecuado de estos, debido a que durante su proceso de descomposición son un foco de vectores, así como insectos, roedores y carroñeros, los cuales atraen enfermedades muy contagiosas y mortales.

Figura 2. Desechos sólidos orgánicos



Fuente: MÉNDEZ, Rocío. *Desechos sólidos orgánicos, opción para generar biocombustibles: UAM*. <https://mvsnoticias.com/noticias/ciencia-y-tecnologia/desechos-solidos-organicos-opcion-para-generar-biocombustibles-uam-154/>. Consulta: 5 de marzo de 2020.

1.1.1.3. Desechos sólidos peligrosos

Los desechos sólidos peligrosos son todos aquellos que generan algún tipo de peligro potencial por tener propiedades intrínsecas que presentan riesgos para la salud y el medio ambiente. Estos pueden ser de origen biológico o no.

Figura 3. Desechos sólidos peligrosos



Fuente: REDES, Leonardo. *¿Cómo guardar los residuos peligrosos?* <https://www.leonardogr.com/es/blog/c-mo-guardar-los-residuos-peligrosos>. Consulta: 5 de marzo de 2020.

Las propiedades peligrosas se clasifican por el sistema CREBIT, en el cual se toman en cuenta la corrosividad, reactividad, explosión biológica, inflamabilidad y toxicidad, esto para identificar su manejo y disposición final. Algunos de estos desechos vendrían siendo: material médico infeccioso, residuo radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas, entre otros.

Figura 4. Pictogramas para desechos sólidos peligrosos

Características CRETIB



Fuente: GARCÍA, Lorena. *Clasificación del CRERIB, residuos peligrosos*. <https://reca-ecologic.com/cretib-residuos-peligrosos/>. Consulta: 17 de enero de 2022.

1.1.1.4. Desechos sólidos inertes

Según el Ministerio de Medio Ambiente de España en el *Real Decreto 1481/2001*, los desechos inertes son aquellos no peligrosos, que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Estos no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente, tampoco son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las

cuales entran en contacto, de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar la salud humana.

Figura 5. Desechos sólidos inertes



Fuente: Zamora24hora. *Diputación y Junta sellan un convenio para la recuperación ambiental de zonas degradadas por residuos inertes.* <https://www.zamora24horas.com/texto-diario/mostrar/928679/diputacion-junta-sellan-convenio-recuperacion-ambiental-zonas-degradadas-residuos-inertes>. Consulta: 7 de marzo de 2020.

1.1.2. Clasificación de desechos sólidos por origen

El origen de los desechos sólidos se define por la naturaleza de las actividades o procesos que se realizan para generarlos.

1.1.2.1. Desechos sólidos industriales

Los desechos sólidos industriales son aquellos generados por las actividades derivadas de la industria, comercio, artesanía y transporte. Están compuestos por cualquier material descartado de un proceso industrial o semiindustrial, dejando de lado todos aquellos generados por actividades administrativas, alimentación, entre otros.

1.1.2.2. Desechos sólidos domiciliarios

Los desechos sólidos domiciliarios son el resultado de las actividades diarias de un hogar, papel, cartón, vidrio, plásticos, restos de comida, telas, entre otros, especificando que tienen un grado de peligrosidad mínimo o nulo. En estos se incluyen todos los de actividades administrativas o de cocina.

1.1.2.3. Desechos sólidos hospitalarios

Los desechos sólidos hospitalarios son aquellos generados durante las actividades que se desarrollan en cualquier hospital, centro de salud o sanatorio, en los cuales existen patógenos de cualquier tipo o fluidos humanos.

Según el blog de Nuestra Esfera, en esta clasificación es posible encontrar residuos de tipo infeccioso, material médico quirúrgico, elementos cortopunzantes, restos de tejidos humanos, restos de fármacos. Considerando las características especiales de estos desechos, reciben un tratamiento específico.

1.1.2.4. Desechos sólidos comerciales

Los desechos sólidos comerciales son aquellos generados durante las actividades y procesos del comercio, como almacenes, depósitos, hoteles, restaurantes, cafeterías y plazas de mercado, según el Gobierno de Aragón, principalmente por los servicios de restauración, oficinas y mercados.

1.1.2.5. Desechos sólidos en construcción y demolición

Los desechos sólidos en construcción y demolición, según el blog de Nuestra Esfera, son los resultantes de estas mismas actividades que por lo general no representan un problema desde el punto de vista sanitario, ya que son prácticamente inertes. El inconveniente de estos son los volúmenes masivos que dificultan su manejo y disposición final.

1.1.2.6. Desechos sólidos agrícolas

En los desechos sólidos agrícolas, según la EcuRed Enciclopedia Cubana, están incluidos los residuos de las actividades del llamado sector primario de la economía, como puede ser agricultura, ganadería, pesca, actividad forestal y cinegenética, así como los productos desechados por industrias alimenticias, desde los mataderos y las empresas lácteas hasta las harineras, tabaqueras, industrias vinícolas, entre otras.

Según la Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, en su blog *Estrategia Suma*, los residuos de la agricultura también pueden generar envases y plásticos. Estos últimos son especialmente abundantes cuando se emplea el sistema invernadero, y suponen un grave problema por la difícil degradación en

el medio ambiente. Se debe tomar en cuenta también las elevadas concentraciones de productos agroquímicos, fitosanitarios, como venenos, plaguicidas y fungicidas, así como envases de estos productos.

1.1.3. Propiedades de los desechos sólidos

Con el fin de identificar y clasificar adecuadamente los desechos sólidos, existen propiedades físicas a tomar en cuenta:

1.1.3.1. Peso

El peso, según Ruth Cedillo en su tesis *Optimización de la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en el área del cantón La Mana, Provincia de Cotopaxi*, se denomina según la fuerza que ejerce la gravedad sobre la masa de un cuerpo. Para efectos de este tipo de estudios se puede determinar el peso de los contenedores de residuos sólidos con balanzas, básculas o dinamómetros.

1.1.3.2. Volumen

El volumen, según Ruth Cedillo en su tesis *Optimización de la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en el área del cantón La Mana, Provincia de Cotopaxi*, es denominado una magnitud física que denota la extensión de un cuerpo en tres dimensiones: largo, ancho y altura, y cuya unidad en el Sistema Internacional es el metro cúbico (m³).

En el caso de los desechos sólidos, en relación con el trabajo de Marcos Arias *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios*, el volumen viene siendo de gran importancia para la adecuada movilización y depósito de estos, ya que con este dato se determina las unidades de transporte en función de la

capacidad de estas, además sirve de base para proyectar las necesidades de espacio para el diseño de un relleno sanitario.

1.1.3.3. Peso específico

El peso específico es la relación del peso y el volumen de un material específico. El peso de un objeto es la medida en que la atracción de la Tierra actúa sobre él, y el volumen es la superficie en tres dimensiones que dicho objeto ocupa. El peso específico constituye la relación entre ambas propiedades.

1.1.3.4. Humedad

La humedad es una característica vital para los procesos a que puede ser sometida la basura. Esta viene siendo la cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo. Se determinó de la siguiente forma:

Se tomó una muestra representativa, de 1 a 2 Kg, se calentó a 80 °C durante 24 horas, se pesó y se expresó con base seca o húmeda, y se empleó la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{Peso\ húmedo - Peso\ seco}{Peso\ seco} * 100$$

1.1.3.5. Poder específico

El poder específico o calorífico es la cantidad de energía por unidad de masa o volumen que se libera al momento de darse una reacción química de oxidación, este dato se determina de la siguiente manera:

$$\text{Poder específico} = \frac{\text{Kcal}}{\text{masa de los desechos sólidos}}$$

1.2. Ciclo de los desechos sólidos domiciliarios

Es posible definir un ciclo como el periodo de tiempo en el cual se desarrollan o suceden acontecimientos, etapas o fenómenos que, una vez finalizados, se repiten nuevamente en el mismo orden de principio a fin. En el caso de los desechos sólidos domiciliarios, comprenden en dos grandes etapas: la generación y la gestión de los desechos sólidos.

1.2.1. Generación de desechos sólidos domiciliarios

La generación de los residuos sólidos es la actividad que da inicio al ciclo de los residuos en sí, la cual es conocida por la acción de producir desechos a través de las actividades diarias o procesos, ya sea por una persona o maquinaria que los produce.

Los servicios de manejo de desechos sólidos se basan principalmente en los registros e indicadores de los mismos desechos sólidos, para tener la capacidad suficiente para trabajar con estos y prever las dificultades que se encontrarán en los procesos. Toda esta información es primordial para desarrollar correctamente un diseño de los sistemas de recolección y disposición final.

La cantidad es distinta y variante dependiendo de la localidad, esto con base en el desarrollo económico, actividades predominantes en el sector, niveles de ingresos de la población, patrón de consumo, estilo de vida, cantidad de población, edades de la población, urbanización y fuentes de desarrollo.

1.2.2. Gestión de desechos sólidos domiciliarios

La gestión de los desechos sólidos se define como la disposición que se le dará a los mismos desechos. Según Jennifer Zamora en su tesis *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango*, idealmente se debe considerar para la gestión de los desechos sólidos el flujo de residuos, métodos de recolección, sistemas de separación, valorización y aprovechamiento del cual se obtienen beneficios ambientales y económicos, que resultan en la aceptación social con una metodología versátil y práctica que puede aplicarse a cualquier región. Esto puede lograrse combinando opciones de manejo que incluyen tratamientos que involucran el reúso, reciclaje, compostaje, tratamiento mecánico-biológico, pirolisis, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios.

En el caso general del país, la gestión de los desechos sólidos domiciliarios consiste en la recolección de estos por una empresa de recolección de basura, para luego ser depositados en un basurero municipal o clandestino, en donde no se les dará algún tipo de tratamiento o reutilización. En otros casos, las mismas personas que generan sus desechos sólidos domiciliarios disponen de estos quemándolos.

1.3. Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios

Según Jennifer Zamora en su tesis *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango*, el conocimiento e identificación de los desechos orgánicos y los inorgánicos, analizando su potencial de recuperación, reciclaje o reutilización, son parámetros de alto impacto en la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de manejo, tratamiento y disposición final de los mismos.

Esta misma información puede orientar la medición del potencial de impacto al ambiente y los riesgos a la salud de la población, por todo ello es importante la realización de la caracterización de desechos.

1.3.1. Producción *per cápita*

La producción *per cápita* son los kilogramos de desechos sólidos que produce cada habitante de una determinada zona, variando este dato según la zona de residencia, estrato socioeconómico, entre otros.

Según Felipe Duarte, en su libro *Caracterización de los desechos sólidos del municipio de San Antonio La Paz, departamento de El Progreso y propuesta para relleno sanitario*, la producción de residuos sólidos puede medirse con valores unitarios, como kilogramos por habitante por día, kilogramos por vivienda por día, kilogramos por cuadra por día, kilogramos por tonelada de cosecha o kilogramos por número de animales por día. La producción de residuos sólidos domiciliarios en la región varía de 0,3 a 1 kg/hab/día. Cuando a este tipo de residuos se agregan otros como los producidos por el comercio, las diversas instituciones, la pequeña industria, el barrido y otros, esta cantidad se incrementa entre 25 % y 50 %, o sea que la producción diaria es de 0,5 a 1,2 kg/hab/día. En los países industrializados, en cambio, se tienen indicadores de producción por habitante mayores de un kilogramo por día.

La producción *per cápita* se obtiene de la siguiente manera:

$$PPC = kg/habitante/día$$

En el caso para la toma de datos de una vivienda se utilizaría la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{1}{7} * \frac{A1}{B1} * P1$$

Donde:

- PPC = producción *per cápita*
- A1 = peso de desechos sólidos de una semana completa de una vivienda en kg
- B1 = número de habitantes correspondientes a la muestra
- P1 = número total de habitantes de la zona

1.4. Efectos negativos de los desechos sólidos

Los desechos sólidos, al no tratarse adecuadamente, tienen en su mayor parte efectos negativos, principalmente para el medio ambiente, y se relacionan con aspectos a la salud humana.

1.4.1. En la salud

Los desechos sólidos se considera que aportan efectos negativos en la salud de los seres vivos, principalmente por ser mecanismos de transmisión de enfermedades. Estos riesgos van asociados a efectos directos e indirectos a la salud.

Xinia Valverde, en su blog *Efectos de los desechos sólidos*, indica que los riesgos directos se presentan cuando el afectado se encuentra con los desechos sólidos no tratados. En su mayor parte, con el tipo de recolección de los desechos sólidos que se dan en Guatemala, es inevitable que todo lo desechado contenga excremento humano, de animales, desechos peligrosos como jeringas y restos

de otros agentes que pueden ser fuente de transmisión de enfermedades, de los cuales los recolectores, personas encargadas del servicio de recolección y personas que viven en los basureros, son los mayormente afectados.

Xinia Valverde, en su blog *Efectos de los desechos sólidos*, indica que los riesgos indirectos están vinculados a la afectación a la población en los ámbitos sanitarios y ambientes públicos, siendo los responsables de la transmisión de enfermedades los vectores: moscas, ratas, cucarachas que se alimentan de los residuos sólidos. Los efectos generados vienen siendo la transmisión de enfermedades como fiebre tifoidea, salmonelosis, disenterías, diarreas, malaria, dengue y rabia, entre otras.

1.4.2. En el ambiente

Los efectos de los desechos sólidos al medio ambiente conllevan principalmente al deterioro de la vida de la flora y fauna a raíz de la contaminación del agua, suelo y aire. De igual forma, se ve afectada la estética de los paisajes naturales y de las ciudades.

Según Xinia Valverde, en su blog *Efectos de los desechos sólidos*, con la plena contaminación del medio ambiente con los desechos sólidos se crea una grave alteración del sistema hídrico. La contaminación por medio de desechos sólidos afecta las aguas superficiales y subterráneas, por el vertido directo de las basuras a los ríos y quebradas y por la mala disposición de líquido percolado, producto de los botaderos a cielo abierto. Estas descargas provocan el incremento de la carga orgánica y disminuyen el oxígeno disuelto, aumentando los niveles de nutrientes y algas que dan lugar al fenómeno de eutrofización en los cuerpos bénticos de aguas y causando la muerte de peces, la generación

de malos olores, el deterioro del aspecto estético y la pérdida del agua como fuente de abastecimiento a poblados.

Por otro lado, la descarga de basura a las corrientes de agua en el vertido a las vías públicas trae consigo la disminución de los cauces naturales, los canales y la obstrucción de las alcantarillas, provocando inundaciones y, con ello, pérdida de bienes e inclusive vidas humanas.

Figura 6. **Contaminación en el sistema hídrico**



Fuente: Blog Resisocr. *Residuos sólidos de Costa Rica*.

<http://resisocr.blogspot.com/2015/03/efectos-sobre-el-agua.html>. Consulta: 10 de abril de 2020.

Según Xinia Valverde, en su blog *Efectos de los desechos sólidos*, el abandono y la acumulación de desechos sólidos al aire libre es causa del deterioro estético y la desvalorización del terreno propio, y de las áreas adyacentes. Esto es debido a la contaminación causada por distintas sustancias contenidas en la basura, sin ningún control.

Según Xinia Valverde, en su blog *Efectos de los desechos sólidos*, es evidente el impacto negativo que causan los vertederos a cielo abierto. Muchos

de los desechos sólidos, al estar expuestos al calor del directo del sol, y también por su misma descomposición, generan emisión de gases contaminantes, causando irritaciones nasales y de la vista, además de incremento de afecciones pulmonares, aunado a las molestias originadas por los malos olores.

Figura 7. **Contaminación en el aire**



Fuente: La República. *México: aumenta nivel de contaminación del aire en CDMX.*
<https://larepublica.pe/mundo/2019/12/25/mexico-nivel-de-contaminacion-del-aire-en-cdmx-aumenta/>. Consulta: 2 de febrero de 2020.

1.5. Manejo para el aprovechamiento de los desechos sólidos domiciliarios

El manejo adecuado de los desechos sólidos consiste en emplear un proceso sostenible para inicialmente reducir la carga de desechos generados, reutilizar en el sistema los mismos y disponer adecuadamente los sobrantes, evitando de este modo el impacto negativo al medio ambiente y la salud de los seres vivos.

En Guatemala, el procedimiento comúnmente empleado viene siendo el sistema de recolección de los desechos sólidos por medio de las empresas privadas, las cuales hacen únicamente el traslado a un sitio de disposición final sin ningún manejo técnico previo, de manera incontrolada, al aire libre o en cuerpos de agua, causando problemas ambientales y afectando muchas veces la salud de varios ciudadanos.

1.5.1. Reducción de origen

La reducción de origen busca la disminución de cantidad y toxicidad contenida en los desechos sólidos generados en un hogar, esto con el fin de disminuir la carga de materiales que se desechan, para que no generen un impacto mayor al medio donde se dispongan.

Las compañías productoras pueden lograr este proceso optimizando diseños de los envasados de los productos que se consumen, al igual que la utilización de materiales no tóxicos y que sus productos tengan un tiempo de vida más largo. Por parte de los hogares e instalaciones de comercio e industria, esto puede hacerse a través de compra de productos y materiales reutilizables.

1.5.2. Caracterización

Reduciendo inicialmente la carga de desechos sólidos generados, se inicia con la caracterización que consiste en clasificar los desechos sólidos generados para darles una disposición final adecuada a sus características.

La caracterización se hace en relación con la naturaleza de los desechos sólidos generados en cada hogar, a pesar de eso la clasificación más eficiente

es la separación de estos en orgánicos e inorgánicos. Los inorgánicos se pueden clasificar más a profundidad como plásticos, vidrio, papel, entre otros.

Figura 8. Recipiente de caracterización



Fuente: Docsity. *Residuos sólidos clasificación, diapositivas de gestión ambiental.*

<https://www.docsity.com/es/residuos-solidos-clasificacion/4507218/>. Consulta: 16 de marzo de 2020.

En el área centroamericana el reciclaje es una actividad relativamente nueva, se desarrolla básicamente en el mercado informal, donde se encuentra integrado por pequeños recolectores ambulantes (también conocidos como chatarreros) que trabajan en realidad como intermediarios entre la población que entrega los residuos sólidos y las compañías que se encargan del reciclaje como tal.

1.5.3. Tratamiento

Los tratamientos para desechos sólidos son todos aquellos procesos para la reincorporación a un sistema de un desecho o disposición final del mismo. Estos pueden ser:

1.5.3.1. Reciclaje

El reciclaje consiste en la transformación fisicoquímica o mecánica de los desechos sólidos, con el fin de reincorporarlos al sistema como nuevos productos. Este proceso se da principalmente para materiales inorgánicos que cumplan ciertas condiciones para que se dé adecuadamente el tratamiento.

El reciclaje constituye una de las actividades fundamentales en la gestión integral de residuos sólidos inorgánicos. Los principales componentes que se reciclan son los productos de papel, cartón, vidrio, aluminio y plástico.

Todos los elementos que pasaron por un uso y pueden reciclarse deben cumplir con algunas características para que se les pueda brindar un proceso de transformación. El papel y cartón deben cumplir con parámetros de limpieza; deben estar libres de restos de comida, aceite, pintura o cualquier otra sustancia que altere su composición. En el caso del vidrio, al ser un material inerte, puede reciclarse en su totalidad, aunque los objetos de vidrio siempre deben ser separados por color para su apropiado tratamiento.

1.5.3.1.1. Reciclaje de papel

El reciclaje del papel es uno de los procesos que conlleva mayores beneficios al medio ambiente, no solo por renovar el ciclo de vida de un producto, también por la reducción del uso del recurso forestal para esta industria.

Mónica Medrano, en su blog *Reciclado de vidrio, papel y plástico*, explica que el reciclaje del papel ya clasificado y separado de cualquier otro tipo de material se procede a triturar y moler hasta dejarlo en pedazos muy finos. Con el papel molido, se añaden químicos disolventes para que las fibras del papel se separen. El siguiente paso del reciclado de papel consiste en una criba de todo aquel material que no es papel. Después se centrifuga todo el material, para que estos se separen por su densidad, para su posterior paso, que es la flotación, donde se elimina la tinta con burbujas de aire. Con la pasta obtenida, se lava para eliminar las pequeñas partículas que pudieran quedar, para finalmente blanquear el papel con peróxido de hidrógeno o hidrosulfito de sodio.

Figura 9. Reciclaje del papel



Fuente: es. Foto. *Ciclo de vida de reciclaje de papel simplificado.*

https://es.123rf.com/photo_39236475_ciclo-de-vida-de-reciclaje-de-papel-simplificado-esquema-de-la-ilustración-en-la-transformación-que-muestr.html. Consulta: 16 de marzo de 2020.

1.5.3.1.2. Reciclaje de plástico

Los materiales plásticos tienen la capacidad de tomar la forma deseada al calentarse y al enfriarse conservar la misma de modo permanente, a diferencia de los cuerpos elásticos. Debido a sus características, es uno de los materiales más versátiles para ser reciclados.

Jordi Caballero y Cristian Rodicio, en su proyecto *Diseño y lanzamiento al mercado de Giftoy*, mencionan que el reciclaje de los plásticos puede ser realizado por medio de dos métodos:

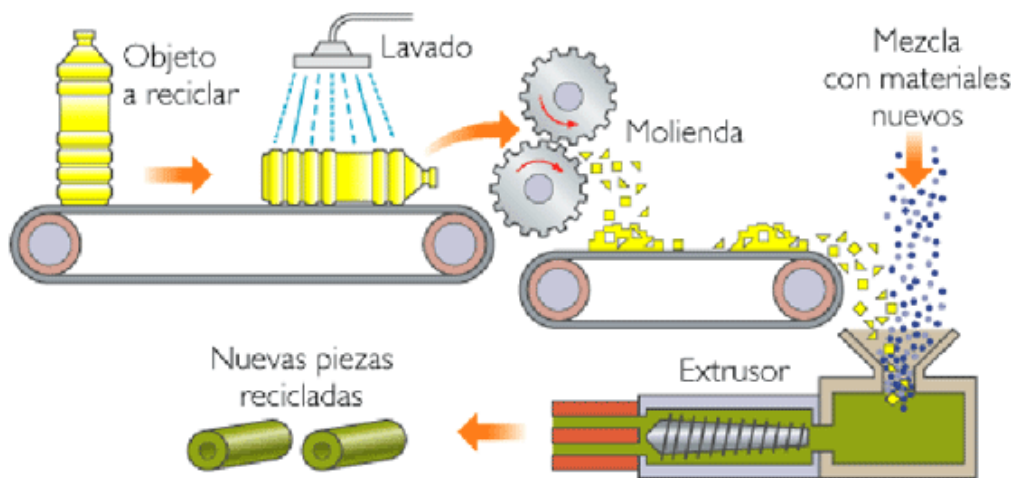
- Reciclaje mecánico

El reciclaje mecánico consiste en el corte de piezas finas de plástico para luego ser tratado. Se trabaja con macromoléculas de los polímeros. Los procesos de reciclaje mecánico se dan de la siguiente forma:

- Limpieza: una vez que los plásticos recuperados llegan a la empresa donde se van a tratar, se procede a hacer una limpieza profunda para eliminar residuos de papel o materia orgánica.
- Clasificación: se deben separar los distintos tipos de plásticos antes de transformarlos. Se pueden clasificar en termoplásticos o termoestables.
- Trituración: esta fase se lleva a cabo cuando los materiales no han sido triturados anteriormente o porque el tamaño de las piezas de plástico no es suficientemente fino.

- Granceado: los residuos de plástico se suelen vender en forma de granza para poder introducirlos en los equipos de reciclaje. Con el granceado se consigue la homogenización del material, mediante fundición, tintado y corte en pequeños trozos.

Figura 10. **Reciclaje mecánico del plástico**



Fuente: MORENO, Claudia. *Tecnologías de reciclaje*.

<http://tecnologiasreciclaje2909.blogspot.com/p/tipos-de-reciclaje.html>. 17 de marzo de 2020.

- **Reciclaje químico**

El reciclaje químico se basa en degradar los materiales plásticos, mediante calor o con catalizadores, para poder romper las macromoléculas y queden solamente moléculas sencillas (monómeros), consiguiendo otros tipos de plásticos o combustibles. Entre las distintas técnicas posibles, las más representativas son:

- Gasificación: con este proceso se obtiene gas de síntesis (CO y H₂O). Con los plásticos ya compactados, se produce una

desgasificación y después una pirolisis que continúa elevando la temperatura para hacer la gasificación.

- Hidrogenación: consiste en someter a los materiales plásticos a energía térmica en presencia de hidrógeno para dar combustibles líquidos.
- Disolventes: mediante la utilización de disolventes se pueden separar mezclas de plásticos, difíciles de separar por otras técnicas. Una vez separados los materiales se podrán reciclar por separado mediante alguna de las técnicas descritas anteriormente.

1.5.3.1.3. Reciclaje de vidrio

Teresa Andrés Blanco, en su publicación *Descubre cuál es el proceso de reciclaje del vidrio*, dice que el vidrio es uno de los pocos materiales que pueden ser reciclados en su totalidad. Se estima que una botella de vidrio es posible que sea reutilizada de 40 a 60 veces disminuyendo el impacto ambiental.

En la publicación de *Reciclaje del vidrio* en el blog Recytrans se menciona que el proceso de reciclaje del vidrio se da de la siguiente forma:

- Clasificación: con el vidrio recolectado, se procede a hacer una clasificación y separación manual del vidrio por colores o incluso por la composición del mismo vidrio.
- Limpieza: se procede a retirar todo tipo de residuo de papel o plástico que pueda contener el vidrio. Luego, el vidrio es tratado con químicos y agua para eliminar suciedades o grasas.

- Trituración: el vidrio pasa a ser triturado y pasado por una serie de tamices y martillos, con el propósito de lograr tener el tamaño deseado. Posteriormente se pasa por unos imanes que retiran los posibles residuos metálicos.
- Cocción: el vidrio triturado es calentado a 1 600 grados, mezclado al 50 % con arena, hidróxido de sodio y caliza para fabricar nuevos productos.

1.5.3.1.4. Reciclaje de aluminio

Según el Portal Profesional del Medio Ambiente, en su publicación *Reciclaje del aluminio*, el proceso del reciclaje del aluminio comienza con la recolección de dicho material, para su posterior traslado a la planta de reciclaje, donde se separa y limpia para eliminar cualquier residuo de otro tipo de material. Los residuos de aluminio pasan a ser aplastados para crear grandes bloques. Los bloques de aluminio se funden, creando de nuevo láminas de este material, listas para un nuevo uso.

1.5.3.2. Compostaje

Según Estefani Rondón, Marcel Szantó, Juan Pacheco, Eduardo Contreras y Alejandro Gálvez, en su libro *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*, el compostaje es un proceso de descomposición biológica, por vía aerobia, de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos en condiciones controladas. Las bacterias actuantes son termofílicas, desarrollándose el proceso a temperaturas comprendidas entre 50 y 70 °C, lo cual produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto.

El proceso lleva consigo la separación manual o mecanizada de la mayor parte de los metales, vidrio y plásticos, lo cual generalmente hace que el proceso se asocie al reciclaje de estos materiales. La fermentación puede ser natural (al aire libre) o acelerada (en digestores). En el primer caso tiene una duración de tres meses y de 15 días en el segundo. Realmente se puede considerar como un proceso de reciclaje en el que se recupera la fracción orgánica para su empleo en la agricultura, lo cual implica una vuelta a la naturaleza de las sustancias de ella extraídas.

El compostaje es un proceso controlado por el cual los residuos orgánicos son tratados y se descomponen dando como resultado un abono y no un fertilizante, que se puede utilizar en tierras agrícolas, bosques y jardines. Se considera una alternativa para pequeñas y medianas ciudades. Este abono provee nutrientes esenciales a las plantas, entre ellos: el nitrógeno, fósforo y potasio, además de dar una mejora a la estructura física del suelo en los terrenos compactados y de compactar los demasiados sueltos. Favorece también el abonado químico al evitar la percolación, y aumenta la capacidad de retención de agua por el suelo.

Acorde con Raquel Barrera Gómez, en su tesis *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso*, el proceso del compostaje consiste en la descomposición biológica aerobia. Se toman los desechos orgánicos y son acumulados en pilas con una altura no mayor a 3 metros. Por medio del uso de bacterias termofílicas, se busca llegar a tener una temperatura de 50 °C a 70 °C. Las pilas de desechos orgánicos deben ser volteadas con regularidad para mantener el calor durante varias semanas. Este proceso tiene la finalidad de eliminar patógenos, semillas y maleza. Una vez que se haya completado la «fase de calor», necesitará otra fase

de una a dos semanas para curarse, donde las temperaturas deben bajar entre 40 °C a 30 °C, para así obtener el producto final.

1.5.4. Transformación de vertidos

Según Alejandra Franco, en su tesis *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de Guatemala*, el vertido comprende la disposición de los desechos que no pueden ser reciclados ni reutilizados, así como la materia residual que queda luego de la separación en una instalación de recuperación de materiales y la que queda luego de la recuperación de productos de conversión o de energía.

Alejandra Franco menciona que la transformación de vertidos consiste en la alteración física, química o biológica de los desechos. El propósito de la alteración de los desechos sólidos, ya sea de forma física, química y/o biológica, incluye:

- Mejorar la eficiencia de sistemas y operaciones de la gestión de residuos.
- Recuperación de materiales que pueden ser reutilizados o reciclados.
- Recuperación de productos de conversión, así como la energía en forma de calor y biogás combustible.

1.5.5. Disposición final de desechos sólidos

Según Estefani Rondón, Marcel Szantó, Juan Pacheco, Eduardo Contreras y Alejandro Gálvez, en su libro *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*, el manejo adecuado de los residuos sólidos viene siendo una disciplina ligada al control de la generación, recolección, traslado,

almacenamiento y disposición de estos, cumpliendo con los estándares de salud pública, ambiental y aspectos económicos que llenen la expectativa pública. Las funciones administrativas, financieras y legales son esenciales para crear un diseño adecuado y óptimo para el manejo de los residuos sólidos.

1.5.5.1. Vertederos clandestinos

Los basureros, también conocidos como recolectores de desechos, son aquellos lugares donde por medio de servicios municipales o por empresas privadas, se deposita finalmente la basura. En el caso de los basureros o vertederos clandestinos, son aquellos lugares que, sin consideraciones ambientales y sobre todo por descuido de las autoridades, se vuelven depósitos de desechos sólidos, trayendo como consecuencias la contaminación del ambiente, enfermedades y otros problemas.

En el país, los vertederos clandestinos aumentan en cantidad y tamaño acorde al crecimiento poblacional. Muchas veces estos vertederos clandestinos crecen a tales magnitudes que se terminan convirtiendo en el destino final para la disposición de desechos de varias empresas de recolección de basura, esto se debe a la falta de educación ambiental y desinterés de las municipalidades para el control de este problema.

Figura 11. **Basurero clandestino típico en Guatemala**



Fuente: Prensa Libre. *Pobladores piden cierre de basurero clandestino.*
<https://www.prensalibre.com/ciudades/santa-rosa/pobladores-piden-cierre-de-basurero-clandestino/>. Consulta 13 de mayo de 2020.

1.5.5.2. Vertedero a cielo abierto

Según Alejandra Franco, en su tesis *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de Guatemala*, los vertederos a cielo abierto son lugares donde se arrojan los residuos en forma indiscriminada sin recibir ningún tratamiento sanitario. Suelen funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un drenaje natural, cuerpo de agua, etcétera, ya que no se cuenta con ningún tipo de control sanitario ni hay impedimento para la contaminación ambiental, los recursos naturales tales como el agua, aire y suelo son deteriorados fácilmente por la formación de gases y lixiviados, entre otros.

En estos lugares se pueden encontrar toda clase de residuos, inclusive peligrosos y patogénicos, que son arrojados sin ningún control ni tratamiento

previo, con las consecuencias y riesgos que ello representa para la salud de la población, el cuidado del ambiente y la conservación del paisaje urbano, siendo por ello un foco constante de contaminación y de riesgo sanitario.

El uso de vertederos a cielo abierto conlleva la contaminación de suelos, aire y agua (subterránea y superficial), la presencia de animales transmisores de enfermedades (roedores, insectos, microorganismos, entre otros), la quema incontrolada, deliberada o espontánea de la basura. Por otro lado, la ubicación de estos suele ser en las afueras de las ciudades, pero en accesos a las mismas. Los vertederos a cielo abierto afectan negativamente el paisajismo de las zonas.

El uso de los vertederos a cielo abierto como tal se considera una práctica irresponsable por parte de las autoridades del lugar, ya que en ellos está la responsabilidad de contar con un programa eficiente para el manejo de los residuos sólidos generados dentro de su territorio, para minimizar daños en el presente y prevenir riesgos a futuro.

Dentro de este listado continúa el basurero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala, que ejemplifica lo que es tener un problema humanitario con un vertedero a cielo abierto sin un adecuado control. Tanto así, que en el año 2012 el alud de basura sepultó a más de cien personas, y que, a pesar de eso, las autoridades competentes no han hecho nada para cambiar esta situación, donde miles de recicladores, conocidos como agujeros, siguen trabajando allí en condiciones inhumanas buscando material para vender y sobrevivir.¹

1.5.5.3. Relleno sanitario

Según Estefani Rondón, Marcel Szantó, Juan Pacheco, Eduardo Contreras y Alejandro Gálvez, en su libro *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*, el relleno sanitario es un método de eliminación final de los

¹ ÁLVAREZ, Carlos. *Cuatro recolectores mueren por derrumbe en relleno sanitario*. <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/camiones-quedan-soterrados-enrelleno-sanitario-de-la-zona-3/>. Consulta: 20 de enero de 2019.

desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública. Tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo, toda vez se realice con los criterios y técnicas adecuadas. Este método consiste en confinar la basura en capas compactadas sobre suelo previamente impermeabilizado y recubiertas por capas de suelo. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica. El relleno sanitario puede tener la posibilidad de recuperar áreas ambientalmente degradadas.

Según Alejandra Franco, en su tesis *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de Guatemala*, cabe destacar que el éxito de un relleno sanitario radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y en la óptima operación del personal encargado, cumpliendo con la aceptación social de las comunidades a su alrededor y del país en cuestión.

1.5.5.3.1. Consideraciones y principio del relleno sanitario

Acorde con Alejandra Franco, en su tesis *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de Guatemala*, previo a realizar un relleno sanitario se deben evaluar aspectos básicos para su correcto diseño, además de tomar en consideración si se tendrá el impacto y la aceptación que se desea. En el ámbito legal se debe velar por el cumplimiento de los requisitos gubernamentales como saneamiento, capacidad de almacenamiento y control de vectores de enfermedades para las poblaciones que se beneficiarán.

Acorde con Álvaro Cantanhede y Leandro Sandoval, en su trabajo *Rellenos sanitarios manuales*, dentro de los principios del relleno sanitario se encuentran los siguientes:

- Selección de sitio

La selección de sitio tiene por objetivo ubicar un área que cumpla con las características adecuadas para la elaboración del relleno sanitario. Con esto se pretende que el relleno sanitario tenga el espacio necesario según la cantidad de desechos que se producen en la zona, además de no afectar a los habitantes de los alrededores y así tener la aprobación social.

Para esto se toma en cuenta lo siguiente:

- Número de habitantes. Se requiere estimar si es necesario hacer varios rellenos sanitarios, para satisfacer las necesidades de la población.
- Distribución de la población. Para el municipio que se busca beneficiar con el relleno sanitario, es necesario determinar las distancias y ubicaciones de los mayores asentamientos poblacionales, para así poder ubicar un lugar que sea adecuado para lograr un equilibrio entre la correcta elaboración de la obra, cumplir con los aspectos ambientales para el manejo adecuado de los desechos y evitar el aumento del factor económico.
- Cantidad de residuos generada en un tiempo determinado (día, semana, mes). Para dimensionar el área necesaria para disponer de todos los desechos sólidos de una determinada comunidad.

- Sistemas de recolección. Identificar el inicio de la problemática, debido a que el inadecuado tratamiento de los desechos inicia con la recolección y transporte al punto de transferencia.

Relacionando los aspectos mencionados anteriormente, para la selección de un área para el diseño de un relleno sanitario lo básico que se debe tomar en cuenta es el beneficio de las comunidades cercanas al punto de disposición final.

- Diseño

Para iniciar con el diseño de un relleno sanitario, se requiere conocer todos los aspectos de topografía, morfología, hidrología, meteorología, litografía, demografía, entre otras ciencias que puedan verse involucradas en este proceso.

En el campo se inicia con visualización y distribución de caminos internos y vías de acceso al área donde se desarrollará el relleno sanitario, así como la disposición de tuberías para el transporte de lixiviados y las áreas de almacenamiento del material de cobertura. Durante este proceso se debe contabilizar los vehículos de recolección de desechos sólidos que ingresarán, la maquinaria que realizará el transporte y compactación de la mezcla de desechos con el material de cobertura.

El desarrollo de las actividades del relleno sanitario inicia con la ubicación y diseño de celdas diarias para disponer los desechos. En esta etapa se deposita el material de cobertura y los desechos que llegan al relleno sanitario, de este modo se van acumulando hasta completar el día y por último se tapa con más material de cobertura para el día siguiente, esto para evitar la generación de vectores.

Acorde con Álvaro Cantanhede y Leandro Sandoval, en su trabajo *Rellenos sanitarios manuales*, la altura de la celda debe encontrarse entre 1 y 1,5 m. Además, se debe contemplar usar bermas, las cuales buscan mantener la altura estable en el vertedero, además de ubicar canales de drenaje o de recuperación de gas, ya que no se debe permitir el ingreso de aguas de escorrentía en el relleno sanitario. La compactación de los desechos sólidos se debe realizar en capas de 20 a 30 cm, de esto depende el éxito en el trabajo diario de estos.

Ante lo anteriormente contemplado, el diseñador de un relleno sanitario debe plantear varias alternativas para luego evaluar cuál sería el diseño más económico de ejecutar, de mayor vida útil y de menor impacto ambiental.

- Ventajas

El relleno sanitario es una técnica favorecedora en muchos aspectos. El tratamiento de desechos sólidos con este método da la posibilidad de recuperar áreas ambientalmente degradadas por la minería o explotación de canteras, así como de terrenos considerados improductivos o marginales. Otras ventajas que ofrece son:

- La inversión de capital es de las más bajas en comparación con otros métodos de tratamiento de desechos, como la incineración y el compostaje.
- Los costos de operación y mantenimiento son bajos.
- Generación de empleo de mano de obra no calificada.

- Según el tamaño de un relleno sanitario, es posible la recuperación de gas metano, lo cual constituye una fuente alternativa de energía.
- Ahorro en costos en la movilización de desechos sólidos, ya que los rellenos sanitarios pueden estar tan cerca al área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles.
- Los tiempos de ejecución y operación de un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en un intervalo corto.
- Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

- Desventajas

Gracias al crecimiento poblacional y la rápida urbanización de las zonas, la adquisición de un terreno constituye la primera dificultad para la construcción de un relleno sanitario, sobre todo si está mal ubicado y/o construido, ya que así puede generar contaminación ambiental e impactar a la estética, salud y ocupación, haciendo al relleno sanitario inútil. Otras desventajas vienen siendo:

- La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario por parte de los pobladores. Usualmente se relaciona el término relleno sanitario al de un «botadero de basuras a cielo abierto».

- Características geológicas especiales.
- Generación de afluentes líquidos y gaseosos, los cuales muchas veces llevan consigo malos olores.
- La supervisión constante de la construcción para mantener un alto nivel de calidad de las operaciones. En muchas ocasiones las municipalidades, al tener cambio de gobiernos, rotan los puestos, por lo que se da que buscan el ahorro de costos colocando personal que no cuenta con la experiencia necesaria, lo cual aumenta enormemente la posibilidad de fallas.
- Altas posibilidades de transformar el relleno sanitario en botadero a cielo abierto por la carencia de voluntad política de las administraciones municipales.
- En caso de no tener una buena impermeabilización del suelo, se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas.

1.5.5.3.2. Tipos de rellenos sanitarios

Acorde con Alejandra Franco, en su tesis *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de Guatemala*, los rellenos sanitarios se pueden clasificar según su uso en los siguientes tipos:

- Botadero controlado

La principal función de los botaderos controlados es la disposición de residuos complejos con el propósito de mitigar posibles efectos negativos sobre el entorno. Se consigue la degradación de la materia orgánica que posibilita el aprovechamiento de los gases generados y la futura recuperación de la zona, principalmente como zonas de recreación.

Acorde con Alejandra Franco, en su tesis *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de Guatemala*, a diferencia de un vertedero a cielo abierto, este tipo de vertedero puede ser usado de forma temporal en caso de una emergencia, pero debido a que no cuenta con la infraestructura necesaria no puede llegar a considerarse como un relleno sanitario. Los residuos que son depositados en este lugar deben ser periódicamente compactados con capas de tierra, ser confinados para reducir su volumen y que no se encuentren a cielo abierto.

Figura 12. **Botadero controlado**



Fuente: PROMAINGSA. *Mantenimiento del botadero controlado de residuos sólidos en el distrito de Sicuani-Canchis-Cusco.* [https:// http://www.promaingsa.com.pe/mantenimiento-del-botadero-controlado-de-residuos-solidos-en-el-distrito-de-sicuani-canchis-cusco](https://http://www.promaingsa.com.pe/mantenimiento-del-botadero-controlado-de-residuos-solidos-en-el-distrito-de-sicuani-canchis-cusco). Consulta: 18 de mayo de 2020.

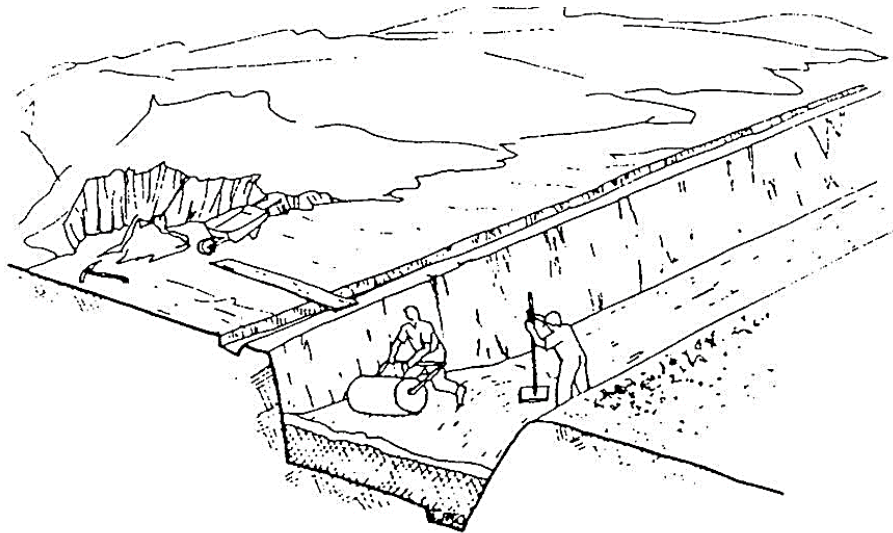
- **Relleno sanitario manual**

Un relleno sanitario manual es en el que el confinamiento y compactación de los desechos sólidos son realizados por una cuadrilla de hombres y el empleo de herramientas. Debido a esto, los rellenos sanitarios manuales son los que pueden tener una capacidad promedio de desechos sólidos depositados de 15 toneladas por día, por lo que son únicamente funcionales para poblaciones pequeñas y se requiere poca inversión para su implementación y mantenimiento.

En este tipo de relleno sanitario, el uso de maquinaria es únicamente necesario para la adecuación del sitio. Sin importar sus dimensiones, este

proyecto debe ser planificado adecuadamente, y para su realización debe contarse con la asesoría de un profesional capacitado.

Figura 13. **Relleno sanitario manual**



Fuente: Galeon.com. *Relleno sanitario*. <http://relleno.galeon.com/manejo.html>. Consulta: 18 de agosto de 2020.

- **Relleno sanitario semimecanizado**

Los rellenos semimecanizados son utilizados para poblaciones que producen entre 16 a 40 toneladas de desechos sólidos por día. Debido a las cantidades de desechos que se manejan, para los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de desechos sólidos, es necesario el uso de maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual.

Debe utilizarse maquinaria pesada para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, además de excavaciones de zanjas y/o colocación

de material de cobertura, de acuerdo con el avance y método de relleno que se emplee.

- Relleno sanitario mecanizado

Los rellenos sanitarios mecanizados, al momento de iniciar su ejecución como obra, conllevan los mismos parámetros y procesos de los rellenos sanitarios manuales y semimecanizados. La diferencia de este tipo de relleno sanitario consiste con su operación, ya que debe ser ejecutada puramente con equipo pesado en forma permanente, debido a que estos rellenos trabajan para una capacidad de 40 o más toneladas de desechos sólidos por día.

1.6. Características generales de la población

Se describen a continuación las características necesarias.

1.6.1. Antecedentes históricos del municipio de Chimaltenango

Chimaltenango es la cabecera departamental del departamento de Chimaltenango, su fundación se atribuye a Don Pedro de Portocarrero en el año 1526. Este capitán fue compañero inseparable de Don Pedro de Alvarado y hombre de toda su confianza.

Chimaltenango, con el título de corregimiento del valle, perteneció a lo que hoy es Sacatepéquez, hasta el 23 de noviembre de 1752, en que se le confirió la calidad de ALCALDIA MAYOR (fue la ciudad-residencia del Alcalde Mayor), así quedaron establecidas dos alcaldías Mayores, la de Chimaltenango propiamente dicha y la de los Amatitanes y Sacatepéquez. Estas dos provincias componían el Valle de Guatemala que desde la conquista estuvo bajo el gobierno de los alcaldes ordinarios de la capital, razón por la cual se denominaban CORREGIDORES DEL VALLE.²

² RODAS, Patricia. *Monografía sobre Chimaltenango*. p. 9.

La etimología del nombre Chimaltenango remite, en lengua náhuatl, a *chimal*, que significa escudo, broquel o rodela. Por su parte, *tenango* significa lugar amurallado. Por lo que se entiende que el significado del nombre del municipio es muralla de escudos.

1.6.2. Aspectos físico del municipio de Chimaltenango

En los aspectos físicos del municipio de Chimaltenango es posible mencionar:

1.6.2.1. Ubicación geográfica

El municipio de Chimaltenango está ubicado en la parte noroeste del departamento, a 52 kilómetros de la ciudad capital. Posee un área aproximada de 212 kilómetros cuadrados, con una altitud de 1,800 metros sobre el nivel del mar, localizado a 14°39'38" de latitud Norte y 90°49'10" de longitud oeste. Posee colindancias al norte con San Martín Jilotepeque (Chimaltenango), al sur con San Andrés Itzapa y Parramos (Chimaltenango), así como Pastores (Sacatepéquez), al este con el Tejar (Chimaltenango) y San Juan Sacatepéquez (Guatemala), y al oeste con Zaragoza, Comalapa y San Martín Jilotepeque. En las figuras se muestra los mapas de ubicación territorial de la República de Guatemala y el mapa de división política del departamento de Chimaltenango.³

³ PAREDES, Otto René. *Estudio de mercado de la zanahoria (Daucus carota L.) en el municipio de Chimaltenango, Chimaltenango, Guatemala.* p. 27.

Figura 14. **Mapa de los departamentos de Guatemala**



Fuente: Naciones Unidas Guatemala. *Acerca de Guatemala*. <https://onu.org.gt/acerca-de-guatemala/>. Consulta: 15 de mayo de 2020.

Figura 15. **Mapa de los municipios del departamento de Chimaltenango**



Fuente: Gifex. *Municipios de Chimaltenango*. https://www.gifex.com/detail/2011-11-23-14977/Municipios_de_Chimaltenango.html. Consulta: 15 de mayo de 2020.

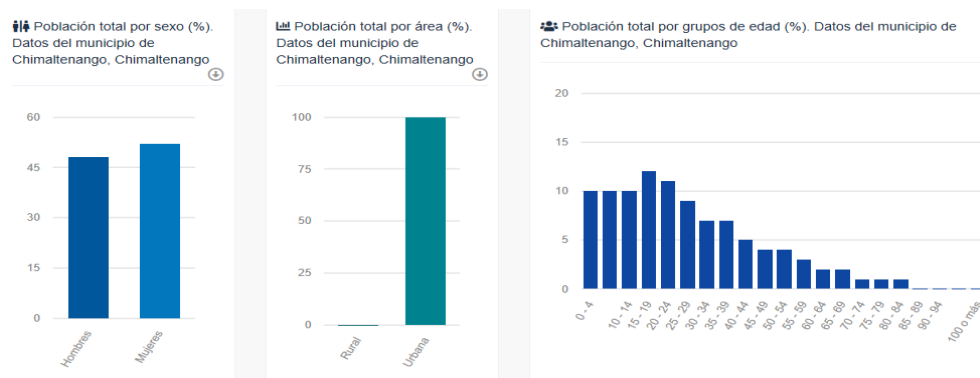
1.6.2.2. Topografía

Según el Plan de Desarrollo Municipal del municipio de Chimaltenango en 2018, este municipio posee una topografía generalmente plana, encontrándose cerros, barrancos, lomas, colinas, a base de rocas volcánicas, piedras y pómez, provocando una gran variedad de suelos arenosos, suelos francos arcillosos, suelos francos y suelos limosos.

1.6.2.3. Demografía

Según el XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda realizado en 2018, el municipio de Chimaltenango cuenta con una totalidad de 96 985 habitantes, de los cuales 46 985 son hombres y 50 000 son mujeres. El 100 % de la población del municipio vive en área rural. Las personas entre las edades de 15 a 19 años representan a la mayor población del municipio, siendo un 12 % de la población total.

Figura 16. Gráfico de censo poblacional del municipio de Chimaltenango



Fuente: INE. XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda. s/p

1.6.2.4. Clima e hidrografía

La clasificación del clima es el proceso de ordenamiento de elementos como temperatura, humedad, lluvia, viento, presión atmosférica, incidencia solar, factores geográficos, latitud, altitud, vegetación, entre otros, que dan las características climáticas propias de una región específica. Chimaltenango posee un clima templado que oscila entre los 12 °C y 24 °C. Se marcan dos estaciones en el año: invierno y verano.⁴

Su precipitación pluvial es de 1 587,7 mm, acorde con los datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e hidrología (INSIVUMEH).

1.6.2.5. Economía

En el municipio de Chimaltenango la oportunidad de empleo para los jóvenes recién graduados es un poco escasa, y la mayoría de la población se ve obligada a migrar a otras localidades, especialmente a la capital. No existe una base de datos que brinde mayor detalle de este tema. Sin embargo, el municipio ha tenido un crecimiento exponencial con el paso de los años.

Según datos del Plan de Desarrollo Municipal de Chimaltenango de 2018, la Población Económicamente Activa (PEA) se divide de la siguiente forma:

- El sector primario, que está relacionado con la extracción de recursos naturales en productos primarios no elaborados.
- El sector secundario, que es la transformación de la materia en productos elaborados por medio de procesos artesanales o industriales.

⁴ Municipalidad de Chimaltenango. *Plan de desarrollo de Chimaltenango, Chimaltenango 2018*. p. 43.

- El sector terciario, son las actividades económicas que no producen nuevos productos, sino un servicio.

Según los datos del Plan de desarrollo de Chimaltenango, Chimaltenango 2018, la actividad y atractivos turísticos del municipio brindan una fuente de empleo e ingresos, de los cuales destacan el parque central y los aposentos.

La economía del municipio en su mayoría radica en la agricultura, caza, pesca, comercio por mayor y menor, restaurantes, hoteles y las industrias textil y alimenticia.

1.6.3. Servicios básicos

Según los datos del Plan de Desarrollo Chimaltenango, Chimaltenango 2018, los servicios básicos son aquellas obras de infraestructuras necesarias para una vida saludable, en una vivienda, centro, poblado, barrio o ciudad.

1.6.3.1. Servicios sanitarios

Según los datos del Censo Nacional XI y VI de Habitación de 2018, se determina que aproximadamente el 96 % de las casas del municipio de Chimaltenango cuentan con un tipo de servicio sanitario. Entre los tipos de servicios sanitarios más utilizados en el municipio están el conectado a red de drenaje y uso de letrina o pozo ciego, sin embargo, cada día el uso de pozo ciego ha ido disminuyendo y la población ha podido adquirir la conexión a la red de drenaje.

1.6.3.2. Agua potable

Según los datos del Censo Nacional XI y VI de Habitación de 2018, se determina que la mayoría de las casas del municipio de Chimaltenango cuentan con agua potable, en algunos lugares por horas fraccionadas o las 24 horas del día.

1.6.3.3. Energía eléctrica

Actualmente los servicios de energía del municipio de Chimaltenango son proporcionados por la empresa Energuate, anteriormente conocida como DEOCSA. Según los datos del Plan de Desarrollo de Chimaltenango, Chimaltenango 2018, el servicio de energía eléctrica en las casas se conforma en su mayoría por el eléctrico en un 96 % aproximadamente, sin embargo, a pesar de la facilidad actual de obtenerla, un 3 % de la población aún utiliza velas para iluminar su vivienda.

1.6.3.4. Manejos de desechos sólidos y líquidos

Por otro lado, en Chimaltenango existen 1 basurero municipal y 7 basureros clandestinos, los cuales están ubicados en camino a tierra fría, astillero municipal, camino a San Marcos Pacoc, carretera Interamericana km 59, Col. San Pedro y San Pablo, atrás de Los Aposentos y Camino a San Martín Jilotepeque.

El botadero está ubicado en la zona 3, en la actualidad la población considera que su ubicación es correcta, pero no tiene características de relleno sanitario y a largo plazo puede significar una problemática, pues además se encuentra ubicado dentro del área urbana del Municipio.

En Chimaltenango existen 7 plantas de tratamiento de aguas residuales, estando 2 colapsadas ubicadas en la colonia las Abejas y la otra en Monte los Olivos, mientras que 4 están funcionando: dos en Santa Isabel, 1 en la carretera Vieja al Tejar y otra en Alameda B. Además, está en construcción una en el Hospital Nacional y otra contará con una planta de tratamiento de desechos sólidos.⁵

⁵ Municipalidad de Chimaltenango. *Plan de desarrollo de Chimaltenango, Chimaltenango 2018*. p. 48.

1.6.3.5. Vías de acceso

La ruta de acceso principal de Chimaltenango viene siendo la CA-1, también conocida como la carretera Interamericana. Por la ubicación del municipio, todo lo que es conocido como el Occidente del país debe pasar por Chimaltenango para llegar a la ciudad de Guatemala. Debido a la cantidad de comercios, reducción de dos carriles a uno y la cantidad de personas viviendo en la zona, la capacidad de la ruta en Chimaltenango se encuentra colapsada, creando una gran cantidad de tráfico para todas las personas que deben pasar por allí.

Otras rutas de acceso a Chimaltenango vienen siendo la carretera de Los Aposentos (antigua ruta de Chimaltenango a Antigua Guatemala), y la carretera hacia San Martín Jilotepeque.

1.6.4. Dimensión ambiental

La dimensión ambiental consiste en la armonía y equilibrio del desarrollo entre los distintos ecosistemas que se presentan en una zona, el ambiente del territorio y el ser humano, buscando así la ejecución de distintos objetivos de tipo social, económico y cultural, sin afectar la naturaleza.⁶

1.6.4.1. Recursos naturales

Los recursos naturales se pueden definir como un bien común y para todos. La utilización de estos recursos es de vital importancia debido a recursos finitos. La correcta administración de estos recursos favorece la preservación de estos

⁶ Universidad Nacional Autónoma de México. *Dimensión ambiental*. <https://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/biologia2/unidad2/ambienteDimension/dimensionAmbiental>.

recursos para futuras generaciones. El suelo, el agua, la cobertura forestal, entre otros, son recursos que pueden explotarse en forma racional.

1.6.4.2. Flora

En el municipio de Chimaltenango, a pesar de la tala inmoderada de árboles por la urbanización, se pueden encontrar en distintas zonas bosques extensos, predominando las especies de árbol de eucalipto, roble, ciprés y abetos. Estas zonas de alta vegetación se encuentran sobre todo en los límites territoriales del municipio, donde predomina el terreno montañoso.

1.6.4.3. Fauna

Por la alta presencia del hombre, y la constante deforestación de la zona, la fauna silvestre se ha visto altamente reducida. Por otro lado, el ramo pecuario con ganado vacuno y crianza de aves de corral se ha visto en aumento por la alta demanda de consumo local de leche, huevos y del mismo ganado porcino.

1.6.4.4. Suelos

Según Carlos Fernando López Ordóñez, en su trabajo de graduación *Evaluación de cuatro materiales genéticos de maíz (Zea mays L.), diagnóstico y servicios realizados en la Aldea Saquiya, Municipio de Patzún, Departamento de Chimaltenango, Guatemala, C.A.*, el municipio de Chimaltenango está ubicado dentro de la provincia denominada Tierras Altas Volcánicas y el relieve local está representado por áreas escarpadas, barrancos profundos con paredes casi verticales y montañas muy quebradas. Predominan el basalto y las ruedecitas, desarrolladas sobre el basamento cristalino sedimentario que se encuentra hacia

la parte norte. La formación volcánica de esta región fue seguida por fallas causadas por tensión local, la cual quebró y movió el material de la superficie.

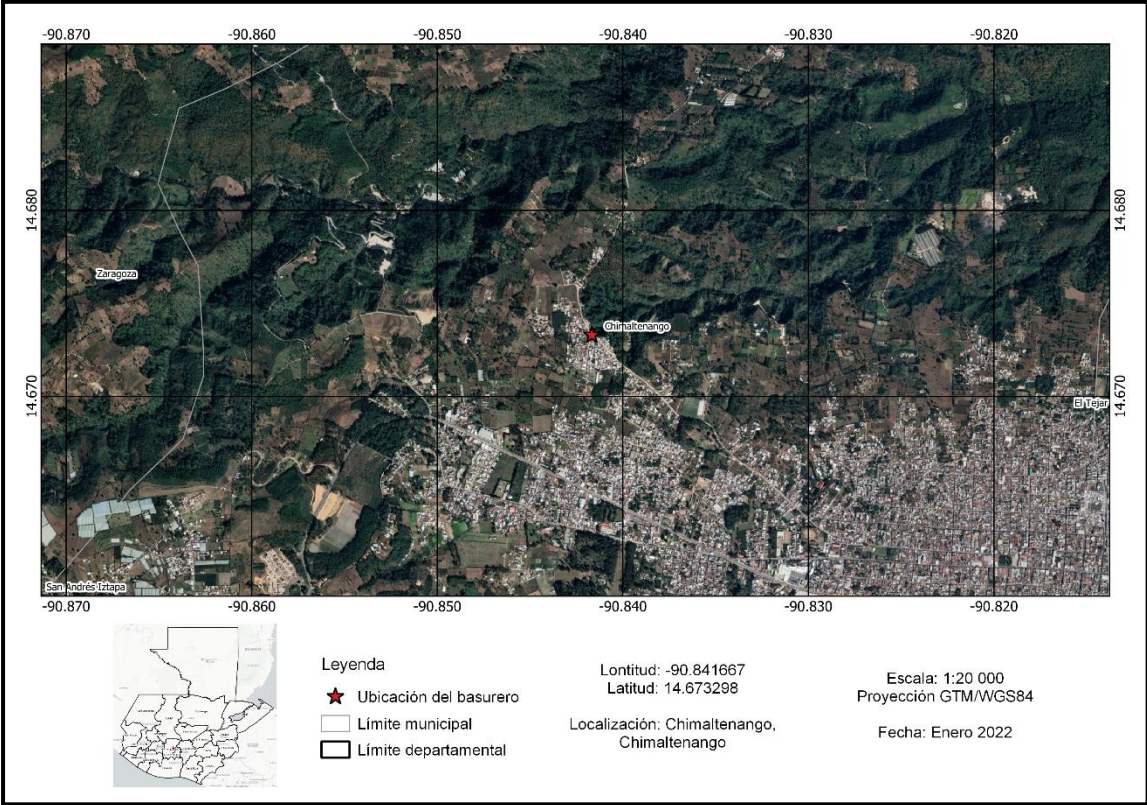
1.6.5. Lugares para disposición final de desechos

Se desarrollan en los siguientes incisos.

1.6.5.1. Localización de basureros clandestinos

Los desechos sólidos producidos en el municipio de Chimaltenango tienen como destino final un botadero clandestino localizado en la zona 6, la cual está retirada del centro del municipio en un barranco.

Figura 17. **Mapa de ubicación del basurero clandestino**



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS.

1.6.5.2. Situación actual de los basureros en el municipio de Chimaltenango

El basurero clandestino del municipio es un foco de contaminación bastante grande, afecta tanto al medio ambiente como a la población aledaña, ya que se encuentra cerca de muchas viviendas, causando la proliferación de vectores sanitarios que perjudican la salud humana.

Actualmente la población de Chimaltenango no posee una cultura apropiada para la disposición de los desechos sólidos, la falta de un relleno sanitario y la poca información y educación acerca del reciclaje y de la forma adecuada de recolección y disposición final, crean problemas graves a corto y largo plazo. En la zona 2 de Chimaltenango, por ser un lugar céntrico, transita una cantidad alta de personas, de las cuales un alto porcentaje deposita su basura en las calles del municipio, lo cual demuestra una falta de cultura en el depósito adecuado de los desechos sólidos.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

2.1. Campo muestral

Para la obtención del campo muestral en la zona 2 del municipio de Chimaltenango se utilizó la fórmula del Dr. Kunitoshi Sakurai, experto en desechos sólidos para la Organización Panamericana de la Salud (OPS):

$$n = \frac{Z^2 * pq * N}{N * E^2 + Z^2 * pq}$$

Donde:

- n = tamaño de la muestra
- N = número total de viviendas
- pq = variabilidad de la población
- Z^2 = grado de confianza
- E = error permisible en la estimación de producción *per cápita*.

Para este método, el cual es el más utilizado, se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- Determinación de notación científica y determinación de variables.
- Considerar el valor de variación, error de estimación y nivel de confiabilidad para el cálculo de determinación de la muestra.

- Nivel de confiabilidad con el coeficiente de 1,95, siendo el más utilizado.
- Asumir desviación estándar, que para esta es la variabilidad de la población, la cual es de 200 gr/habitante/día como mínimo cuando no se cuenta con datos iniciales de la población. Es proporcional al tamaño de la muestra total.

Según la información recolectada a través del levantamiento catastral y los datos obtenidos por medio de los criterios del Dr. Sakurai, se obtienen los siguientes datos:

- N = 4681 viviendas
- pq = 0,04 gr/hab/día
- $Z^2 = 1,96$, con un grado de confianza del 95 %
- E = 5 %

$$n = \frac{1,96^2 * 0,04 * 461}{4 681 * 0,05^2 + 1,96^2 * 0,04} = 60,67 \text{ viviendas} \cong 61 \text{ viviendas}$$

El campo muestral para la caracterización de desechos sólidos fue de 61 viviendas.

2.2. Procedimiento para recolección de datos y muestreo

Luego de que se determinó el campo muestral con la ecuación anterior, se inició la toma de datos realizando una encuesta que recolecta información de interés de cada vivienda, contemplada para cubrir el campo muestral.

La encuesta se realizó con el fin de obtener la información básica de los residentes de cada vivienda, los hábitos respecto a la disposición de los desechos sólidos y conocimientos básicos del tema.

2.3. Recolección de datos

A continuación se presenta lo relacionado con la recolección de datos.

2.3.1. Por desechos sólidos

Para la recolección de datos se repartieron bolsas con rótulos indicando qué tipo de desecho sólido debían depositar en ellas en cada vivienda seleccionada para el estudio, con el día y el número de vivienda asignado, y se tomó la cantidad de personas que habitan en ella.

Posteriormente las bolsas mencionadas se recolectaron en los días establecidos, procurando ser en el mismo horario, y se trasladaron los residuos a un lugar predeterminado para tomar su peso y volumen, para luego proceder con el resto de los procedimientos para su adecuado estudio.

2.3.2. Por encuestas

Se realizó una encuesta, la cual se muestra en el apéndice 1 de este informe, a las 61 viviendas muestreadas para determinar el número de personas que habitan por casa, ya que el número de personas que habitan en el municipio influye directamente en la cantidad de residuos que son producidos en esta zona.

2.4. Cálculo y cuantificación de los desechos sólidos domiciliarios recolectados

Parte del estudio de la caracterización de los desechos sólidos de la zona 2 del municipio de Chimaltenango incluyó la cuantificación de estos, para lo cual fue recolectada la basura dos veces en una semana, en las viviendas encuestadas con bolsas rotuladas con el tipo de desechos sólidos que debían depositar en ellas.

Para la determinación del peso y el volumen de los desechos sólidos se utilizó un recipiente cilíndrico con un volumen de $0,023 \text{ m}^3$ y una balanza con una precisión de $\pm 0,06 \text{ lb}$, las cuales se muestran en las siguientes figuras:

Figura 18. **Recipiente cilíndrico para el volumen**



Fuente: elaboración propia.

2.4.1. Peso

Luego de la recolección de los desechos sólidos clasificados, cada uno de ellos fue pesado.

2.4.2. Volumen

Los desechos sólidos recolectados se colocaron sueltos y compactados en un recipiente cilíndrico con el fin de medir el volumen.

2.4.3. Densidad o peso específico

Con los datos del peso y volumen, tanto sueltos como compactados, se utiliza la siguiente ecuación para determinar la densidad:

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

2.4.4. Tasas de generación (producción *per cápita*)

Para el cálculo de los desechos sólidos generados se utilizó el cálculo de la producción *per cápita*, la cual se realizó con los datos obtenidos del peso de desechos sólidos y la cantidad de habitantes del municipio. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$PPC = \frac{\text{peso total de la basura en kilogramos}}{\text{No. de habitantes}} * \frac{1}{\text{No. días}}$$

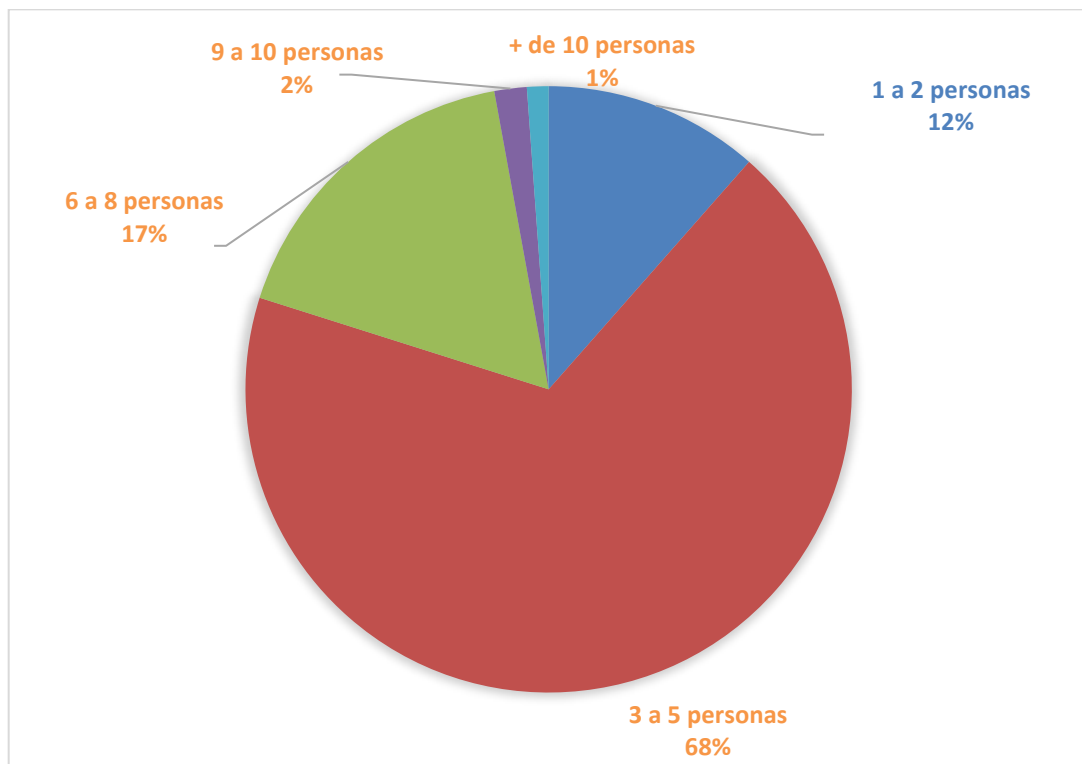
2.4.5. Tasas de recolección de residuos sólidos

En esta tasa se incluyen tanto los residuos seleccionados como los no seleccionados que provienen de lugares que no cuentan con programas orientados al reciclaje. La cantidad entre estos dos tipos de residuos puede variar entre 4 % y 15 %. Esta cantidad es justificada por la cantidad de material: vertido en puestos de venta, quemado en casas o terrenos baldíos, fermentado, entregado en lugares de reciclaje, donado o reciclado recientemente.

3. RESULTADOS

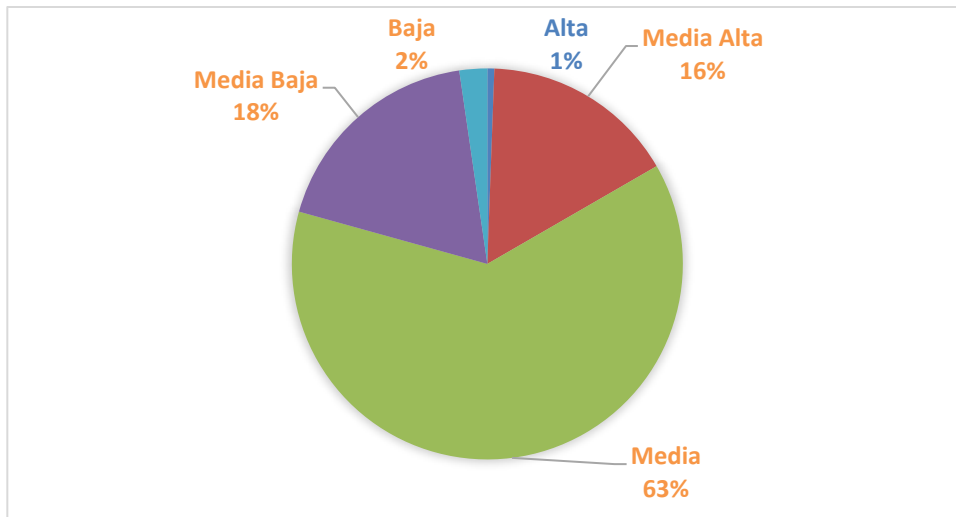
A continuación, se muestran las gráficas de los resultados de las encuestas realizadas en campo.

Figura 19. **Gráfica de cantidad de habitantes por vivienda muestreada**



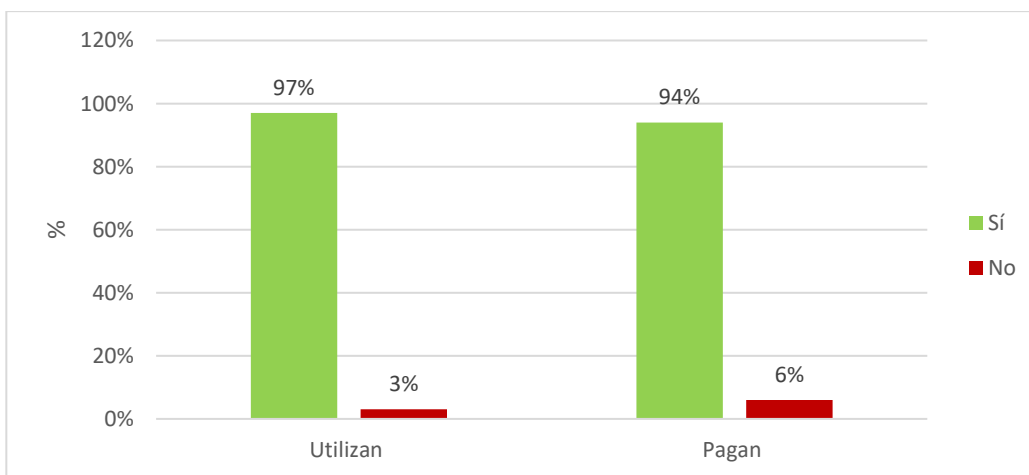
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Gráfica del nivel económico de la población en la zona 2 de Chimaltenango**



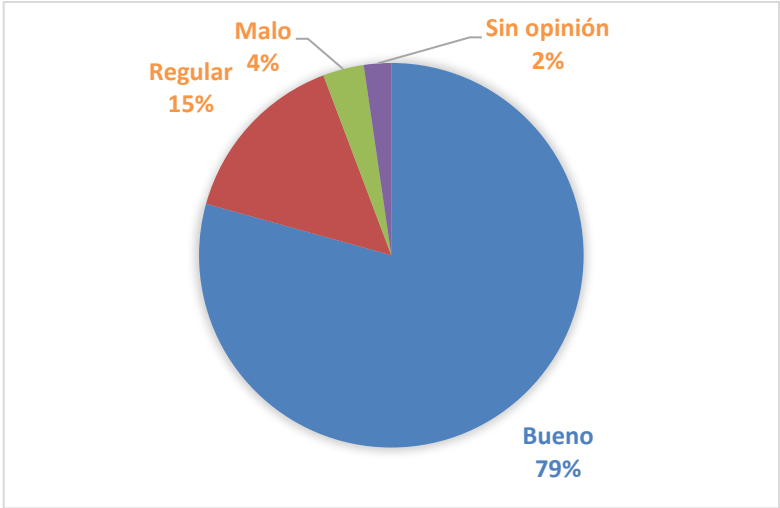
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Gráfica de viviendas que utilizan y pagan el servicio de recolección de basura en la zona 2 de Chimaltenango**



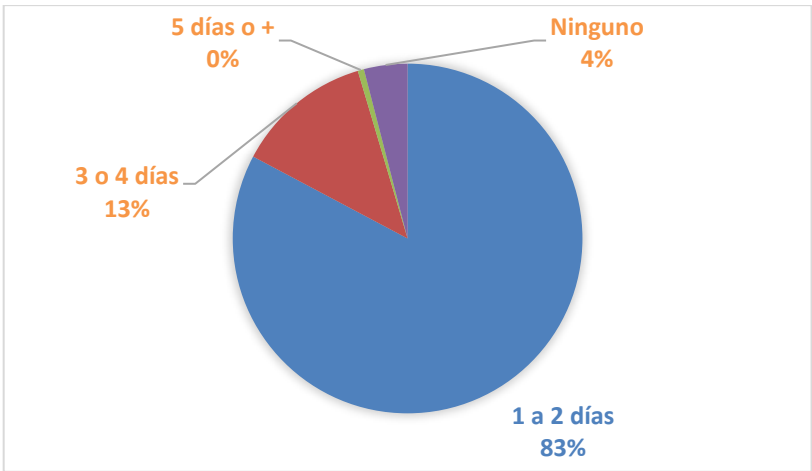
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. **Gráfica de opinión del servicio de recolección de basura en la zona 2 de Chimaltenango**



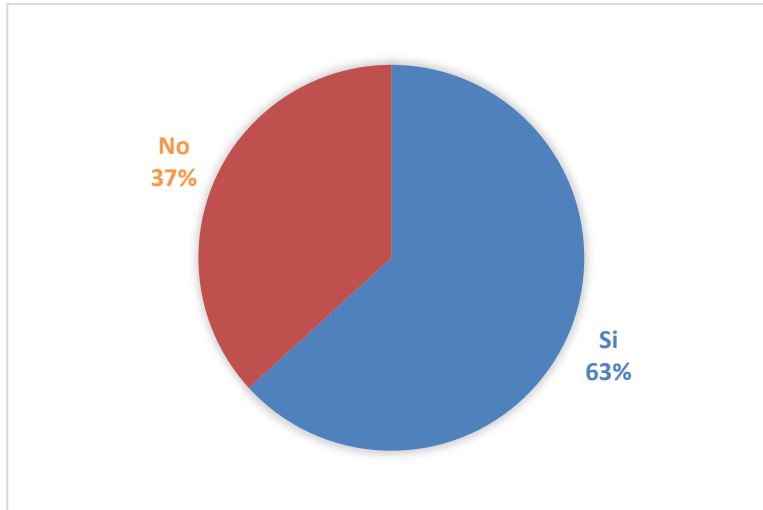
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Gráfica de cantidad de días que recolectan la basura en la zona 2 de Chimaltenango**



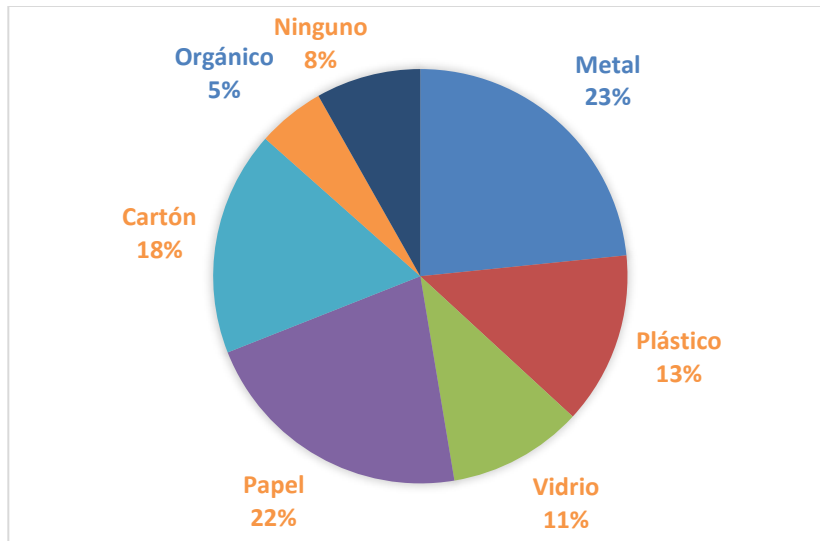
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Gráfica de cantidad de viviendas que practican el reciclaje**



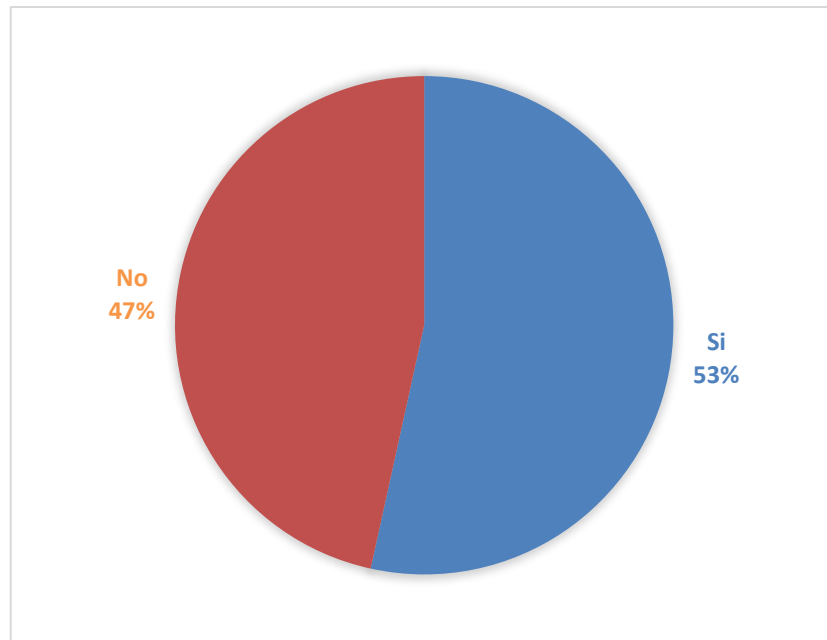
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Gráfica de desechos sólidos clasificados en las viviendas muestreadas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **Gráfica de cantidad de viviendas donde se conoce el concepto de compostaje**



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra la tabulación de los datos de caracterización de desechos sólidos en campo:

Tabla I. **Peso de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas**

No. de vivienda	Desechos sólidos (kg)					
	Orgánico	Plástico	Vidrio	Papel	Cartón	Metal
1	8,78	0,41	0,50	0,41	1,76	2,25
2	4,19	0,32	0,54	0,54	0,45	1,04
3	10,36	0,70	0,00	1,55	0,95	0,00
4	11,71	1,04	0,00	2,36	0,50	0,68

Continuación de la tabla I.

5	9,55	0,63	0,00	1,19	0,00	0,59
6	8,65	0,43	0,70	1,91	0,00	0,00
7	11,40	0,68	0,55	2,07	0,90	0,00
8	11,94	0,99	0,45	2,32	0,23	0,00
9	10,63	0,78	0,00	2,14	0,00	0,00
10	9,19	0,55	0,00	2,14	0,00	2,25
11	9,73	0,73	0,00	2,32	0,00	2,70
12	9,10	0,96	0,00	3,72	0,86	1,04
13	9,05	0,65	1,08	1,76	0,54	0,99
14	8,60	0,65	0,00	2,21	0,00	0,00
15	10,00	0,32	0,00	3,38	0,00	0,00
16	8,92	1,44	0,00	3,60	0,00	0,27
17	8,78	0,52	0,00	2,52	0,14	0,59
18	12,84	1,00	0,00	1,93	0,00	1,80
19	8,70	0,50	0,68	4,05	0,00	0,00
20	9,86	1,31	0,00	2,79	0,09	0,00
21	13,51	1,40	0,00	3,27	0,14	1,13
22	12,27	1,19	1,35	4,23	0,07	0,00
23	11,42	0,78	0,00	3,67	0,10	0,00
24	9,53	0,36	0,90	2,59	0,00	0,86
25	10,59	0,59	0,00	1,96	0,00	1,24
26	8,29	0,61	0,00	1,35	0,13	1,80
27	12,30	1,19	1,04	3,72	0,18	1,35
28	10,86	0,78	0,00	2,84	0,59	0,00
29	9,21	0,36	0,00	1,94	0,00	0,00
30	10,68	0,59	0,54	2,41	0,00	0,68
31	8,51	0,36	0,00	1,01	0,00	0,41

Continuación de la tabla I.

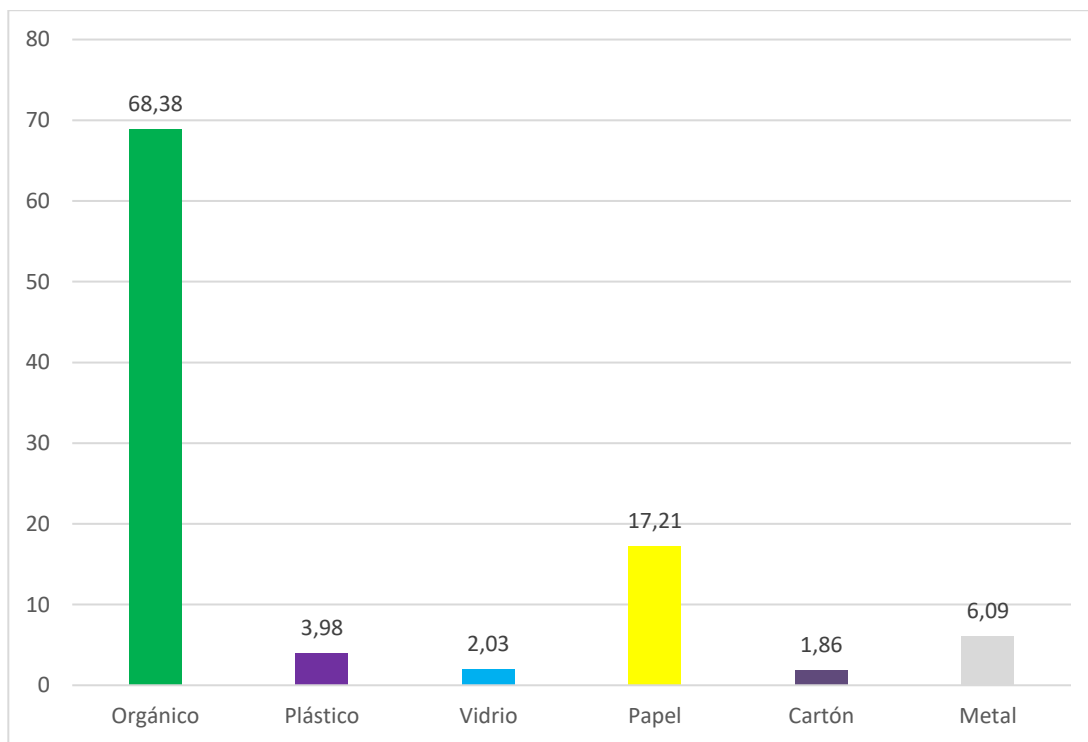
32	9,37	0,56	0,00	2,84	1,31	1,08
33	8,74	1,31	1,31	3,22	0,00	0,95
34	7,59	1,37	0,00	3,67	1,35	0,00
35	8,83	1,01	0,00	4,95	1,44	0,00
36	9,19	1,67	1,76	2,84	0,56	1,58
37	8,49	0,61	0,00	0,97	0,59	0,63
38	9,37	0,50	0,00	3,87	0,00	0,23
39	9,21	0,38	0,00	2,93	0,00	2,34
40	10,18	0,18	0,90	1,53	0,00	0,00
41	9,35	0,14	0,00	2,39	0,00	0,00
42	9,71	0,81	0,52	2,77	0,81	0,63
43	10,27	0,63	0,00	3,22	0,00	0,86
44	12,41	0,18	0,00	2,39	0,50	1,04
45	9,57	0,27	0,00	1,94	0,00	0,95
46	12,95	0,14	0,99	3,87	0,00	0,41
47	9,39	0,20	0,00	1,44	0,00	1,44
48	10,68	0,14	0,00	2,88	0,00	13,96
49	8,51	0,32	0,00	2,91	0,00	0,00
50	9,37	0,27	1,13	2,36	0,00	0,00
51	9,19	0,11	0,00	2,21	0,00	0,23
52	8,49	0,14	0,00	1,58	0,56	0,36
53	9,37	0,14	1,22	1,42	0,59	0,00
54	9,21	0,18	0,72	1,91	0,00	0,00
55	7,84	0,13	0,00	1,71	0,00	0,00
56	8,78	0,20	0,00	2,82	0,00	0,00
57	11,49	0,15	0,00	1,76	0,00	0,81
58	7,03	0,11	0,00	1,13	0,00	1,26

Continuación de la tabla I.

59	8,51	0,13	0,50	1,89	0,00	1,35
60	9,05	0,18	0,00	1,91	0,23	0,00
61	8,40	0,11	0,00	2,21	0,00	0,45
Total	589,69	35,08	17,36	147,45	15,52	52,19

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Gráfica de peso de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas**



Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Volumen suelto de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas**

No. de Vivienda	Volumen suelto (m3)					
	Orgánico	Plástico	Vidrio	Papel	Cartón	Metal
1	0,033	0,008	0,004	0,026	0,052	0,033
2	0,016	0,006	0,004	0,005	0,013	0,015
3	0,038	0,013	0,000	0,05	0,028	0,000
4	0,043	0,020	0,000	0,031	0,015	0,010
5	0,035	0,012	0,000	0,038	0,000	0,009
6	0,032	0,008	0,005	0,04	0,000	0,000
7	0,042	0,013	0,004	0,026	0,027	0,000
8	0,044	0,019	0,003	0,005	0,007	0,000
9	0,039	0,015	0,000	0,05	0,000	0,000
10	0,034	0,011	0,000	0,054	0,000	0,033
11	0,036	0,014	0,000	0,033	0,000	0,040
12	0,034	0,019	0,000	0,01	0,025	0,015
13	0,034	0,013	0,008	0,027	0,016	0,015
14	0,032	0,013	0,000	0,03	0,000	0,000
15	0,037	0,006	0,000	0,029	0,000	0,000
16	0,033	0,028	0,000	0,035	0,000	0,004
17	0,033	0,010	0,000	0,036	0,004	0,009
18	0,048	0,019	0,000	0,031	0,000	0,027
19	0,032	0,010	0,005	0,038	0,000	0,000
20	0,037	0,025	0,000	0,04	0,003	0,000
21	0,050	0,027	0,000	0,013	0,004	0,017
22	0,045	0,023	0,010	0,01	0,002	0,000
23	0,042	0,015	0,000	0,06	0,003	0,000

Continuación de la tabla II.

24	0,035	0,007	0,007	0,014	0,000	0,013
25	0,039	0,011	0,000	0,022	0,000	0,018
26	0,031	0,012	0,000	0,013	0,004	0,027
27	0,046	0,023	0,008	0,01	0,005	0,020
28	0,040	0,015	0,000	0,014	0,017	0,000
29	0,034	0,007	0,000	0,01	0,000	0,000
30	0,040	0,011	0,004	0,008	0,000	0,010
31	0,032	0,007	0,000	0,005	0,000	0,006
32	0,035	0,011	0,000	0,01	0,039	0,016
33	0,032	0,025	0,010	0,01	0,000	0,014
34	0,028	0,027	0,000	0,015	0,040	0,000
35	0,033	0,020	0,000	0,012	0,043	0,000
36	0,034	0,032	0,013	0,046	0,017	0,023
37	0,031	0,012	0,000	0,02	0,017	0,009
38	0,035	0,010	0,000	0,015	0,000	0,003
39	0,034	0,007	0,000	0,02	0,000	0,035
40	0,038	0,003	0,007	0,022	0,000	0,000
41	0,035	0,003	0,000	0,01	0,000	0,000
42	0,036	0,016	0,004	0,013	0,024	0,009
43	0,038	0,012	0,000	0,056	0,000	0,013
44	0,046	0,003	0,000	0,012	0,015	0,015
45	0,035	0,005	0,000	0,015	0,000	0,014
46	0,048	0,003	0,007	0,061	0,000	0,006
47	0,035	0,004	0,000	0,008	0,000	0,021
48	0,040	0,003	0,000	0,02	0,000	0,207
49	0,032	0,006	0,000	0,023	0,000	0,000
50	0,035	0,005	0,008	0,059	0,000	0,000

Continuación de la tabla II.

51	0,034	0,002	0,000	0,02	0,000	0,003
52	0,031	0,003	0,000	0,038	0,017	0,005
53	0,035	0,003	0,009	0,026	0,017	0,000
54	0,034	0,003	0,005	0,028	0,000	0,000
55	0,029	0,003	0,000	0,021	0,000	0,000
56	0,033	0,004	0,000	0,059	0,000	0,000
57	0,043	0,003	0,000	0,02	0,012	0,012
58	0,026	0,002	0,000	0,038	0,000	0,019
59	0,032	0,002	0,004	0,026	0,000	0,020
60	0,034	0,003	0,000	0,028	0,007	0,000
61	0,031	0,002	0,000	0,021	0,000	0,007
Total	2,182	0,677	0,128	1,585	0,471	0,772

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Volumen compactado de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas**

No. de vivienda	Volumen compactado (m3)					
	Orgánico	Plástico	Vidrio	Papel	Cartón	Metal
1	0,025	0,007	0,004	0,022	0,049	0,031
2	0,008	0,005	0,004	0,001	0,010	0,013
3	0,030	0,012	0,000	0,046	0,025	0,000
4	0,035	0,019	0,000	0,027	0,009	0,008
5	0,027	0,011	0,000	0,034	0,000	0,007
6	0,024	0,007	0,005	0,036	0,000	0,000
7	0,034	0,012	0,004	0,022	0,019	0,000

Continuación de la tabla III.

8	0,036	0,018	0,003	0,001	0,018	0,000
9	0,031	0,014	0,000	0,046	0,000	0,000
10	0,026	0,009	0,000	0,05	0,000	0,031
11	0,028	0,013	0,000	0,029	0,000	0,038
12	0,026	0,017	0,000	0,006	0,022	0,013
13	0,026	0,011	0,008	0,023	0,010	0,013
14	0,024	0,011	0,000	0,026	0,000	0,000
15	0,029	0,005	0,000	0,025	0,000	0,000
16	0,025	0,027	0,000	0,031	0,000	0,002
17	0,025	0,009	0,000	0,032	0,001	0,007
18	0,040	0,018	0,000	0,027	0,000	0,025
19	0,024	0,008	0,005	0,034	0,002	0,000
20	0,029	0,024	0,000	0,036	0,003	0,000
21	0,042	0,026	0,000	0,009	0,001	0,015
22	0,037	0,022	0,010	0,006	0,002	0,000
23	0,034	0,014	0,000	0,056	0,000	0,000
24	0,027	0,006	0,007	0,010	0,000	0,011
25	0,031	0,010	0,000	0,018	0,003	0,016
26	0,023	0,011	0,000	0,009	0,004	0,025
27	0,038	0,022	0,008	0,006	0,013	0,018
28	0,032	0,014	0,000	0,010	0,000	0,000
29	0,026	0,006	0,000	0,006	0,000	0,000
30	0,032	0,010	0,004	0,004	0,000	0,008
31	0,024	0,006	0,000	0,001	0,028	0,004
32	0,027	0,010	0,000	0,006	0,000	0,014
33	0,024	0,024	0,010	0,006	0,035	0,012
34	0,020	0,025	0,000	0,011	0,036	0,000

Continuación de la tabla III.

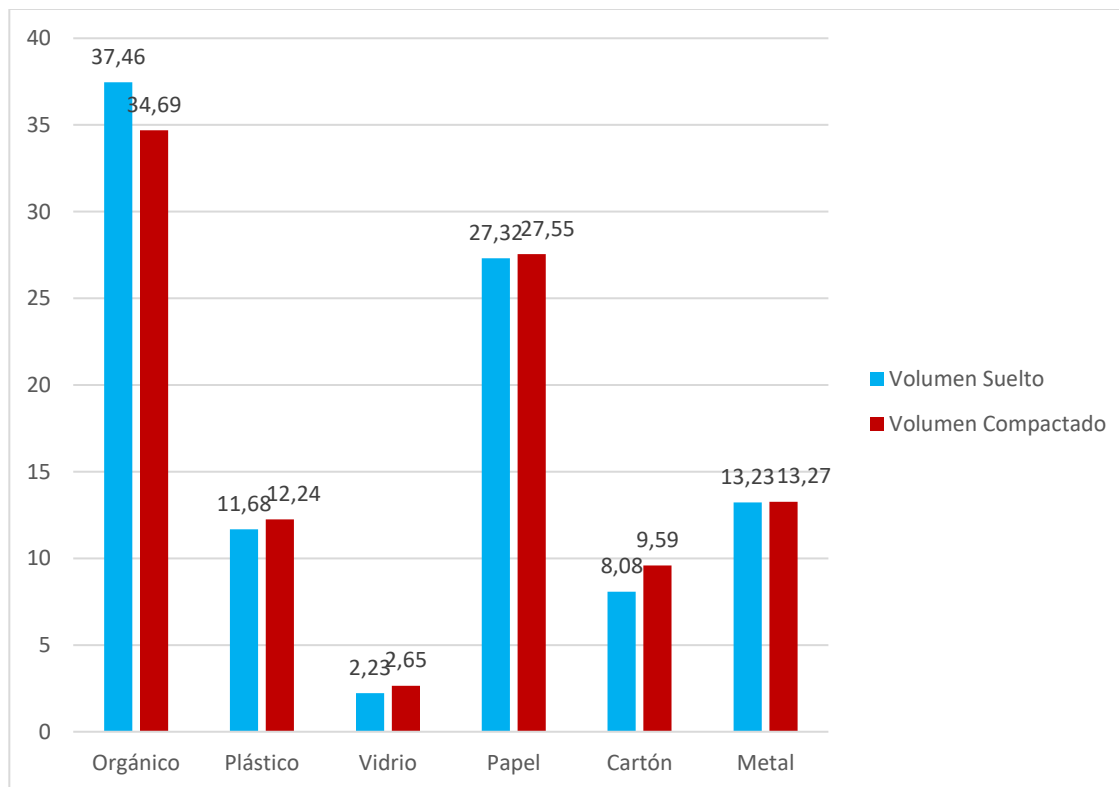
35	0,025	0,018	0,000	0,008	0,038	0,000
36	0,026	0,031	0,013	0,042	0,014	0,021
37	0,023	0,011	0,000	0,016	0,014	0,007
38	0,027	0,008	0,000	0,011	0,000	0,001
39	0,026	0,006	0,000	0,016	0,000	0,033
40	0,030	0,002	0,007	0,018	0,000	0,000
41	0,027	0,001	0,000	0,006	0,000	0,000
42	0,028	0,014	0,004	0,009	0,021	0,007
43	0,030	0,011	0,000	0,052	0,000	0,011
44	0,038	0,002	0,000	0,008	0,010	0,013
45	0,027	0,004	0,000	0,011	0,000	0,012
46	0,040	0,001	0,007	0,057	0,000	0,004
47	0,027	0,003	0,000	0,004	0,000	0,019
48	0,032	0,001	0,000	0,016	0,000	0,205
49	0,024	0,005	0,000	0,019	0,000	0,000
50	0,027	0,004	0,008	0,055	0,000	0,000
51	0,026	0,001	0,000	0,016	0,000	0,001
52	0,023	0,002	0,000	0,034	0,013	0,003
53	0,027	0,001	0,009	0,022	0,012	0,000
54	0,026	0,002	0,005	0,024	0,000	0,000
55	0,021	0,001	0,000	0,017	0,000	0,000
56	0,025	0,003	0,000	0,055	0,000	0,000
57	0,035	0,002	0,000	0,016	0,009	0,010
58	0,018	0,001	0,000	0,034	0,000	0,017
59	0,024	0,001	0,004	0,022	0,000	0,018
60	0,026	0,002	0,000	0,024	0,006	0,000

Continuación de la tabla III.

61	0,023	0,001	0,000	0,017	0,000	0,005
Total	1,694	0,604	0,128	1,341	0,427	0,652

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Gráfica de volumen suelto y compactado de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas**



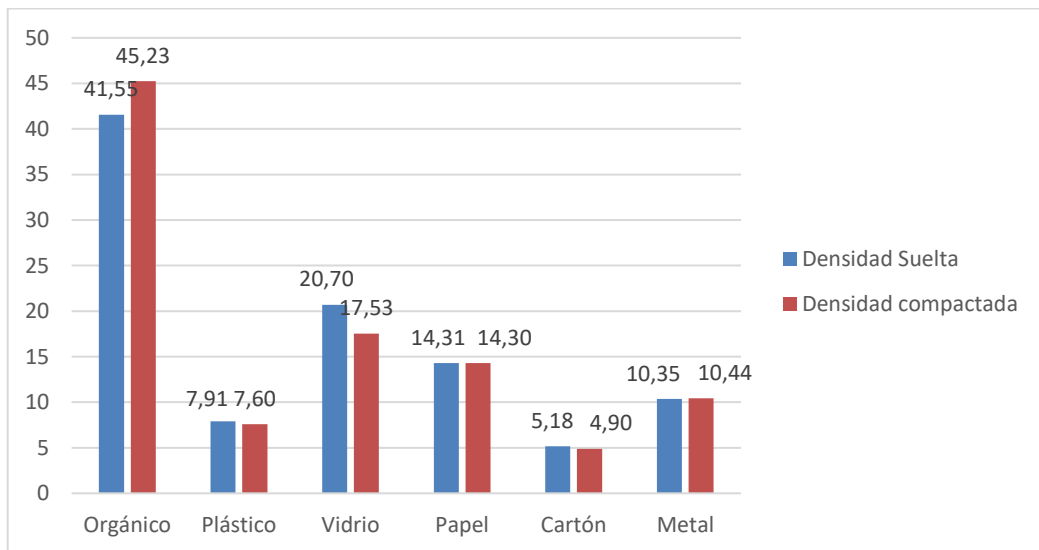
Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Densidad suelta y compactada de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas**

Desecho sólido	Densidad suelta		Densidad compactada	
	Kg/m ³	%	Kg/m ³	%
Orgánico	273,00	41,55	351,00	45,23
Plástico	52,00	7,91	59,00	7,60
Vidrio	136,00	20,70	136,00	17,53
Papel	94,00	14,31	111,00	14,30
Cartón	34,00	5,18	38,00	4,90
Metal	68,00	10,35	81,00	10,44

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Gráfica de densidad suelta y compactada de los desechos sólidos en las viviendas muestreadas**



Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Producción *per cápita* de desechos sólidos en la zona 2 de Chimaltenango**

Producción <i>per cápita</i> [kg/hab/día]
0,42

Fuente: elaboración propia.

3.1. Plan de manejo ambiental de los desechos sólidos en la zona 2 de Chimaltenango

Para un adecuado manejo de la gestión de desechos sólidos, se deben erradicar los problemas y causas que no permiten que esto se lleve a cabo, tales como los malos hábitos de las personas que residen en el lugar. Para la reducción de estos existen cuatro técnicas, las cuales se han detallado a lo largo de este trabajo de graduación, siendo: reciclaje, compostaje, reducción y reutilización. El manejo adecuado de los desechos sólidos es de suma importancia para la salud de todos los seres vivos.

3.1.1. Reducción

La primera técnica de suma importancia en el manejo de los desechos sólidos es la reducción, técnica que consiste en minimizar la producción de desechos, ya que con esto será menor el espacio que se necesita en los rellenos sanitarios y con ello se minimiza la creación de basureros clandestinos, ya que los lugares adecuados se darán abasto para la cantidad de residuos generados por la población en estudio. En la zona 2 de Chimaltenango, a través de las encuestas, se concientizó a la población para implementar esta técnica en sus viviendas.

La reducción con el tiempo se ha convertido en una de las técnicas más populares a nivel nacional, una de las acciones que fomenta la implementación de esta técnica es la utilización de bolsas de tela, en lugar de bolsas plásticas. Existen otras acciones con las cuales está siendo implementada:

- El uso de desechables en algunas áreas es prohibido.
- Producción de productos con menos empaque, o empaques amigables con el medio ambiente.
- El uso de implementos reutilizables.
- Ocupar todo el espacio de las hojas de papel.

De las acciones mencionadas con anterioridad, el uso de desechables no es aplicado al 100 % en el lugar, debido a la existencia de muchos puestos de comida, en los cuales se imposibilita el uso de utensilios reutilizables, y debido a la presencia de la pandemia en el año 2020, a partir de la cual es más seguro consumir en desechables para evitar la propagación del virus.

3.1.2. Reutilización

La reutilización es la técnica que consiste en prolongar la vida útil de los desechos sólidos, a través de actividades o procesos para darles el mismo uso que tuvieron por primera vez o uno distinto, modificándolo. Un claro ejemplo de esta técnica es darles utilidad a artículos que para una persona ya no la tienen, como es el caso de la ropa o zapatos.

En la zona 2 del municipio de Chimaltenango la población utiliza esta técnica en la ropa y zapatos en su mayoría, sin embargo, también es aplicada en crear decoración o utensilios con materiales que perdieron su utilidad inicial.

3.1.3. Reciclaje

A pesar de que el reciclaje es una de las técnicas más conocidas y aplicadas a nivel mundial, el 63 % de la población la conoce y aplica en sus viviendas de diversas maneras. Es el proceso mediante el cual se aprovechan o transforman los materiales reincorporándolos como materia prima. En muchos de los colegios del área fomentan el reciclaje en la cultura de los niños, quienes son los que transmiten esta información en sus hogares.

El reciclaje comienza desde el hogar, clasificando los desechos sólidos en recipientes identificados para luego ser trasladados a un centro de acopio especializado. Esta acción contribuye a disminuir el depósito de desechos en el basurero clandestino que es utilizado en el municipio de Chimaltenango, el cual se encuentra en la zona 6 del mismo.

Los residuos más reciclados por el municipio son el metal y el papel, según las encuestas realizadas al campo muestral, y esto es debido a que la población percibe un ingreso económico en el reciclaje de ellos, además que es fácil su recopilación en casa y entrega en centros de acopio.

3.1.4. Compostaje

El 53 % de la población del campo muestral conoce y practica el compostaje, que, como se ha mencionado con anterioridad, es el reciclaje del material orgánico con el fin de convertirlo en abono, que es de gran beneficio para la vegetación para así reducir el uso de químicos. A pesar de ello es una de las acciones menos conocidas y aplicadas por la población, debido a que deben dedicarle mucho tiempo y tener un espacio especial en sus viviendas para ejecutar dicha acción de la mejor manera posible.

Si la población pusiera en práctica con más frecuencia esta actividad obtendría las siguientes ventajas:

- Mejora de la sanidad.
- Disminuye el uso de químicos y mejora el crecimiento de la vegetación.
- Favorece la lucha contra el cambio climático, ya que evita la contaminación del ambiente.
- Reduce de una manera muy significativa la cantidad de residuos sólidos, ya que el material orgánico es el que más se produce en una vivienda y a su vez ocupa un mayor volumen y peso.

3.1.4.1. Cuidados para la elaboración del compostaje en casa

En la elaboración del compostaje se deben tomar en cuenta cinco factores para su correcta elaboración:

- Espacio: puede ser realizado directamente en el suelo si se tiene el espacio, de lo contrario es mediante el uso de pilas estáticas. Lo más importante del espacio es que debe ser de 1 metro cuadrado, que esté libre de lluvias y viento.
- Aireación: el material se debe voltear y revolver periódicamente con el fin de suministrar oxígeno, el cual se recomienda realizar cada 12 a 15 días.
- Oxígeno: en la fase inicial el oxígeno es de suma importancia para el crecimiento de la actividad microbiana, por lo cual el proceso de aireación debe ser realizado y en menos tiempo del indicado, con el paso del tiempo disminuye la necesidad de oxígeno al llegar a la estabilización.

- Humedad: este parámetro debe encontrarse entre el 50 % y el 70 %, ya que si este es mayor dificulta el oxígeno en el compost y si es menor provoca mal olor.
- Temperatura: es de suma importancia conservar temperaturas altas en el rango de 50 °C a 60 °C, con el fin de aumentar la actividad microbiana para aumentar su descomposición.

3.1.4.2. Elaboración de compostaje

El proceso de compostaje es bastante sencillo, lo puede realizar cualquier persona en su vivienda, pero requiere de tiempo. Los residuos sólidos deben someterse a tamizado, trituración y fermentación en presencia de aire.

Existen dos tipos de residuos orgánicos: secos y húmedos. Como primera acción deben ser clasificados y separados en estos dos grupos, dentro de los secos se encuentran las hojas secas y residuos de madera, mientras que los húmedos pueden ser frutas, vegetales o estiércol de animales herbívoros. Luego de ser separados se deben colocar en el mismo espacio distribuidos de la siguiente manera: dos capas de desechos secos por cada capa de húmedos, y con el fin de evitar la propagación de malos olores la última capa debe ser de secos.

Tal y como se indicó anteriormente, se deben revolver los desechos periódicamente para el proceso de aireación y así contribuir a la descomposición, siempre procurando conservar la temperatura, de preferencia en 70 °C. La forma de reconocer que se está produciendo el proceso es que los desechos van reduciéndose, lo cual toma un tiempo de entre 6 y 8 meses, hasta obtener un color marrón o negro sin presencia de gusanos o agua.

3.2. Necesidad de un relleno sanitario en el municipio de Chimaltenango

El municipio de Chimaltenango no cuenta con un relleno sanitario o un basurero adecuado para el depósito de los residuos sólidos, únicamente cuenta con un basurero clandestino que está ubicado en la zona 6, el cual se encuentra en un barranco, aquí son depositados todos los desechos de todo el municipio, excepto por aquellas personas que no pagan por el servicio de recolección de basura y la queman en sus viviendas. Este basurero clandestino no se encuentra cerca de cuerpos de agua, pero sí se encuentra cerca de la población, provocando malos olores o posibles enfermedades debido a los vectores sanitarios que pueden sobrevivir en el basurero.

Por los argumentos mencionados, se pudo observar que es de suma importancia realizar un plan de gestión ambiental, con el fin de mejorar el manejo de los desechos sólidos y proponer un relleno sanitario en el municipio, para mejorar las condiciones de vida de la población.

Figura 30. **Exploración y ubicación de basurero clandestino actual**



Fuente: elaboración propia.

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Según el análisis de las encuestas realizadas en las 61 viviendas muestreadas en la zona 2 de Chimaltenango, estos datos se solicitaron para definir factores que permitan determinar la cantidad y tipo de desechos sólidos generados, el manejo que se tiene de estos actualmente y la producción *per cápita*. Todos los datos se encuentran entre los parámetros, según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en la *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes*.

En términos demográficos, se determinó que el 68 % de las viviendas muestreadas son habitadas por entre 3 a 5 personas, 17 % son habitadas por entre 6 a 8 personas, 12 % son habitadas por entre 1 a 2 personas, 2 % son habitadas por entre 9 a 10 personas y 1 % son habitadas por más de 10 personas. Así se determinó también el nivel económico de las viviendas muestreadas, que fue 63 % de nivel medio, 18 % de nivel medio bajo, 16 % de medio alto, 2 % de bajo y 1% de alto.

En términos de generación y manejo de desechos sólidos en la zona de estudio, se determinó que el 97 % de la población muestreada posee el servicio de recolección de desechos sólidos y que el 94 % de la población paga por el servicio de recolección de desechos sólidos. Esto indica que la mayoría de los desechos sólidos generados en la zona son trasladados a algún vertedero o relleno sanitario controlado y no terminan en basureros clandestinos, pero que se debe tener especial atención sobre dónde dejan sus desechos las personas que se encuentran en el 3 % de población que cuenta con servicio de recolección y el 6 % que no paga por el mismo.

Así mismo, se evaluó el servicio de recolección de desechos sólidos, definiendo que el 79 % de la población muestreada opina que es bueno, 15 % que es regular, 4 % que es malo y el 2 % restante no dio opinión. También se determinó la cantidad de días que este servicio recolecta los desechos sólidos por vivienda muestreada, que fue 83 % de 1 a 2 días, 13 % de 3 a 4 días y 4 % ningún día. Esto contribuye al análisis del manejo de los desechos sólidos, debido a que si no se cuenta con un buen servicio de recolección de desechos sólidos y una regularidad en el servicio, se genera la oportunidad de que se incremente la problemática de los basureros clandestinos.

En términos de caracterización de desechos sólidos, se determinó que el 63 % de las viviendas muestreadas practican el reciclaje, esto con el fin de recibir una remuneración económica por los materiales con algún tipo de valor económico significativo, y se determinó que el 53 % de las viviendas muestreadas practican el compostaje, a pesar de que no es una práctica muy común o conocida por la población. Además se definió la clasificación de los materiales de compostaje, dando que el 23 % fue metal, 22 % papel, 18 % cartón, 13 % plásticos, 11 % vidrio, 8 % otros y 5 % orgánico, esto muy relacionado al consumo de recursos en viviendas de nivel económico medio o medio alto.

Como parte del estudio de la categorización de los desechos sólidos de la zona 2 del municipio de Chimaltengo, se determinó que el peso total de los desechos sólidos muestreados fue de 865,53 kg, los cuales se dividen en 68,83 % de orgánicos, 17,21 % de papel, 6,09 % de metal, 3,98 % de plásticos, 2,03 % de vidrio y 1,86 % de cartón. Según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en la *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes*, los datos obtenidos durante la caracterización están de acuerdo con la composición general de los residuos y desechos sólidos comunes en Guatemala.

Se determinaron las densidades sueltas y compactadas, con el fin de aportar datos para el futuro diseño de un área adecuada para la disposición final de los desechos sólidos de la zona 2 de Chimaltenango. Estas densidades definen el tiempo de compactación y dimensiones necesarias que ocupará el espacio para el manejo de los desechos sólidos.

Se determinó que la producción *per cápita* de desechos sólidos en las viviendas muestreadas en la zona 2 de Chimaltenango fue de 0,42 kg/hab/día de desechos sólidos comunes. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en la *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes*, estima que el valor de la producción *per cápita* a nivel nacional es de 0,519 kg/hab/día, el dato obtenido es correcto debido a que es menor que el valor de producción a nivel nacional.

Con los resultados obtenidos en la caracterización se procedió al desarrollo de la propuesta de un plan de manejo ambiental de los desechos sólidos en la zona 2 de Chimaltenango, tomando como referencia los parámetros del *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Iztapa, Chimaltenango*, de Jennifer Arenales.

En este diseño se definieron las acciones que se deben tomar para prevenir y mitigar los impactos negativos al ambiente por los desechos sólidos comunes, buscando el adecuado manejo de los desechos sólidos y la prevención de la creación de basureros clandestinos.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que el campo muestral en la zona dos del municipio de Chimaltenango, por medio del método del Dr. Kunitoshi Sakurai, fue de 61 viviendas. Se recolectaron los desechos del campo muestral y se realizaron las encuestas para concientizar a la población para que aplicara en su diario vivir las técnicas del reciclaje, reutilización, reducción y compostaje, ya que es para el bien de ellos mismos.
2. Se caracterizaron los desechos sólidos de las viviendas muestreadas, fueron en total 865,63 kilogramos, cuantificados y clasificados, se obtuvo que la producción *per cápita* es de 0,42 kg/hab/día, lo cual indica que se encuentra en el promedio de producción *per cápita* del país según datos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de 2018.
3. Se indagó que la disposición actual de los desechos sólidos es en un basurero municipal, que es del tipo clandestino, ubicado en la zona 6 del municipio de Chimaltenango, cerca de muchas viviendas y de un barranco.
4. Se realizó un plan de manejo ambiental de desechos sólidos para dejar una base e investigación previa, para que en un futuro se realice un seguimiento y aplicación del plan de manejo para esta zona, y luego en el resto del municipio, para así implementar un relleno sanitario para el beneficio de la población.

RECOMENDACIONES

1. Informar a la población acerca de la clasificación de los residuos sólidos y las técnicas para la disminución de estos en el servicio de recolección de basura, tales como el reciclaje, reducción y reutilización.
2. Elaborar un plan para el manejo integral de los residuos sólidos que sea del conocimiento de todos los habitantes del municipio, para evitar el crecimiento del daño hacia el medio ambiente y los seres vivos que se encuentran alrededor.
3. Realizar programas y talleres informativos de la universidad, en conjunto con la municipalidad, para todas las edades y en lugares de fácil acceso para la población, acerca del cuidado ambiental, sus beneficios y aplicación en los centros educativos y viviendas.
4. Proporcionar basureros identificados con diferentes colores y rótulos para inculcar a la población a que realice lo mismo en sus hogares y así facilitar la recolección de los residuos en los centros de acopio.
5. Tener un mejor control de los botaderos municipales y de las personas que utilizan o no el sistema de recolección de basura, para evitar que la contaminación al medio ambiente sea mayor y así llevar un mejor manejo de los residuos sólidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acuerdo Gubernativo No. 281-2015. *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes*. Ciudad de Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2018. 16 p.
2. Acuerdo Gubernativo No. 509-2001. *Política nacional para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*. Ciudad de Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2001. 12 p.
3. Acuerdo Gubernativo No. 111-2005. *Política nacional para el manejo integral de los residuos y desechos sólidos*. Ciudad de Guatemala: Organismo Ejecutivo de la República de Guatemala, 2005. 28 p.
4. Acuerdo Gubernativo No. 281-2015. *Política nacional para la gestión integral de residuos y desechos sólidos*. Ciudad de Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015. 2 p.
5. Acuerdo Gubernativo No. 23-2003. *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental*. Ciudad de Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2003. 22 p.
6. ANDRÉS BLANCO, Teresa. *Descubre cuál es el proceso de reciclaje de vidrio*. [en línea]. <<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/descubre-cual-es-el-proceso-de-reciclaje-del-vidrio/>>. [Consulta: 11 de febrero de 2020].

7. ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Vilas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 55 p.
8. ARENALES ZAMORA, Jennifer Waleska. *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 131 p.
9. ARZÚ PAREDES, Otto René. *Estudio de mercado de la zanahoria (Daucus carota L.) en el municipio de Chimaltenango; Chimaltenango, Guatemala*. Trabajo de graduación de Agronomía. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 2013. 113 p.
10. BEMBIBRE, Cecilia. *Definición de desechos sólidos. Definición ABC*. [en línea]. Actualizada: 10 de febrero 2011. <<http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/desechos-solidos.php>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2018].
11. BUSTOS FLORES, Carlos. *La problemática de los desechos sólidos*. [en línea]. Actualizada: junio 2009. <<chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.redalyc.org%2Fpdf%2F1956%2F195614958006.pdf&clen=296271>>. [Consulta: 24 de enero de 2022].

12. CABALLERO, Jordi; RODICIO, Cristian. *Diseño y lanzamiento al mercado de Giffoy*. Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña. 2009. 11 p.
13. CANTANHEDE, Álvaro; SANDOVAL, Leandro. *Rellenos sanitarios manuales*. [en línea]. <<https://1library.co/document/yjr9oemz-rellenos-sanitarios-manuales-cantanhede-residuos-s%C3%B3lidos-sandoval-residuos.html>>. [Consulta: 14 de noviembre de 2018].
14. CASCO, Joaquín. *Compostaje*. Málaga: Mundi-Prensa, 2008. 570 p.
15. CEDILLO MARÍN, Ruth Elizabeth. *Optimización de la gestión de los residuos sólidos domiciliarios en el área del cantón La Mana, Provincia de Cotopaxi*. Proyecto de Investigación. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Ambientales. 2020. 104 p.
16. DÍAZ DE MORÁN, Gloria Argentina. *Monografía sobre Chimaltenango*. Trabajo de graduación maestría en Docencia Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades, 2005. 57 p.
17. DUARTE DÍAZ, Felipe Andrés. *Caracterización de los desechos sólidos del municipio de San Antonio La Paz, departamento de El Progreso y propuesta para relleno sanitario*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 143 p.

18. ENCURED. *Desechos industriales*. [en línea]. Actualizada: 25 de noviembre de 2013. <[http:// www.ecured.cu/Desechos_industriales #Residuos_agr.C3.ADcolas](http://www.ecured.cu/Desechos_industriales#Residuos_agr.C3.ADcolas)>. [Consulta: 13 de abril de 2020].
19. FRANCO TOBAR, Alejandra del Rosario. *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2019. 112 p.
20. FRAUME, Néstor. *Diccionario ambiental*. Bogotá: Editorial Ecoe Ediciones, 2007. 490 p.
21. EGUIZÁBAL LEÓN, Ana Rebeca. *Caracterización de desechos sólidos domiciliarios en colonia Los Naranjales, zona 4, municipio de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2017. 71 p.
22. GÁLVEZ CATALÁN, Javier Antonio. *Caracterización de residuos sólidos urbanos que producen los municipios de Santa Lucía Cotzumalguapa, La Democracia, Siquinalá y La Gomera, del departamento de Escuintla, y propuesta para su disposición final*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 138 p.
23. GARCÍA, Leonardo. *¿Cómo guardar los residuos peligrosos? Consultoría ambiental Leonardo*. [en línea]. <<https://www.leonardogr.com/es/blog/c-mo-guardar-los-residuos-peligrosos>>. [Consulta: 11 de abril de 2020].

24. GONZÁLEZ, Julián. *Residuos sólidos urbanos, módulo I: contaminación ambiental*. España: Escuela de Negocios, 2008. 105 p.
25. Instituto Nacional de Estadística. *Características de la población y de los locales de habitación censados*. Guatemala: UNFPA, 2003. 271 p.
26. _____. *Características generales de la población. Población total por grupos de edad. Datos del municipio de Chimaltenango, Chimaltenango. XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda*. [en línea]. <<https://www.censopoblacion.gt/graficas>>. [Consulta:11 de mayo de 2020]
27. JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Washington, DC.: Francisco Zepeda, 1991. 211 p.
28. LÓPEZ ORDOÑEZ, Carlos Fernando. *Evaluación de cuatro materiales genéticos de maíz (Zea mays L.), diagnóstico y servicios realizados en la Aldea Saquiya, Municipio de Patzún, Departamento de Chimaltenango, Guatemala, C.A.* Trabajo de graduación de Ing. Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 2017. 94 p.
29. MANTEROLA, Héctor. *Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiante*. Santiago: Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura, 1999. 221 p.
30. MEDRANO, Mónica. *Reciclado de vidrio, papel y plástico*. [en línea]. <<https://mgmgsite.wordpress.com/tercer-ano/bimestre->

3/tareas/reciclado-de-vidrio-papel-y-plastico/>. [Consulta: 11 de febrero de 2020].

31. MENDOZA, Colomer; GALLARDO, Francisco. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. México D.F.: Limusa, 2007. 319 p.
32. Organización Planética. *Clasificación de los residuos*. [en línea]. <<http://www.planetica.org/clasificacion-de-los-residuos>>. [Consulta: 11 de febrero de 2020].
33. OSORTO RAUDALES, Romel Josué. *Modelo de gestión integral de residuos sólidos en el área urbana del municipio de Santa Catarina Pinula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 159 p.
34. RONDÓN TORO, Estefani. *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Santiago, Chile: Organización de las Naciones Unidas, 2016. 211 p.
35. SAKURAI, Kunitoshi. *Hdt 17: método sencillo del análisis de residuos sólidos*. Japón: CEPIS/OPS. [en línea]. <<https://es.scribd.com/document/273750297/CEPIS-OPS-HDT-17-Metodo-sencillo-del-analisis-de-residuos-solidos-pdf>>. [Consulta: 11 de febrero de 2020].
36. SIMMONS, Charles. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Ciudad de Guatemala: José de Pinera Ibarra, 1986. 997 p.

37. TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel. *Gestión integral de residuos sólidos*. Madrid: McGraw-Hill, 1994. 454 p.
38. ULLCA, José. La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*. Universidad Politécnica Salesiana, 2006. 3 799 p.
39. UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública*. Ciudad de México: Unión Tipográfica, Editorial Hispanoamericana, 1969. 870 p.
40. VALVERDE, Xinia. *Efectos de los desechos sólidos*. [en línea]. <<https://sites.google.com/site/manejodedesechossolidosenbp/about-us>>. [Consulta: 11 de febrero de 2020].
41. ZAMORA ARENALES, Jennifer Waleska. *Plan de manejo ambiental de desechos sólidos del municipio de San Andrés Itzapa, Chimaltenango*. Trabajo de graduación de Maestría en Diseño, Planificación y Manejo Ambiental. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura. 2013. 143 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Visita y realización de encuestas en las viviendas seleccionadas para muestreo de la zona 2 de Chimaltenango**



Fuente: elaboración propia, agosto de 2020.

Apéndice 2. **Clasificación de desechos sólidos recolectados**



Fuente: elaboración propia, agosto de 2020.

Apéndice 3. **Pesaje de desechos sólidos recolectados**



Fuente: elaboración propia, agosto de 2020.

Apéndice 4. **Visita al basurero clandestino de Chimaltenango**



Fuente: elaboración propia, agosto de 2020.

Apéndice 5. **Encuesta realizada en las viviendas muestreadas de la zona 2 de Chimaltenango**

'CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA ZONA 2 DE CHIMALTENANGO, CHIMALTENANGO'

Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala

Encuestador: Pablo Girón

ENCUESTA

Vivienda No _____

1. Indique cuántas personas viven en su hogar _____
2. ¿Es propio o alquilado donde habita?
 Propio Alquilado
3. ¿En qué nivel socioeconómico se considera?
 Alta Media alta Media Media baja Baja
4. ¿Hace uso de un servicio de recolección de residuos sólidos (basura)?
 Sí No
5. ¿Paga por el servicio de recolección de basura? Sí No
6. ¿Cuántos días a la semana pasa el servicio de recolección de basura? _____
7. ¿Qué días de la semana pasa el servicio de recolección de basura?
 Lunes Jueves Domingo
 Martes Viernes Ninguno
 Miércoles Sábado

Continuación del anexo 1.

8. ¿En qué horario recibe el servicio de recolección de basura?
 5:00 – 8:00 8:00 – 11:00 11:00 – 13:00 13:00 en adelante
9. ¿Qué tan efectivo considera el servicio de recolección de basura?

Bueno Regular Malo

10. ¿Sabe cuál es el destino final de su basura? Sí No

11. ¿Cómo dispone de sus residuos sólidos? Puede marcar más de una opción

Enterrarlos Quemarlos Dejarla en terrenos baldíos Otros

12. ¿Conoce lo que es el reciclaje? Sí No

13. ¿Practica el reciclaje en su vivienda de alguna manera? Sí No

14. ¿Qué tipos de desechos sólidos clasifica?

Metal Papel Ninguno

Plástico Cartón

Vidrio Orgánicos

15. ¿Sabe qué es el compostaje? Sí No

¡Gracias por responder!

Fuente: elaboración propia

