

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS



**“TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS COMO ALTERNATIVA PARA REDUCIR
LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA,
DEPARTAMENTO DE JUTIAPA”**

Autor: Lic. Oscar Armando Argueta Blas

Guatemala, febrero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS



**“TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS COMO ALTERNATIVA PARA REDUCIR
LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA,
DEPARTAMENTO DE JUTIAPA”**

Informe final de tesis para la obtención del Grado de Maestro en Ciencias, con base en el Normativo de Tesis aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, en el punto séptimo inciso 7.2 del acta 5-2005 de la sesión celebrada el veintidós de febrero de 2005, actualizado y aprobado por Junta Directiva en el numeral 6.1 punto SEXTO del acta 15-2009 de la sesión celebrada 14 de julio de 2009.

Asesor: Ing. MSc. Raúl Eduardo Ovando Jurado

Autor: Lic. Oscar Armando Argueta Blas

Guatemala, febrero de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano:	Lic. Luis Antonio Suárez Roldán
Secretario:	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
Vocal I	Dr. Byron Giovanni Mejía Victorio
Vocal II	MSc. Haydeé Grajeda Medrano
Vocal III	Vacante
Vocal IV	PAE. Olga Daniela Letona Escobar
Vocal V	P.C. Henry Omar López Ramírez

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ
EL EXAMEN GENERAL DE TESIS SEGÚN
EL ACTA CORRESPONDIENTE

Presidente:	MSc. José Ramón Lam Ortiz
Secretario:	MSc. Aníbal Rogelio Sandoval Fabián
Examinador:	MSc. Rosa Ferdinanda Solís Monroy



J.D-TG. No. 114-2022
Guatemala, 07 de febrero del 2022

Estudiante
Oscar Armando Argueta Blas
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estudiante:

Para su conocimiento y efectos le transcribo el Punto sexto, inciso 6.1, subinciso 6.1.1 del Acta 01-2022, de la sesión celebrada por Junta Directiva el 27 de enero de 2022, que en su parte conducente dice:

"SEXTO: ASUNTOS ESTUDIANTILES

6.1 Graduaciones

6.1.1 Elaboración y Examen de Tesis

Se tiene a la vista la providencia de la Escuela de Administración de Empresas y los oficios de la Escuela de Estudios de Postgrado; en los que se informa que los estudiantes que se indican a continuación, aprobaron el Examen de Tesis, por lo que se trasladan las Actas del Jurado Examinador y los expedientes académicos.

Junta Directiva acuerda: 1º. Aprobar las Actas de los Jurados Examinadores de Tesis. 2º. Autorizar la impresión de tesis y la graduación a los siguientes estudiantes:

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Solicitudes de Impresión 2022, Maestrías en Ciencias, plan normal
Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos

...

	Nombre	Registro Académico	Título de Tesis
Ref. 05- 2022	<u>Oscar Armando Argueta Blas</u>	<u>1697167162205</u>	TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS COMO ALTERNATIVA PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA

...

3º. Manifiestar a los estudiantes que se les fija un plazo de seis meses para su graduación.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALE
SECRETARIO



ACTA/EP No. **05341**

ACTA No.FP-JN-14-2021

De acuerdo al estado de emergencia nacional decretado por el Gobierno de la República de Guatemala y a las resoluciones del Consejo Superior Universitario, que obligaron a la suspensión de actividades académicas y administrativas presenciales en el campus central de la Universidad, ante tal situación la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas, debió incorporar tecnología virtual para atender la demanda de necesidades del sector estudiantil, en esta oportunidad nos reunimos de forma virtual los infrascriptos miembros del Jurado Examinador, el **4 de octubre** de 2021, a las **18:00** horas para practicar el **EXAMEN GENERAL DE TESIS** del Licenciado **Oscar Armando Argueta Blas**, carné No. **1697167162205**, estudiante de la Maestría en Formulación Evaluación de Proyectos de la Escuela de Estudios de Postgrado, como requisito para optar al grado de Maestro en Formulación Evaluación de Proyectos. El examen se realizó de acuerdo con el Instructivo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, el 15 de octubre de 2015, según Numeral 7.8 Punto SÉPTIMO del Acta No. 26-2015 y ratificado por el Consejo Directivo del Sistema de Estudios de Postgrado -SEP- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, según Punto 4.2, subincisos 4.2.1 y 4.2.2 del Acta 14-2018 de fecha 14 de agosto de 2018.-----

Cada examinador evaluó de manera oral los elementos técnico-formales y de contenido científico profesional del informe final presentado por el sustentante, denominado **"TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS COMO ALTERNATIVA PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA"**, dejando constancia de lo actuado en las hojas de factores de evaluación proporcionadas por la Escuela. El examen fue **APROBADO** con una nota promedio de **70** puntos, obtenida de las calificaciones asignadas por cada integrante del jurado examinador. El Tribunal hace las siguientes recomendaciones: Que el sustentante incorpore las enmiendas señaladas dentro de los 30 días calendario.

En fe de lo cual firmamos la presente acta en la Ciudad de Guatemala, a los cuatro días del mes de octubre del año dos mil veintiuno.

MSc. José Ramón Lam Ortiz
Presidente

Msc. Anibal Rogelio Sandoval Fabian
Secretario



MSc. Rosa Ferdinanda Solís Monroy
Vocal I

Lic. Oscar Armando Argueta Blas
Postulante



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ACTA No. FP-JN-14-2021

ADENDUM

El infrascrito Presidente del Jurado Examinador CERTIFICA que el estudiante Oscar Armando Argueta Blas, incorporó los cambios y enmiendas sugeridas por cada miembro examinador del Jurado.

Guatemala, 3 de noviembre de 2021.

(f) **MSc. José Ramón Lam Ortiz**
 Presidente



Msc. Rosa Fernanda Solís Morán
 Vocal I



Msc. Aníbal Fariñas Sandoval Fariñas
 Secretario

Lc. Oscar Armando Argueta Blas
 Postulante

DEDICATORIA

- A DIOS:** Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, permitiéndome llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Por enseñarme el camino correcto de la vida guiándome y fortaleciéndome cada día.
- A MIS PADRES:** Hugo Armando y María Luisa, por su amor, dedicación, apoyo incondicional y por haberme forjado como la persona que soy. Gracias por creer en mis expectativas y motivarme a alcanzar cada meta en mi vida. Mis logros se los debo a ustedes.
- A MIS HERMANAS:** Mariela Nineth y Ana Gabriela, con todo mi cariño y amor porque ustedes han sido un pilar en mi vida para que yo pudiera lograr mis sueños. Gracias por estar conmigo y apoyarme siempre.
- A MIS HERMANOS:** Hugo Leonel y Selvyn Manolo, por su cariño y estar siempre presentes acompañándome a lo largo de cada etapa de mi vida. Gracias por darme ánimos para continuar hacia la meta.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
INTRODUCCIÓN.....	v
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Desechos sólidos a nivel mundial	1
1.2. Desechos sólidos en Guatemala	4
1.3. Desechos sólidos en Asunción Mita.....	8
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Municipio y gobierno municipal	11
2.2. Economía lineal y circular	15
2.3. Desechos sólidos.....	23
2.4. Gestión integral de desechos sólidos.....	30
2.5. Tratamiento de desechos sólidos	34
3. METODOLOGÍA	39
3.1. Definición del problema.....	39
3.2. Objetivos de la investigación.....	41
3.3. Hipótesis	42
3.4. Análisis del problema	43
3.5. Método científico.....	51
3.6. Técnicas de investigación utilizadas	52
3.7. Universo y muestra	53
3.8. Procedimiento metodológico.....	54
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	56
4.1. Manejo de desechos en hogares y gestión municipal en Asunción Mita	56
4.2. Estudio de mercado	70

4.3. Estudio técnico.....	78
4.4. Estudio administrativo	124
4.5. Análisis ambiental	135
4.6. Estudio financiero	139
4.7. Análisis económico social	167
CONCLUSIONES.....	171
RECOMENDACIONES	173
FUENTES.....	175
ÍNDICE DE TABLAS.....	182
ÍNDICE DE FIGURAS	184
ANEXOS.....	187

RESUMEN

La presente investigación denominada Tratamiento de desechos sólidos como alternativa para reducir la contaminación ambiental en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa; plantea una propuesta para afrontar la problemática causada por los desechos en este municipio.

Utilizando la metodología del árbol de problemas se determinó que el problema central es “Aumento de la contaminación ambiental por el incremento en la cantidad de desechos sólidos que llegan al vertedero municipal en detrimento del bienestar de los habitantes del municipio de Asunción Mita del departamento de Jutiapa”.

A través del análisis de causas y efectos, medios y fines se plantearon las siguientes alternativas de solución: a) Formulación de una normativa municipal que promueva el manejo adecuado de los desechos sólidos; b) Educación ambiental para los habitantes del municipio y c) Planta de tratamiento de desechos sólidos.

Estas alternativas son complementarias entre sí y en conjunto permitirán mejorar la calidad del medio ambiente y de la salud de la población del municipio. Sin embargo, la propuesta descrita en este informe se centrará en el tratamiento de los desechos sólidos, que complementa el servicio de manejo de desechos sólidos que actualmente se brinda en el municipio.

Para poder determinar la cantidad de desechos sólidos generados en el municipio se utilizó la metodología diseñada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para la caracterización de los desechos sólidos. Dicha metodología consiste en obtener de una muestra de desechos generados diariamente en los hogares, para determinar la producción per cápita y con esto proyectar la generación futura de desechos. Por otro lado, se procedió a determinar la composición física de los desechos a través del método de cuarteo, con el propósito de clasificar los desechos en orgánicos, papel/cartón, plásticos, vidrio, metal, latas, desechos sanitarios, desechos peligrosos y otros.

De acuerdo con el XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda, en el año 2018 Asunción Mita tenía una población de 48,297 habitantes. Según estimaciones del Instituto Nacional de Estadística, para el año 2021 el municipio cuenta con una población estimada de 49,054 habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 0.52% anual. La

producción per cápita de desechos es de 0.31 kg/día, lo cual permite estimar que para los próximos diez años se generará entre 5,564.03 y 5,829.99 toneladas anuales; de las cuales el 52% son orgánicos y 48% de material inorgánico (vidrio, papel y cartón, latas, plástico, metales y otros).

La planta de tratamiento tendrá la capacidad de recibir y clasificar 22.42 toneladas diarias y estará ubicada a 2.1 kilómetros hacia el occidente del casco urbano de la cabecera municipal, a 602 metros del desvío que conduce hacia la finca El Salitre; donde se encuentra un terreno con un área de 11,100 metros cuadrados.

Para realizar un adecuado tratamiento de los desechos, se consideró un proceso que involucra aspectos como la clasificación de los desechos en orgánicos e inorgánicos, producción de abono a través de la descomposición de la materia orgánica y la intervención de lombrices, el acondicionamiento de material para reciclaje a partir de los desechos inorgánicos recuperables y el vertido de aquellos materiales inorgánicos que no pueden reciclarse.

Los productos resultantes de dicho proceso serán: abono y fertilizante orgánicos los cuales proveerán de nutrientes a los suelos, aumentando su fertilidad; materiales clasificados (papel, vidrio, latas, plástico y metal) listos para su reciclaje y lombrices para la propia producción de abono.

La planta de tratamiento permitirá aprovechar al máximo lo que otros consideran basura y que en lugar de ser eliminado completamente será procesado para asegurar la reincorporación de los desechos a otros procesos productivos, la sostenibilidad de dicha propuesta al mismo tiempo que se mejora la calidad de vida de la población. Para realizar esta labor se contará con maquinaria, equipo, instalaciones y servicios para las diferentes áreas de trabajo.

Se consideró una estructura organizacional que contempla al personal necesario para el buen funcionamiento de la planta. Se definen los perfiles y habilidades de cada uno de los individuos que integran dicha estructura y se presenta la planilla de salarios para la planta.

La planta de tratamiento se podrá constituir como una Empresa Municipal, permitiendo incrementar los ingresos propios del municipio. Esto deberá ejecutarse con base a los

decretos y acuerdos para la protección y mejoramiento del medio ambiente, el Código de Salud, el Código Municipal, Código de Trabajo, Ley del Servicio Municipal, entre otras normativas.

Ambientalmente, esta propuesta es una medida de mitigación al problema de los desechos sólidos, sin embargo, generará sus propios impactos. La mayor incidencia de los efectos ocurriría en la fase de construcción, donde se afectará la topografía natural del lugar, habrá pérdida de flora, migración de fauna y la atmósfera se verá afectada por las actividades de construcción.

Durante la fase de operación, los impactos por las actividades diarias ocurrirán principalmente en la atmósfera por olores, gases y ruidos, producto de las labores de producción; asimismo, los hogares cercanos se verán afectados por el ruido y polvo en suspensión ocasionado por el tráfico diario de los camiones recolectores.

La fase de abandono contempla el mantenimiento de las instalaciones y equipo para evitar su deterioro. Para cada fase, se plantearon las medidas de mitigación para los posibles impactos negativos que puedan generarse.

En cuanto a los aspectos financieros, se consideraron los rubros importantes para determinar la viabilidad financiera de la propuesta al momento de la toma de decisiones. La inversión inicial está integrada por la construcción de instalaciones, la compra de maquinaria y equipo necesarios, la lombriz coqueta roja, capital de trabajo, entre otros.

El análisis de costos y gastos de operación incluye mano de obra, insumos y materiales tanto para la producción como para la administración de la planta, entre otros rubros incluidos. El análisis de los ingresos proyectados contempla la venta de abono orgánico, fertilizante foliar, lombrices y material para reciclaje (papel/cartón, vidrio, plástico, latas y metal).

Todos estos factores se interrelacionaron para elaborar los flujos de efectivo y llevar a cabo la evaluación financiera. Por tanto, con una inversión inicial de Q 13,205,807.80 y una tasa de descuento de 12%, la propuesta de la planta de tratamiento genera un Valor Actual Neto de Q 11,871,854.75 y una Tasa Interna de Retorno de 31.37% la cual resulta mayor a la tasa de descuento utilizada. Además, se obtiene una Relación Beneficio Costo de 1.43, la cual al ser mayor que uno, indica que la inversión generaría ganancias al final

del período de evaluación de diez años. Asimismo, la inversión se recupera en tres años y once meses.

Dentro del análisis de sensibilidad se consideró aumentos escalonados de 10% en los costos y gastos de operación, así como disminuciones escalonadas de 5% en los ingresos. Dando como resultado que la propuesta es capaz de soportar hasta un aumento de 77.89% en costos/gastos y una disminución de 30.42% en ingresos, donde la tasa interna de retorno es de 12% (porcentaje igual a la tasa de descuento para la actualización de flujos), la inversión se recupera al finalizar los 10 años y no se obtienen ganancias durante dicho período. Un aumento o disminución superior a esos porcentajes daría como resultado indicadores negativos.

Esta propuesta se fundamenta en el concepto de Economía Circular, por lo que su implementación ofrecerá varios beneficios al municipio: la educación, la economía, la agricultura, el valor de las propiedades y sobre todo a la salud y al ambiente en el municipio; al mismo tiempo que se incorporan a nuevos procesos lo que muchos consideran basura.

En conclusión, la propuesta de la planta de tratamiento de desechos sólidos debe ser considerada por el gobierno municipal de Asunción Mita, no solo por los beneficios directos e indirectos, sino también por la necesidad de proteger los recursos municipales mediante inversiones de este tipo.

INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes, el hombre ha utilizado los recursos naturales para asegurar su supervivencia y crear objetos que le ayudaran a prosperar dentro de un medio difícil y hostil. Entre estos recursos, los más importantes eran alimentos y madera que, en las primeras épocas, generaban unos restos que se integraban fácilmente en el medio, por lo que su eliminación no planteaba un problema significativo, ya que la población era pequeña y la cantidad de espacio disponible para la asimilación de los desechos era grande. Sin embargo, la problemática comienza con el desarrollo de la sociedad moderna, no solo en el aspecto referido a la cantidad generada (dificilmente asimilable por la naturaleza), sino también por la calidad de los mismos.

El manejo inadecuado de los desechos sólidos es un problema serio que afecta directamente a la salud de los humanos, ya que su degradación en sitios no controlados ocasiona la proliferación de vectores causantes de distintos tipos de enfermedades. Además, los desechos causan malos olores, incendios, muerte de especies y deterioro del paisaje ya que contamina el suelo, el agua que se consume y el aire que se respira.

En el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa, la gestión de los desechos sólidos comprende la generación, disposición inicial, recolección/transporte y disposición final en un vertedero a cielo abierto.

El crecimiento demográfico del municipio ha sido sostenido durante los últimos años, por lo que cada día se produce mayor cantidad de desechos sólidos. Sin embargo, los desechos que llegan al vertedero no reciben un adecuado tratamiento provocando inconformidad en los habitantes, debido a que es un foco de contaminación que afecta tanto al medio ambiente como a la salud humana.

Asimismo, a pesar de ser un municipio en constante desarrollo y crecimiento, las políticas orientadas a gestionar de manera adecuada los desechos sólidos en presentan el mismo avance. Ya que, conforme avanza el tiempo, el manejo del área destinada para vertedero municipal se va volviendo más complicado, disminuyendo el espacio útil para verter desechos urbanos, pues colinda con otras propiedades privadas.

El aumento en la generación de desechos sólidos en el municipio, es producto de la poca cultura de la población en cuanto al manejo de los desechos sólidos, el desconocimiento sobre usos alternativos de los mismos, así como la ausencia de una normativa municipal para el manejo de los desechos sólidos aplicable a la industria, comercio, agricultura y servicios en la generación de desechos no biodegradables.

La orientación de la investigación se enmarcó en la hipótesis, como respuesta al problema, “El tratamiento de los desechos sólidos es una alternativa para reducir la contaminación ambiental en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa; permitiendo reducir el volumen y peso de los desechos que llegan al vertedero municipal, la recuperación de subproductos y su reincorporación a nuevos procesos productivos; lo que repercutirá en el mejoramiento de las condicionales ambientales y de salud en el municipio”.

Para afirmar o rechazar la misma, se propuso como objetivo general: Proponer un tratamiento de desechos sólidos como alternativa para reducir la contaminación ambiental en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa.

Los objetivos específicos de la investigación se orientaron en a) Analizar el manejo de los desechos sólidos en los hogares del municipio y la percepción de estos sobre la gestión municipal hacia los desechos; b) Establecer la demanda, oferta y precios del tratamiento de desechos sólidos; c) Determinar los aspectos técnicos que se deben considerar para la implementación de la propuesta; d) Definir la forma en que será gestionado el proyecto durante su etapa de funcionamiento; e) Identificar los posibles impactos ambientales que se produzcan y proponer las medidas de mitigación correspondientes; f) Sistematizar la información de carácter monetario definir la viabilidad financiera de la propuesta y g) Analizar la contribución que la implementación de la planta de tratamiento generará en el bienestar de la población del municipio

El presente informe consiste en la propuesta de tratamiento de desechos sólidos en Asunción Mita, que permita reducir la contaminación ambiental mediante la disminución en la cantidad de desechos sólidos que llegan al vertedero municipal en beneficio del bienestar de los habitantes del municipio. El informe está conformado por cuatro capítulos, los que se detallan a continuación:

En el Capítulo 1 se presentan los antecedentes del problema originado por los desechos sólidos; por tanto, se expone la situación de los desechos sólidos a nivel mundial, en Guatemala y en el municipio de Asunción Mita.

El Capítulo 2 expone el marco teórico y conceptual que fundamenta la investigación. Estas teorías están enmarcadas en conceptos como municipio y gobierno municipal, economía lineal y circular, desechos sólidos, gestión integral de desechos sólidos y tratamiento de desechos sólidos.

El Capítulo 3 contiene la metodología, que explica detalladamente qué y cómo se hizo para resolver el problema que dio origen a la investigación, definiendo el problema, los objetivos tanto general como los específicos, hipótesis, el método y las técnicas empleadas, así como el cálculo del tamaño de la muestra.

El Capítulo 4, incluye la discusión de los resultados obtenidos a través de la investigación de campo, así como la descripción de la propuesta para implementar una planta de tratamiento, que permita disminuir la contaminación ambiental y al mismo tiempo, completar la gestión integral de los desechos sólidos en Asunción Mita.

Seguidamente, se elaboraron las conclusiones sustentadas en los resultados de la investigación que validan la hipótesis planteada; así como las recomendaciones que se constituyen en importantes alcances dentro del presente trabajo de investigación y mediante el cual permite que se tome la decisión de la implementar la propuesta.

Por último, se enumeran las referencias que contiene la lista de documentos, libros, tesis y leyes que se consultaron como apoyo para la estructuración del trabajo. Y los anexos como soporte a la información brindada en el documento.

1. ANTECEDENTES

Constituyen el origen del trabajo realizado. Por tanto, se expone a continuación la situación de los desechos sólidos a nivel mundial, en Guatemala y Asunción Mita.

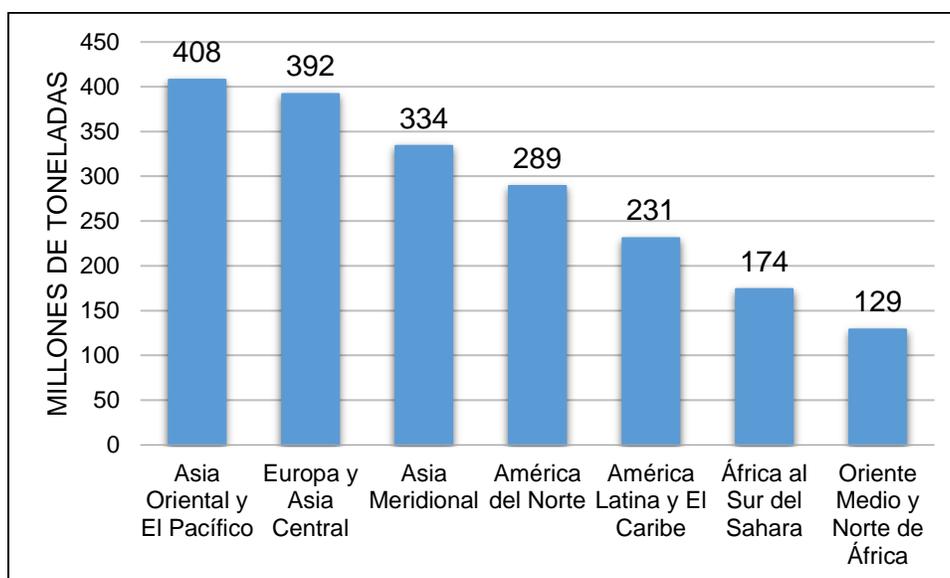
1.1. Desechos sólidos a nivel mundial

La gestión de los desechos sólidos es un problema universal que atañe a todo habitante del planeta. Factores como el crecimiento demográfico, la concentración de población en las zonas urbanas, el desarrollo ineficaz del sector industrial y/o empresarial, los cambios en patrones de consumo y las mejoras del nivel de vida, entre otros, han incrementado la generación de desechos sólidos en pueblos y ciudades.

“En el mundo se generan 2017 millones de toneladas de desechos anuales, y al menos 33% de ellos no son tratados” (Banco Mundial, 2018). La figura 1 muestra la cantidad de desechos sólidos generados a nivel mundial.

Figura 1

Generación de desechos a nivel mundial



Nota. Adaptado de *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. [Gráfica], Banco Mundial, 2018, (<https://cutt.ly/Tv6bgbU>).

Cada persona en América Latina y el Caribe genera casi 1 kilo de basura por día, unos 231 millones de toneladas de desechos anuales, de los cuales más de la mitad son alimentos. Aproximadamente un tercio de los desechos son materiales

secos reciclables (papel, cartón, vidrio y plástico, limpios y secos). (Banco Mundial, 2018)

Inundaciones, enfermedades, océanos contaminados son algunas de las muchas consecuencias por no tratar lo que se desperdicia. La basura no solo termina en grandes vertederos de mal olor, tiene un impacto devastador sobre el planeta y podría ser aún peor en el futuro.

Según el informe Los desechos 2.0: Un panorama mundial de la gestión de desechos sólidos hasta 2050, “si no se adoptan medidas urgentes, los desechos a nivel mundial crecerán hasta un 70% con respecto a los niveles actuales. Es decir, 3400 millones de toneladas para el año 2050” (Banco Mundial, 2019).

En dicho informe se subraya que la gestión de los desechos sólidos, a pesar de que constituye un elemento esencial de las ciudades sostenibles, sanas e inclusivas, suele pasarse por alto, sobre todo en los países de ingreso bajo.

En comparación a las tendencias mundiales, la cobertura de recolección de desechos es bastante alta para América Latina y el Caribe.

A nivel urbano, alrededor del 85% de los desechos se recolectan y la mayoría de los sistemas de recolección de desechos lo hacen puerta a puerta. En países como Uruguay o Colombia, la cobertura alcanza el 95% en sus ciudades. Este número dista de la situación en áreas rurales, donde la cobertura de recolección de residuos es del 30%.

Asimismo, más de dos tercios de los desechos en América Latina y el Caribe se tiran en algún tipo de relleno sanitario, aunque algunos de ellos son tan solo vertederos bien manejados. Por su parte, los vertederos a cielo abierto representan alrededor del 27% de la eliminación y el tratamiento de residuos. (Banco Mundial, 2019)

El informe del Banco Mundial indica que contar con sistemas adecuados de gestión de desechos resulta esencial para construir una economía circular, en la que los productos se diseñen y optimicen para ser reutilizados y reciclados. A medida que los gobiernos nacionales y locales se vuelquen a la economía circular, la incorporación de formas

inteligentes y sostenibles de gestionar los desechos ayudará a promover el crecimiento económico eficiente y minimizar el impacto ambiental.

La rápida urbanización y de crecimiento de la población, ha hecho que ciudades alrededor del mundo implementen diversos sistemas para la gestión de sus desechos, con el propósito de ser sostenibles, sanas e inclusivas. Algunos ejemplos son los siguientes:

En Suiza los desechos deben ser separados minuciosamente para ser reciclados. Por ejemplo, una bolsa de té debe estar separada en el desecho orgánico, el hilo, la etiqueta de cartón e incluso la grapa de metal. Los ciudadanos que no quieran realizar estos procesos, colocan una marca adhesiva en sus bolsas de basura, con lo que aceptan pagar impuestos por no separar sus desechos. También cuentan con “policía de la basura”, que se asegura de que las normas sean cumplidas e impone multas de hasta diez mil dólares. Se promueve el reciclaje a través de la motivación económica y se generan empleos. (Canal Alex Márquez Futurólogo, 2017, 1m21s)

Malmö (Suecia) ha integrado un modelo de eco-ciclo que incluye separación en origen, instalaciones que generan energía de la basura, reutilización, reciclaje y compostaje a partir de restos de comida y jardín, y se producen 25,000 toneladas anuales de biofertilizante, 10,000 toneladas de compost, biogás equivalente a dos millones de litros de gasolina.

En Latinoamérica, Bogotá (Colombia) implementó un sistema mixto público-privado con recicladores informales y programas de Basura Cero desviando 1,200 toneladas diarias de desechos del vertedero y da empleo a 8,250 personas. (Sim Levante, 2016)

Panamá cuenta con una política a nivel nacional llamada Ley Basura Cero, basada en el concepto de economía circular, la cual obliga a que las autoridades nacionales, provinciales, comarcales y municipales, así como la ciudadanía en general, adopten medidas para prevenir y reducir la generación de los desechos, incentivar su separación desde la fuente, su recolección y transporte diferenciado, así como su adecuado reciclaje, aprovechamiento, tratamiento, co-procesamiento y disposición final. (Rettally y Heurtematte, 2018)

1.2. Desechos sólidos en Guatemala

Según el informe Los desechos 2.0: Un panorama mundial de la gestión de desechos sólidos hasta 2050 del Banco Mundial, “en 2018, Guatemala ocupó el primer lugar en Latinoamérica como el país que menos basura produce” (Díaz, 2019).

Si bien es cierto, según las estadísticas, Guatemala es de los países latinoamericanos que menos desechos sólidos produce, la falta de gestión hace que el país se esté enterrando en basura.

Las estadísticas en el informe indican que “en Guatemala se contabilizan 69 vertederos abiertos, 10 vertederos bajo control, 15 rellenos sanitarios y más de 2,300 basureros clandestinos. Todos sirven a una población de aproximadamente 17 millones en 340 municipios” (Data Export, 2019).

“Según el Banco Mundial cada guatemalteco genera un promedio de 0.47 kilogramos de desechos sólidos diariamente” (Data Export, 2019).

Para el año 2018 con un total de 16,604,026 habitantes en Guatemala, se generaron 2,565,850 toneladas de desechos. Como lo indica la tabla 1, los departamentos de Guatemala, Quetzaltenango y San Marcos los que mayor cantidad generaron y Baja Verapaz, El Progreso y Zacapa los que menos desechos generaron en el año.

Tabla 1

Generación de desechos anuales por departamentos (en toneladas), Año 2018

Departamento	Población	Desechos anuales generados
Guatemala	3,472,891	668,759
El Progreso	191,734	25,288
Sacatepéquez	383,593	64,488
Chimaltenango	720,139	96,696
Escuintla	780,667	111,101
Santa Rosa	435,533	60,465
Sololá	460,220	50,222
Totonicapán	479,417	53,143
Quetzaltenango	882,792	228,201

Departamento	Población	Desechos anuales generados
Suchitepéquez	598,097	76,814
Retalhuleu	365,661	54,390
San Marcos	1,155,019	207,932
Huehuetenango	1,343,784	152,978
Quiché	1,043,645	104,816
Baja Verapaz	322,167	42,446
Alta Verapaz	1,301,924	170,120
Petén	604,525	93,016
Izabal	434,455	58,999
Zacapa	264,937	41,056
Chiquimula	435,579	74,308
Jalapa	387,462	62,700
Jutiapa	539,785	67,912
Total	16,604,026	2,565,850

Nota. Adaptado de *Estadísticas ambientales de desechos sólidos. [Gráfica]*, Instituto Nacional de Estadística [INE], 2019, (<https://www.ine.gob.gt/ine/estadisticas/bases-de-datos/estadisticas-ambientales/>).

Estos desechos se acumulan en los vertederos municipales autorizados (que en su mayoría no cuentan con infraestructura alguna), en basureros clandestinos y en cuerpos de agua.

Es indudable que esta falta de gestión de los desechos genera severos impactos a los ecosistemas naturales y por ende en la calidad de vida del guatemalteco.

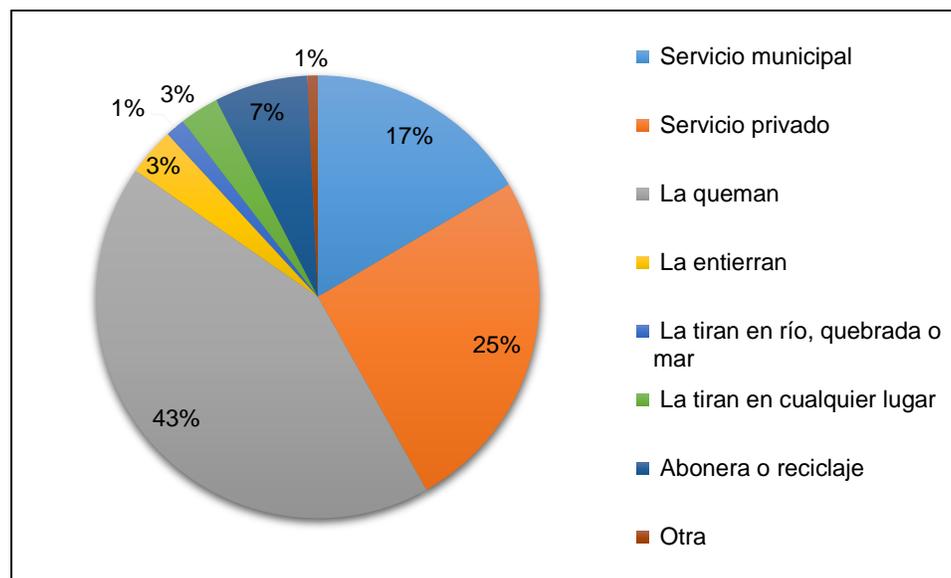
“Los sitios más icónicos en el territorio guatemalteco son tristes representantes de la contaminación y sus efectos, entre ellos: lagos de Amatitlán y Atilán; ríos Villalobos, Las Vacas, Samalá, Motagua, Achihuate, María Linda, barrancos ciudadanos, entre otros” (Data Export, 2019).

De acuerdo con el INE, para el año 2018, el 43% de los hogares de la República eliminaban sus desechos domiciliarios quemándola, mientras que el 17% y 25% lo hacían

mediante el servicio de recolección municipal y privado respectivamente. Otras formas de eliminación se muestran en la figura 2.

Figura 2

Principal forma de eliminación de los desechos en Guatemala, Año 2018



Nota. Adaptado de *Estadísticas ambientales de desechos sólidos*. [Gráfica], INE, 2019, (<https://www.ine.gob.gt/ine/estadisticas/bases-de-datos/estadisticas-ambientales/>).

En Guatemala existen leyes, códigos, políticas y normativas que conllevan acciones estratégicas relativas a la protección, sostenibilidad y mejoramiento de los temas ambientales en el país; que permitan revertir el efecto negativo que tienen los residuos y desechos en el medio ambiente y la sociedad.

La Constitución Política de la República de Guatemala (1985) señala que “el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico” (Artículo 97).

En tal sentido, “entre las competencias municipales de las municipalidades se encuentran la recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos; la limpieza y ornato del municipio” (Código Municipal, 2002, Artículo 68, inciso A).

Sn embargo, del total de actividades que son competencia de las municipalidades “para el año 2014 en promedio el 14.5% representan gestión municipal para el manejo de los desechos sólidos” (INE, 2015, p. 141).¹

Los aspectos en que más se ha avanzado es el servicio de barrido de áreas públicas (calles, mercados, parques) y la disponibilidad de terreno para la disposición final de los desechos.

En el año 2016, entró en vigencia la Política Nacional para la gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos.

Dicha política tiene como propósito fundamental establecer a través de programas y líneas de política, acciones para minimizar de la manera más eficiente, los riesgos a los seres humanos y al ambiente, en especial la reducción de la cantidad o peligrosidad de los desechos sólidos que llegan a los sitios de disposición final a través de una gestión integral que contribuya al bienestar del ambiente y la salud. La presente política se enfoca a toda clase de residuo y desecho sólido en general, es una Política Marco que orienta y plantea la necesidad de fortalecer el marco jurídico y normativo en la materia considerando las características en base al origen, composición o peligrosidad de los residuos y desechos sólidos. (iResiduo, 2016)

“En algunos departamentos de Guatemala, funcionan sistemas de tratamiento de desechos sólidos, entre ellos: la Planta del IRTRA en Retalhuleu y el Relleno Sanitario del kilómetro 22.5 en Villa Nueva y San Antonio Aguas Calientes (Sacatepéquez), por mencionar algunos” (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2009, p. 49).

“San Pedro Sacatepéquez, San Marcos ya cuenta con una planta de tratamiento de desechos sólidos y relleno sanitario, para el año 2021 con el apoyo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, se logrará la tecnificación de dicha planta” (MARN, 2021).

¹ En el año 2015 se publicó el último Compendio Estadístico Ambiental por parte del Instituto Nacional de Estadística.

Asimismo, “para el año 2021 se ha propuesto el proyecto de una planta de tratamiento para la Mancomunidad del Lago Petén Itzá (conformada por los municipios de Flores, San Benito, San Andrés, San José y Santa Ana)” (Sam, 2020).

1.3. Desechos sólidos en Asunción Mita

En el municipio de Asunción Mita, la gestión de desechos sólidos incluye la generación, recolección, transporte y disposición final.

El transporte de los desechos está estrechamente ligado con la recolección de los mismos, así como de su disposición final; la municipalidad de Asunción Mita ha sido siempre la encargada de brindar el servicio de recolección y transporte de los desechos sólidos. Cada hogar que solicita el servicio de extracción de basura, paga una cuota mensual de Q 10.00.

La cobertura de este servicio en el área rural es distinta al área urbana debido a que el sistema aún no es accesible para la mayoría de las poblaciones, por lo que proceden a quemarla, juntarla y en algunos casos enterrarla, lo que provoca contaminación ambiental, malos olores o destrucción en el uso de los suelos. (M. A. Morán, comunicación personal, 3 de febrero de 2020)

El vertedero municipal constituye un basurero a cielo abierto, donde se dispersan todos los desechos domiciliarios juntos: materia orgánica, plásticos, vidrios, latas y otros.

Sobresale aquí la presencia de animales sueltos (caballos, vacas y aves) y personas de diferentes edades que diariamente remueven los desechos, sin contar con una adecuada protección. Además, los desechos se van extendiendo desordenadamente ocupando superficies de sus inmediaciones.

El resto de desechos sólidos, que no son recolectados por la municipalidad encuentran su destino final en los terrenos baldíos, barrancos, calles, entre otros lugares.

Para la clasificación de los desechos orgánicos y su posible tratamiento a través del compostaje, se ha brindado trabajo a las personas que viven y dependen del vertedero municipal; pero algunas personas han estado renuentes a esta ayuda y por tanto, no se logra el tratamiento óptimo.

En lo que concierne a los desechos inorgánicos, estos tampoco reciben un adecuado tratamiento en el vertedero municipal. Sin embargo, se ha buscado trabajar con empresas que se dediquen a transportar materiales de reciclaje; cuya venta generaría beneficios para la municipalidad, y con lo cual se disminuirá la cantidad de desechos en el basurero; pero esto aún no se ha concretado.

Son aproximadamente 20 personas que viven a expensas de la recolección de basura, estas personas seleccionan algunos materiales que utilizan para la venta, percibiendo así una pequeña cantidad de dinero debido a lo poco que pagan las empresas recicladoras. Entre los materiales que se seleccionan hay botes plásticos de todos tamaños y volúmenes, vidrio, latas de aluminio, hierro y alambre. El resto del material que va quedando, se empuja hacia un barranco. Esta parte que se bota a este barranco está compuesta en con más del 80% de materia orgánica, cuyos lixiviados (en su mayoría tóxicos) caen directamente al manto freático de esta área. (M. A. Morán, comunicación personal, 3 de febrero de 2020).

Diversos estudios se han realizado para el manejo adecuado de los desechos sólidos, pero han tenido poca relevancia y no se ha brindado el seguimiento necesario, por lo que los problemas de los desechos en el municipio no han sido disipados.

En el año 2011, se elaboró una Guía sobre el manejo adecuado de desechos sólidos para docentes del Instituto Nacional de Educación Básica de Asunción Mita, “la cual tenía como objetivo concientizar a la juventud sobre la importancia de cuidar nuestro medio ambiente el cual está agonizando por la contaminación ocasionada por los desechos sólidos” (Trabanino, 2011, p. 34).

Un año después se presentó una Propuesta para el tratamiento de desechos orgánicos, “con la cual se brindaba información necesaria para dar tratamiento a los desechos sólidos orgánicos, por medio de la producción de abono orgánico” (Palma, 2012, p. 5).

“En el año 2014, la Dirección Municipal de Planificación realizó un estudio sobre desechos sólidos presentando datos sobre cantidades generadas, proponiendo acciones para realizar un mejor manejo de los mismos” (M. A. Morán, comunicación personal, 3 de febrero de 2020).

En el año 2015, se elaboró una Guía de reutilización de botellas plásticas dirigida a vecinos del Barrio La Democracia de Asunción Mita, “con el propósito de capacitar a vecinos del barrio, sobre la reutilización de la botella plástica y elaboración de manualidades, al mismo tiempo que concientizarlos sobre la importancia del manejo ambiental” (Alvarado, 2015, p. 19).

Sin embargo, estas propuestas no han sido consideradas para mejorar la situación de los desechos sólidos en el municipio.

2. MARCO TEÓRICO

A través del marco teórico se sitúa el tema Tratamiento de desechos sólidos como alternativa para reducir la contaminación ambiental en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa; en un conjunto de conocimientos, ofreciendo una conceptualización adecuada de los términos a utilizar.

2.1. Municipio y gobierno municipal

El municipio “es la institución básica de la vida política nacional, es el primer nivel de gobierno y el más cercano a la población” (Reynoso y Villafuerte, 2003, p. 2).

Los municipios se caracterizan primordialmente por sus relaciones permanentes de vecindad, multiétnicidad, pluriculturalidad y multilingüismo, organizados para realizar el bien común de todos sus habitantes.

Como primer nivel de gobierno, el municipal emana democráticamente de la propia comunidad. El gobierno municipal se concreta en la Municipalidad, su órgano principal y máximo, que ejerce el poder municipal de manera exclusiva y no existe autoridad intermedia alguna entre aquel y el gobierno del Estado. (Reynoso y Villafuerte, 2003, p. 2).

Los Gobiernos Municipales son órganos elegidos por la ciudadanía que tienen competencia para ejercer las funciones ejecutivas y administrativas que correspondan al tercer nivel político-administrativo de gobierno.

2.1.1. Competencias de los gobiernos municipales

Los gobiernos municipales no forman parte del gobierno ejecutivo, sino que son gobiernos autónomos, electos de forma directa por el pueblo con el mandato de impulsar el desarrollo de su territorio.

Estos tienen amplias potestades para el establecimiento de normas y proyectos locales propios, siempre y cuando estos no contravengan la legislación nacional. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], s.f.)

Dentro de las funciones de los gobiernos municipales se pueden citar:

- a. Prestación de servicios públicos domiciliarios y de las necesidades básicas insatisfechas en salud, educación, saneamiento ambiental, agua potable, vivienda, recreación y deporte.
- b. Ordenamiento y planificación del desarrollo económico, social y ambiental de su territorio y construir las obras que demanda el progreso municipal.
- c. Control del manejo adecuado de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.
- d. Promoción de la participación comunitaria y el mejoramiento sociocultural de sus habitantes. (FAO, s.f.)

2.1.2. Servicios públicos municipales

Los gobiernos municipales tienen una influencia determinante con sus programas y acciones en la determinación de la calidad de vida de la población. Al regular el uso del suelo para establecer centros industriales, comerciales y habitacionales, así como la presencia de áreas verdes y recreativas, establecen el marco en el cual los habitantes de la comunidad realizarán sus actividades cotidianas.

Sin embargo, para que estas áreas funcionen adecuadamente en su rendimiento, deberán estar dotados de infraestructura y servicios que permitan interrelacionarlos eficiente y eficazmente, incrementando su duración y disminuyendo los efectos perjudiciales que tienen entre sí. Este es el sentido de la ejecución de la obra pública y de la prestación de los servicios públicos. (Reynoso y Villafuerte, 2003, capítulo 5, p. 9).

“Los servicios públicos son actividades cuyo objetivo es asegurar de manera permanente, general, regular y continua, la satisfacción de las necesidades colectivas” (Reynoso y Villafuerte, 2003, capítulo 5, p. 10).

Dar servicio significa proporcionar utilidad o provecho a otro; es decir, proporcionar un beneficio que recibe alguien de lo que hace otro.

En este sentido, “los servicios públicos surgen como respuesta a las necesidades colectivas que tienen los seres humanos al vivir en comunidad, implicando una participación activa o pasiva de los gobiernos” (Reynoso y Villafuerte, 2003 capítulo 5, p. 10).

Las principales características de los servicios públicos son las siguientes:

- a. Constituyen una actividad técnica de la administración pública.
- b. Pueden ser realizados en forma directa o indirecta.
- c. Son permanentes, generales, regulares y continuos.
- d. Su régimen jurídico especial, lo rige el derecho público.
- e. Satisfacen necesidades colectivas.
- f. Son consecuencia de la vida comunitaria.
- g. Se prestan dentro de una circunscripción geográfica determinada.
- h. Se basan en normas específicas elaboradas por el sector público.
- i. Requieren de la participación comunitaria, en tanto que son los beneficiarios inmediatos. (Salazar, 2009, p. 180)

La importancia que revisten los servicios públicos radica en que representan la parte más visible del gobierno municipal, ya que, a través de ellos, se refleja el cumplimiento de los programas de su administración y cómo responde a las demandas planteadas por la comunidad.

En los siguientes incisos, se enumeran los diferentes servicios públicos que los gobiernos municipales tienen a su cargo:

2.1.2.1. Agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales

“Este servicio implica la instalación, mantenimiento y conservación de las redes de agua; su potabilización, su distribución, la vigilancia de la calidad del agua y de las condiciones sanitarias de las instalaciones” (Salazar, 2009, p. 182).

2.1.2.2. Alumbrado público

“Es un servicio público domiciliario que proporciona la iluminación de los espacios públicos abiertos, de áreas de circulación y espacios de tránsito vehicular dentro de un perímetro urbano” (Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal, s.f., p. 34).

El objetivo primordial de este servicio es brindar seguridad al tener áreas perfectamente iluminadas para el adecuado desarrollo de las actividades de sus habitantes.

2.1.2.3. Mercados y centrales de abasto

“Lugar o establecimiento donde ocurre la actividad comercial de consumo minorista que puede desarrollarse sobre un tipo de producto comercial o sobre una oferta diversificada. El objetivo es comercializar los productos consumibles y de primera necesidad” (Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal, s.f., p. 43).

2.1.2.4. Calles, parques y jardines

Este servicio “involucra acciones encaminadas a la construcción, ampliación y mantenimiento de las vías públicas, en territorio municipal” (Salazar, 2009, p. 188).

El propósito es tratar de armonizar la mancha urbana con las áreas verdes, así como brindar a sus habitantes lugares de esparcimiento, como lo es el equipamiento de parques.

2.1.2.5. Seguridad pública

“Es el conjunto de actividades especiales de carácter técnico que realiza el gobierno municipal para regular el orden público y el tránsito vehicular y peatonal, basado en las leyes y reglamentos correspondientes” (Salazar, 2009, p. 188).

Implica la vigilancia y la aplicación del buen gobierno. Es un servicio no concesionable que busca dar seguridad a las personas y a su patrimonio manteniendo la paz pública.

2.1.2.6. Rastros

“Son las instalaciones adecuadas para realizar el sacrificio de los animales mediante formas, normas sanitarias y procedimientos adecuados que garanticen que esa carne destinada al consumo humano se encuentre en condiciones higiénicas y sanitarias” (Salazar, 2009 p. 187).

Además, se debe vigilar que en los expendios de carne se observen los reglamentos respectivos de salubridad y otros específicamente aplicables.

2.1.2.7. Manejo de desechos sólidos

“Es un servicio que se encarga de mantener la sanidad de los habitantes del municipio a través de actividades como: barrido de calles, recolección de basura en edificios y lugares

públicos, zonas habitacionales; así como el transporte para su disposición final o para, en el mejor de los casos, el tratamiento de los mismos” (Salazar, 2009, p. 184).

Uno de los mayores problemas que las autoridades municipales enfrentan en la actualidad es la falta de lugares para la disposición final y tratamiento adecuado de los desechos sólidos, lo cual va de la mano de una sociedad no acostumbrada a la separación y reciclaje de los mismos.

2.2. Economía lineal y circular

La expresión Economía Lineal designa un modelo económico seguido desde la Revolución Industrial, que tiene como principio base el deshecho de los productos tras su utilización.

Según Espaliat (2017), “en el modelo lineal de producción y consumo, se fabrican productos a partir de materias primas, que luego se venden, se utilizan y, a continuación, se desechan como residuos” (p. 11). La figura 3 muestra que se trata de una economía de «tomar, usar, desechar», basada en el consumo de grandes cantidades de energía y de materias primas baratas y de fácil suministro.

Figura 3

Flujo de la producción lineal



Nota. Informe ambiental anual, Economía circular, Lezzi, 2017, p. 64.

En dicho esquema lineal, existe una gran presión sobre los recursos naturales para la producción de bienes, que ha llevado a comprometer seriamente su disponibilidad para el desarrollo de las actividades sujetas a su uso a lo largo del tiempo. Es reflejo de una

época en que los recursos, la energía y el crédito se creían ilimitados y eran fáciles de obtener y no había conciencia de las graves consecuencias medioambientales.

Asimismo, la incorporación masiva de nuevos consumidores, asociada a los problemas ambientales y sociales generados por la gestión de los desechos producidos, hacen que sea necesario el planteamiento de un nuevo paradigma en la economía: Economía Circular.

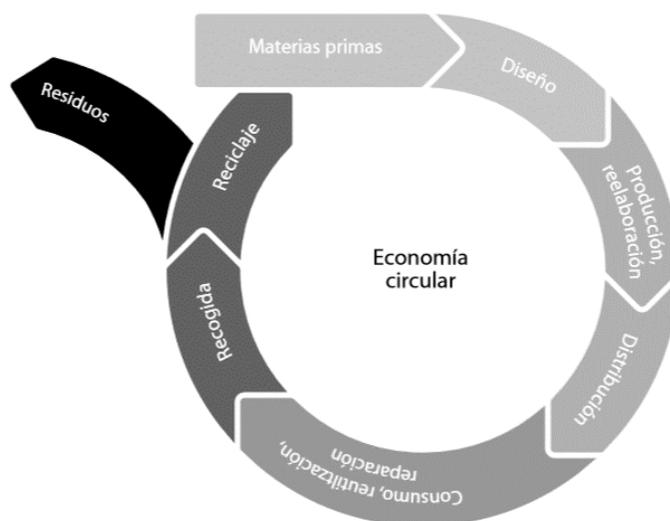
La Economía Circular es una alternativa al modelo lineal insostenible en el que viven las sociedades actualmente.

Una economía circular “es aquella que es restaurativa y regenerativa a propósito, y que trata de que los productos, componentes y materias mantengan su utilidad y valor máximos en todo momento, distinguiendo entre ciclos técnicos y biológicos” (Ellen MacArthur Foundation [EMF], s.f., 5).

En una economía circular, como lo muestra la figura 4, el desperdicio se convierte en un recurso para continuar produciendo. Pero no se trata solo de tener un buen sistema de gestión de residuos, sino de diseñar productos para dejar de generar residuos en primer lugar. Se trata de pensar sistemáticamente sobre el efecto de cada producto y servicio en el panorama global.

Figura 4

Flujo de la economía circular



Nota. Qué es la economía circular y por qué es importante para el territorio, Marcet et al., 2018, p. 20.

Prieto et al. (2017), consideran a la economía circular “como un paradigma que tiene como objetivo generar prosperidad económica, proteger el medio ambiente y prevenir la contaminación, facilitando así el desarrollo sostenible” (p. 85). Es por eso que este modelo se apoya en el principio de las 3R (Reducir, Reusar, Reciclar), aplicable a todo el ciclo de vida de los productos y en estrategias de diseño sostenible.

La economía circular (EC) es un modelo industrial regenerativo por decisión y diseño, basado en energía renovable. Sus principales características son: El residuo es una pérdida de valor, por lo que se diseñan productos y servicios hasta su residuo, dando cuenta del valor generado en posteriores ciclos de vida del todo o de partes de los mismos.

- a. Energía renovable como impulsor en todos los ciclos, de modo de contribuir a reducir emisiones de CO₂ y aumentar su resiliencia.
- b. Incorpora la actual preferencia de los consumidores de transformarse gradualmente en usuarios (goce del bien sin necesidad de su posesión), transfiriéndoles la responsabilidad del mantenimiento del valor de los productos a lo largo de los ciclos a los fabricantes.
- c. Diferencia entre consumibles y durables. Consumibles son predominantemente de origen biológico y pueden, en general, volver a la biósfera. Los durables son diseñados para múltiples ciclos de vida. (Lezzi, 2017, p. 66)

2.2.1. Principios de la economía circular

Debido a que la economía circular se concibe como un ciclo de desarrollo positivo continuo que preserva y mejora el capital natural, esta optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los riesgos del sistema al gestionar reservas finitas y flujos renovables. Este modelo económico trata en definitiva de desvincular el desarrollo económico global del consumo de recursos finitos. La economía circular descansa sobre tres principios:

- a. **Principio 1: Preservar y mejorar el capital natural controlando reservas finitas y equilibrando los flujos de recursos renovables.** Cuando se necesitan recursos, el sistema circular los selecciona de forma sensata y elige tecnologías y procesos que utilizan recursos renovables o de mayor rendimiento, cuando resulta posible.

Una economía circular mejora también el capital natural alentando los flujos de nutrientes dentro del sistema y generando las condiciones para la regeneración, por ejemplo, del suelo. (EMF, s.f., p. 6)

- b. **Principio 2: Optimizar los rendimientos de los recursos distribuyendo productos, componentes y materias con su utilidad máxima en todo momento tanto en ciclos técnicos como biológicos.** Esto implica diseñar para refabricar, reacondicionar y reciclar para mantener los componentes técnicos y materias circulando y contribuyendo a la economía. Los sistemas circulares utilizan ciclos internos más estrechos (por ejemplo, mantenimiento en lugar de reciclaje) cuando resulta posible, preservando así más energía implícita y otro valor.

Estos sistemas maximizan también el número de ciclos consecutivos y/o el tiempo empleado en cada ciclo, aumentando la vida útil de los productos y optimizando la reutilización. (EMF, s.f., p. 7)

- c. **Principio 3: Promover la eficacia de los sistemas detectando y eliminando del diseño los factores externos negativos.** Esto incluye reducir los daños en sistemas y ámbitos como la alimentación, la movilidad, los centros de acogida, la educación, la sanidad y el ocio, y gestionar factores externos como el uso del suelo y la contaminación acústica, del aire y del agua o el vertido de sustancias tóxicas. (EMF, s.f., p. 7)

2.2.2. Estrategias en la economía circular

Las siguientes estrategias tienen un gran potencial para la aplicación del concepto de economía circular:

- a. **Gestión de agua la energía y la materia orgánica:** Aprovechar el calor residual de los procesos de preparación alimentaria para usos como precalentar

agua. Producción de biogás en la depuración de aguas residuales de proceso y producción de biodiesel a partir de aceites vegetales usados. Creación de redes de calor/frío con biomasa propia (sarmientos, paja...) o ajena para alimentar los procesos de producción alimentaria (frío en callers, calor en hornos). Aprovechamiento de agua de limpieza de envases reutilizables (bebidas) para la refrigeración de maquinaria y en última instancia para regadío. Cerrar los ciclos de agua con carga orgánica (procesos de limpieza) gracias a su potencial biodegradable (regeneración de aguas residuales). Compostaje de la materia orgánica para obtener fertilizante para uso agrícola. (Laboratorio Ecoinnovación, 2018, p. 8)

- b. **Producción alimentaria más limpia:** Racionalización del consumo de recursos en la producción alimentaria y en la logística de los productos aplicando eco - diseño. Implementar ciclos de producción autosuficientes en acuicultura. Alimentar el ganado con productos orgánicos propios y/o subproductos procedentes de otras industrias alimentarias. Implementar la compra verde para incorporar materias primas y productos más sostenibles y/o de origen más próximo. (Laboratorio Ecoinnovación, 2018, p. 8)
- c. **Envases y embalajes alimentarios:** Envasado alimentario sin residuo, con aprovechamientos de recortes para nuevos envases. Envases biodegradables para productos alimenticios no completamente consumibles (por ejemplo, café) para facilitar el reciclaje posterior. Implementar sistemas de devolución y retorno de envases reutilizables en el sector de las bebidas. Ecodiseño de envases y embalajes para una economía más circular, aprovechar subproductos agroalimentarios para la obtención de bioplásticos para envases. (Laboratorio Eco innovación, 2018, p. 9)
- d. **Desarrollo de nuevos productos alimenticios y para otros sectores:** Desarrollo de nuevas categorías de producto alimentario (por ejemplo, harina de café) a partir de subproductos orgánicos, y desarrollo de productos de bajo impacto ambiental a partir de subproductos orgánicos y de residuos agroindustriales (materiales plásticos). Diversificar las fuentes de ingresos más allá del producto tradicional (pescado, arroz, entre otros) aprovechando los

subproductos orgánicos en otros sectores (salud, envases). Combatir el desperdicio alimentario recuperando fruta y verdura. (Laboratorio Ecoinnovación, 2018, p. 9)

- e. **Economía colaborativa:** Reventa de equipos y bienes a otras empresas del sector. Uso compartido de recursos (infraestructuras, movilidad). (Laboratorio Ecoinnovación, 2018, p. 9)

2.2.3. El marco RESOLVE

A través de investigaciones, estudios de casos prácticos y entrevistas con expertos, la Fundación Ellen MacArthur ha identificado un conjunto de seis acciones que pueden adoptar las empresas y los gobiernos de cara a la transición a la economía circular: Regenerate (regenerar), Share (compartir), Optimise (optimizar), Loop (establecer ciclos), Virtualise (virtualizar) y Exchange (intercambiar). Aplicadas de manera combinada, estas acciones conforman el marco RESOLVE, término compuesto por las siglas de las iniciales de las palabras inglesas. (EMF, s.f.: 5)

El esquema del marco RESOLVE se presenta en la Figura 5 y contempla gran parte de las acciones basadas en la aplicación de los principios y fundamentos de la economía circular, así como la utilización de las herramientas, mecanismos, tecnologías y prácticas que ayudan a su puesta en marcha y desarrollo.

Para que las estrategias del marco RESOLVE conduzcan a resultados eficaces, deben ser adoptadas y desarrolladas aplicando los fundamentos de la responsabilidad social corporativa y de la sostenibilidad, acompañadas de la reconducción de los modelos de negocio, de la adopción de procedimientos de innovación y ecodiseño, y de cambios sustanciales de comportamiento y consumo a nivel de todos los actores comprometidos con el modelo de economía circular.

Figura 5

Marco RESOLVE



Nota. Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada, EMF, s.f., p. 10.

De distintas formas, estas acciones optimizan el uso de activos físicos, prolongan su vida, y propician el cambio de uso de recursos de fuentes finitas a renovables. En este marco, cada acción en particular refuerza y acelera el rendimiento de las demás acciones, a la vez que se retroalimenta de las sinergias generadas por todo el conjunto.

2.2.4. Beneficios de la economía circular

En una economía circular los recursos naturales (energía, agua y materias primas) se utilizan repetidamente, conservándose dentro de la economía local el mayor tiempo posible. La extracción de materias primas se reduce y, con ella, el impacto ambiental en los países de origen de esos recursos naturales. Dentro de la economía local el impacto ambiental de las actividades económicas también se reduce y desaparecen o se reducen al máximo los vertidos al suelo y la contaminación en el aire y en el agua. (EMF, s.f., p. 10)

El valor del trabajo, el capital y la tecnología invertida en la transformación de los recursos naturales también se mantiene durante el mayor tiempo posible dentro de la economía. El efecto principal de la introducción de los flujos cerrados de producción, consumo y reproducción que caracterizan a la economía circular es que la productividad neta de los procesos económicos locales aumenta mientras que su huella ecológica (local y global) se reduce.

Este modelo de ciclos cerrados es intensivo en trabajo y ofrece una oportunidad para aumentar la productividad social en términos de empleo, es decir, el número y la calidad de los empleos que albergan las economías locales. (Laboratorio Ecoinnovación, 2018, p. 16)

La transición hacia una economía circular puede generar grandes oportunidades para empresas innovadoras y otorgar una ventaja competitiva nada desdeñable a quienes sean capaces de anticiparse a la demanda en los mercados europeo y global de servicios de ingeniería y ecología industrial.

A los consumidores ofrece productos más duraderos y reparables. Este ahorro se suma al bienestar y a los beneficios sociales generados indirectamente por las mejoras ambientales y de salud humana. La adopción de una economía circular supone una triple victoria: la creación de empleo, la reducción de la huella ecológica de la economía (incluyendo las emisiones de gases de efectos invernadero y la degradación ambiental del planeta) y la reducción del costo de la vida. (López, 2016, p. 3)

Lo anterior conlleva a establecer las siguientes motivaciones para aplicar las estrategias de la economía circular:

- a. Implementar procesos más eficientes y menos costosos.
- b. Dar valor a subproductos generados por la propia actividad.
- c. Desarrollar nuevos productos a partir de recursos infrautilizados existentes en el entorno.
- d. La mejora de la imagen corporativa y la responsabilidad empresarial.
(Laboratorio Ecoinnovación, 2018, p. 26)

2.3. Desechos sólidos

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española (s.f.), este define desecho como:

- a. Aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo.
- b. Cosa que, por usada o por cualquier otra razón, no sirve a la persona para quien se hizo.
- c. Residuo, basura.

Frecuentemente, el término residuo y desecho se utilizan para referirse a la basura. Según la definición que muestra el diccionario de la Real Academia Española, la definición de desecho es similar a la de residuo, es por ello que se utilizará el término de desecho en el presente estudio.

Los desechos son desperdicios o sobrantes de las actividades humanas y pueden clasificarse en gases, líquidos y sólidos.

El Instituto de Incidencia Ambiental [IIA] (2004), define los desechos sólidos como “todos aquellos cuerpos firmes no útiles después de una actividad o proceso humano” (p. 213).

Bustos (2009), los define como “aquellos desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados porque no se van a utilizar. Estos desechos incluyen diversos materiales combustibles como plástico, papel, textiles, madera, entre otros y no combustibles como metal, vidrio y otros” (p. 123).

Los desechos han existido siempre sobre la Tierra, pero desde el mismo momento en que comienzan a acumularse en el medio ambiente ya sea por la velocidad con la que se

generan, como por la naturaleza química de estos; haciendo que se dificulte su descomposición e incorporación a los ciclos naturales, entonces comienzan a ser un problema ambiental.

2.3.1. Clasificación de los desechos

Los desechos sólidos pueden clasificarse de acuerdo con su composición o su origen.

2.3.1.1. Clasificación según su composición

Según su composición se clasifican en: desechos orgánicos, inorgánicos y peligrosos. En la tabla 2 se definen estos desechos y se mencionan ejemplos de los mismos.

Tabla 2

Desechos sólidos según su composición

Desecho	Definición	Ejemplos
Desechos orgánicos	Todo desecho de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo.	Hojas, ramas, cáscaras y desechos de la fabricación de alimentos en el hogar.
Desechos inorgánicos	Todo desecho de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural.	Plástico, latas de aluminio, vidrio, telas sintéticas.
Desechos peligrosos	Todo desecho, ya sea de origen biológico o no, que constituye un peligro potencial y por lo cual debe ser tratado de forma especial.	Material médico infeccioso, residuo radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas.

Nota. Bermúdez. (2010). Contaminación y turismo sostenible, p. 16.

Los desechos sólidos orgánicos “proviene de los productos de origen animal y vegetal, principalmente de los restos de alimentos, de agricultura y de jardinería” (MARN, 2018, p. 8). Por tanto, son sustancias que pueden descomponerse en un tiempo relativamente corto.

Al ser inadecuadamente tratados, los desechos orgánicos pueden generar malos olores, proliferación de fauna nociva (roedores, insectos y otros) y generación de gas metano,

considerado uno de los principales gases causantes de la alteración del efecto invernadero, precursor del cambio climático.

El manejo adecuado de los desechos orgánicos putrescibles permite la elaboración de abono orgánico, también conocido como compost, que es de gran utilidad para la agricultura, jardinería y recuperación de suelos.

Los desechos inorgánicos “son aquellos materiales y elementos que no provienen de ningún ser vivo u organismo, sino de cosas fabricadas por el ser humano” (MARN, 2018, p. 8). Su descomposición es muy larga, en ocasiones pasan cientos de años para que se lleve a cabo este proceso, por tal razón, se les conoce como no biodegradables.

Son los mayores generadores de impacto ambiental por su difícil degradación. Estos generan problemas a la hora de su disposición por no realizarse de manera adecuada, lo que da paso al deterioro del medio ambiente.

Los desechos peligrosos “son productos generados por las actividades humanas que ponen sustancial o potencialmente en peligro la salud humana o el medio ambiente cuando son manejados inadecuadamente” (MARN, 2018, p. 11).

Se puede ejemplificar las pilas, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos, acumuladores, productos químicos, medicamentos, cadáveres, jeringas, pañales, toallas sanitarias, entre otros. No deben ser mezclados con los demás desechos y se deben abocar con los encargados de su gestión acerca de la forma de disponerlos adecuadamente.

Los desechos peligrosos bioinfecciosos son los generados durante las diferentes etapas de la atención de salud humana o animal (diagnóstico, tratamiento, inmunizaciones, investigaciones y otros) que representan diferentes niveles de peligro potencial, de acuerdo al grado de exposición que hayan tenido con los agentes infecciosos que provocan las enfermedades. (MARN, 2018, p. 12).

2.3.1.2. Clasificación según origen

De acuerdo con su origen los desechos se califican en desechos domiciliarios, comerciales, hospitalarios, de construcción y demolición, agrícolas, limpieza urbana e industriales; los cuales se describen en la tabla 3.

Tabla 3*Desechos sólidos según su origen*

Tipo de desecho	Definición
Domiciliarios	Son originados por la actividad doméstica, como desechos de cocina, restos de alimentos, desechos voluminosos (también de origen doméstico) como grandes embalajes y muebles. También se incluyen los procedentes de residencias colectivas como albergues, hoteles, entre otros.
Comerciales	Son generados por las actividades comerciales y del sector de servicios dentro del área urbana.
Hospitalarios	Son aquellos desechos producidos en centros de salud, generalmente contienen vectores patógenos de difícil control.
Industriales	Son muy variados dependiendo del tipo de industria, pueden ser metalúrgicos, químicos, entre otros; y se pueden presentar en diversas formas como cenizas, lodos, plásticos y restos de minerales originales.
Construcción y demolición	Son originados por las construcciones, las remodelaciones, las excavaciones u otro tipo de actividad destinada a estos fines. Esta categoría incluye los grandes volúmenes de escombros y los restos de materiales en cada obra.
Agrícolas	Resultado de la actividad agrícola. Pueden ser clasificados como orgánicos o inorgánicos, puesto que mayormente son de origen animal o vegetal. Se incluyen los restos de fertilizantes inorgánicos que se utilizan para los cultivos.
Urbano	Correspondiente a las poblaciones, como desechos de parques y jardines, mobiliario urbano inservible.
Institucionales	Son desechos provenientes de instituciones públicas, como escuelas, cuarteles, oficinas de gobierno y otros. Están compuestos generalmente por papeles, plásticos y restos de alimentos.

Nota. ONUDI (2007). Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos, p. 12.

Tal como lo establece una economía circular, muchos de los desechos mencionados pueden ser reutilizables en otras actividades económicas o sencillamente para la obtención de sustancias orgánicas que se incorporan nuevamente a los ciclos naturales. El objetivo es procurar que tanto las materias primas como los productos y los recursos se mantengan dentro del ciclo productivo el mayor tiempo posible.

2.3.2. Problemática de los desechos

Los desechos no aprovechables constituyen un problema para muchas sociedades, debido a que la sobrepoblación, las actividades humanas modernas y el consumismo han acrecentado mucho la cantidad de basura que se genera.

Paz (2011), menciona que “la cantidad que se genera de desechos junto con el ineficiente manejo de los mismos, provoca problemas como: contaminación, conflictos sociales y políticos, incendios, degradación del suelo, pérdida de biodiversidad, entre otros” (p. 34).

Una de las consecuencias más evidentes de las actividades diarias, tanto domésticas como industriales, es la contaminación; un problema ambiental con impacto en el aire, el agua, el suelo, y con repercusiones en el equilibrio físico y mental del ser humano.

Según el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente [IARNA] (2009), la contaminación ambiental “se define a partir de la presencia de sustancias, energía u organismos extraños en el ambiente en cantidades, tiempo y condiciones tales que pueden causar desequilibrio ecológico” (p. 162).

La contaminación proviene de diferentes fuentes y dependiendo de la fuente que la origine puede ser clasificada de manera distinta. Los principales tipos de contaminación ocasionados por los desechos sólidos son: hídrica, atmosférica, del suelo y visual.

- a. **Contaminación hídrica:** La contaminación hídrica “es la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales” (Bermúdez, 2010: 6).

Aunque el acceso de los hogares a servicios de agua mejore, la calidad del líquido sigue siendo un problema serio para la salud humana.

- b. **Contaminación atmosférica:** La contaminación atmosférica “surge debido a la presencia de sustancias contaminantes en el aire, que no se dispersan en forma adecuada y afectan la salud o el bienestar de las personas, o producen otros efectos dañinos en el ambiente” (IARNA, 2009, p. 170).

Tiene su origen en la actividad industrial (fuentes fijas) y la utilización de vehículos (fuentes móviles), principalmente.

Personas con enfermedades del corazón o de pulmón, los adultos de más edad y los niños tienen mayor riesgo de tener problemas por contaminación del aire.

- c. **Contaminación del suelo:** De la Orden (s.f.) dice que “un suelo contaminado es aquel que ha superado su capacidad de amortiguación, y como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera, y los organismos” (p. 19).

Se trata entonces de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo.

El suelo es un importante medio de dispersión de contaminantes, que combinado con la acción del aire y del agua puede constituirse en foco de contaminación.

- d. **Contaminación visual:** “Se refiere a la alteración de la estética, la imagen del paisaje tanto rural como urbano, y que genera la acumulación de desechos en las calles, carreteras, parques, entre otros” (Bermúdez, 2010, p. 24).

Antes de convertirse en basura, los desechos han sido materias primas que en su proceso de extracción, son por lo general, procedentes de países en desarrollo. La sobreexplotación de los recursos naturales y el incremento de la contaminación, amenazan la capacidad regenerativa de los sistemas naturales.

2.3.3. Riesgos de los desechos

“Los riesgos empiezan desde la generación hasta la disposición final. Los principales riesgos causados por la manipulación de desechos sólidos se dividen en: riesgos para la salud (riesgos directos e indirectos) y riesgos para el medio ambiente” (Palma, 2012, p. 15). Dichos riesgos podrían eliminarse o minimizarse, aplicando el concepto de la economía circular en los procesos productivos.

2.3.3.1. Riesgos para la salud

Para comprender con mayor claridad sus efectos en la salud de las personas, es necesario distinguir entre los riesgos directos y los riesgos indirectos que provocan.

- a. Los *riesgos directos* “son los ocasionados por el contacto directo con la basura, por la costumbre de la población de mezclar los desechos con materiales peligrosos, los cuales pueden causar lesiones a los operarios de recolección de basura” (Duarte, 2008, p. 14).

Entre estos materiales se encuentran: vidrios rotos, metales, jeringas, hojas de afeitar, excrementos de origen humano o animal, e incluso con desechos infecciosos de establecimientos hospitalarios y sustancias de la industria.

Separando los desechos desde el origen (domicilios, industrias, comercios, hospitales) a través de bolsas de basura etiquetadas que permitan identificar el tipo de material contenido puede minimizarse este tipo de riesgo.

- b. El *riesgo indirecto* más importante “se refiere a la proliferación de animales, portadores de microorganismos que transmiten enfermedades a toda la población” (Duarte, 2008, p. 15).

Algunos de estos animales son moscas, mosquitos, ratas y cucarachas, que, además de alimento, encuentran en los desechos sólidos un ambiente favorable para su reproducción.

Este riesgo indirecto puede evitarse utilizando materiales biodegradables para la reutilización dentro de proceso productivos.

2.3.3.2. Riesgos para el medio ambiente

Los desechos sólidos abandonados en los botaderos a cielo abierto deterioran la calidad del aire que se respira, tanto localmente como en los alrededores, a causa de las quemadas y los humos, llegando a causar infecciones respiratorias e irritaciones nasales y de los ojos, además de las molestias que dan los olores pestilentes.

Duarte Díaz (2008), menciona que el efecto ambiental más serio, pero menos reconocido es la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, por el vertimiento de basura a ríos y arroyos, así como por el líquido

percolado, producto de la descomposición de los desechos sólidos en los botaderos a cielo abierto. (p. 18)

Alvarado Chay (2005), indica que “otro riesgo ambiental importante, causado por la gestión inadecuada de los desechos sólidos, lo constituye el deterioro estético de las ciudades, así como el del paisaje natural, tanto urbano como rural” (p. 25).

La degradación del paisaje natural, ocasionada por la basura arrojada sin ningún control, va en aumento; es cada vez más común observar botaderos a cielo abierto o basura amontonada en cualquier lugar.

2.4. Gestión integral de desechos sólidos

La gestión de desechos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de desechos sólidos de forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, economía, ingeniería, conservación estética y ambiental, respondiendo a las expectativas públicas. (Rondón et al. 2016, p. 30)

Los problemas asociados a la gestión de desechos sólidos en la sociedad actual son complejos (por ejemplo, cantidad y naturaleza diversa de los desechos, desarrollo de zonas urbanas dispersas, limitaciones de fondos para los servicios públicos, impactos de la tecnología, entre otros), y en consecuencia, si la gestión de desechos sólidos ha de realizarse de una forma eficaz y ordenada, las relaciones y los aspectos fundamentales implicados deben ser identificados y ajustados para la uniformidad de los datos, y a su vez, ser comprendidos de forma clara.

Según este planteamiento, “todas las actividades asociadas a la gestión de desechos sólidos deben promover la aplicación de una estrategia jerarquizada, la cual señala la siguiente prioridad: evitar, minimizar, tratar y disponer” (Rondón et al., 2016, p. 30).

2.4.1. Jerarquía en la gestión de desechos

Un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos -PGIRS- abarca todas las etapas del manejo de desechos sólidos, así como los aspectos técnicos, ambientales, económicos, institucionales y legales que le son afines. El PGIRS surge ante la necesidad de solucionar los problemas ambientales y el impacto negativo de los

desechos sólidos urbanos en los cuerpos de agua y en los sistemas de saneamiento.

Uno de los principios rectores en los que se basa el PGIRS es el Principio de jerarquía en la gestión de desechos, el cual indica que el primer propósito es evitar la generación; si no es posible, se debe procurar la minimización utilizando el concepto de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar); si esta minimización no es posible, entonces se debe plantear el tratamiento, y sólo cuando el tratamiento no sea factible, se debe pensar en la disposición final. (Rondón Toro et al., 2016, p. 31)

Figura 6

Jerarquía en el manejo de los desechos sólidos



Nota. Rondón et al. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*, p. 33.

La figura 6 se puede resumir de la siguiente manera:

- a. Evitar la generación de desechos desde el origen.
- b. Reducir al máximo la generación de desechos desde el origen.
- c. Reutilizar los desechos generados ya sea en la misma cadena de producción o en otra paralela.
- d. Valorizar los desechos por medio de la recuperación energética, el reciclaje o el co-procesamiento, entre otros.
- e. Tratar los desechos generados antes de enviarlos a disposición final.
- f. Disponer la menor cantidad de desechos. (Rondón Toro et al., 2016, p. 34)

2.4.2. Proceso de la gestión de desechos

El propósito de la gestión de los desechos es que se genere el menor riesgo para la salud y el medio ambiente. El proceso de esta gestión está conformado por las siguientes etapas: generación, disposición inicial, recolección y transporte y la disposición final; las cuales representan el ciclo de vida de los desechos, tal como lo muestra la siguiente figura.

Figura 7

Proceso de la gestión de desechos sólidos



Nota. (Rondón et al., 2016, p. 35) (ONUDI, 2007, p. 46)

2.4.2.1. Generación

Es la primera etapa del ciclo de vida de los desechos y está estrechamente relacionada con el grado de conciencia de los ciudadanos y las características socioeconómicas de la población.

“Es el momento en que un elemento se convierte en producto inútil para el generador, del que se tiene la intención o la obligación de deshacerse” (ONUDI, 2007, p. 21).

El mayor esfuerzo se debe realizar en esta etapa, evitando y minimizando volúmenes y peligrosidad de los desechos generados.

2.4.2.2. Disposición inicial

Es una etapa muy importante, ya que en dependencia de cómo se depositan los desechos, los mismos podrán ser usados como materia prima al reciclarlos.

“La disposición inicial se realiza primeramente en las casas, centros de trabajo o escuelas para después ser colocados en los depósitos públicos y retirados en la etapa de recolección y transportación” (ONUDI, 2007, p. 22).

Esta disposición inicial puede ser general (sin clasificación y separación de desechos) o selectiva (con clasificación y separación de desechos a cargo del generador).

2.4.2.3. Recolección y transporte

Incluye a las operaciones de carga-transporte-descarga de los desechos desde su presentación hasta su descarga en un punto final.

La recolección “es la recogida de los residuos acondicionados por el generador para encaminarlos por el medio del transporte adecuado, a una estación de transferencia, a una unidad de tratamiento o al lugar de disposición final” (Rondón et al., 2016, p. 54).

Se puede decir entonces, que la recolección de los desechos es el nexo entre la disposición inicial en el domicilio y el sistema de disposición final (así como de los procesos intermedios que se puedan suscitar). La recolección debe estar organizada de manera que permita un servicio eficiente y equitativo, sin producción de malos olores, polvos, ruidos molestos, desorden y en condiciones aceptables para un servicio de esta naturaleza.

La operación de transporte corresponde “al tiempo empleado desde el momento que se recibe la basura del último recipiente hasta que se vacía la basura del primer recipiente del siguiente viaje de recolección, excluyendo el tiempo empleado en la descarga en el sitio de disposición final” (Rondón et al., 2016, p. 56).

Para esta fase se utilizan camiones acondicionados y compactadores, que buscan dar rapidez y buen aspecto al servicio.

2.4.2.4. Disposición final de desechos

“Es el confinamiento y encapsulamiento de los desechos inservibles, tóxicos y peligrosos, para evitar el contacto eventual de estos desechos con el exterior, principalmente con los organismos vivos” (ONUUDI, 2007, p. 22).

La disposición final de los desechos se realiza en los vertederos o rellenos sanitarios, de forma tal que los productos no presenten riesgos para la salud ni para los componentes de los ecosistemas.

a. Vertederos

“Son terrenos carentes de sistemas de protección y que se destinan para depositar desechos” (ONUUDI, 2007, p. 33).

Los líquidos residuales y los resultantes de la descomposición de los desechos sólidos pueden llegar hasta las aguas subterráneas y superficiales. Los vertederos no son tratados con capas de cobertura, lo que produce malos olores y contribuye a aumentar la presencia de vectores con el consecuente riesgo para la salud de la población, así como un impacto paisajístico.

b. Rellenos sanitarios

“Son obras de ingeniería construidas normalmente sobre tierra, en la que los desechos son depositados en celdas provistas de capas de impermeabilización y capas de cobertura con tierra para evitar malos olores o la proliferación de vectores” (ONUFI, 2007, p. 33).

El relleno sanitario es un método completo y definitivo para la eliminación de todo tipo de desechos sólidos, evitando los problemas de cenizas y materiales que no se descomponen y cuentan con un sistema de evacuación de líquidos residuales y gases.

2.5. Tratamiento de desechos sólidos

En Asunción Mita, así como en muchos otros municipios la gestión de los desechos se realiza desde su generación hasta su disposición final, tal como lo muestra la figura 7. Sin embargo, de acuerdo con el concepto de Economía Circular entre las etapas de transporte y disposición final, los desechos sólidos pueden ser sometidos a procesos que permitan reincorporarlos a nuevos procesos productivos, produciendo beneficios técnicos, operativos, económicos y ambientales.

El tratamiento de desechos consiste “en la transformación de los desechos orgánicos e inorgánicos, en instalaciones destinadas a este fin y con la tecnología apropiada, reduciendo la cantidad y peligrosidad de los desechos generados que van a disposición final” (ONUFI, 2007, p. 22). La transformación que reciben los desechos es la siguiente:

- a. “A los desechos orgánicos, se les aplican distintas técnicas de separación de las impurezas para que puedan ser transformados en abono orgánico” (González y Miranda, 2017, p. 20).

- b. “Los desechos inorgánicos son seleccionados, triturados, lavados y embolsados según las demandas del comprador. Las latas solo serán comprimidas y embaladas”. (González y Miranda, 2017, p. 21).
- c. “Los desechos tóxicos y de alta peligrosidad como los hospitalarios no se mezclan con los otros desechos y se eliminan, con las debidas medidas de seguridad, a través de transporte y empresas especializados” (González y Miranda, 2017, p. 21).

Con el tratamiento se busca el acondicionamiento y valorización de los desechos. Se entiende por acondicionamiento a las operaciones realizadas a fin de adecuar los desechos para su valorización o disposición final. Se entiende por valorización a todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los desechos, mediante la selección y clasificación de desechos orgánicos e inorgánicos, el compostaje o el reciclaje en sus formas físicos, químicos, mecánicos o biológicos, y la reutilización. (Centro de Información Oficial [IMPO], 2019).

“Las ventajas del tratamiento son: aumentar el valor agregado de las materias recuperadas, reincorporación a nuevos procesos productivos, generación de empleos, prolongación de la vida útil de vertederos o rellenos sanitarios y posibilidades de mejoramiento continuo del proceso” (González y Miranda, 2017, p. 22).

Entre las diferentes alternativas de tratamiento que se les puede dar a los desechos sólidos para una adecuada gestión de los mismos, se encuentran: reciclaje, incineración, compostaje y lombricompostaje.

2.5.1. Reciclaje

“Es un proceso mediante el cual los desechos se incorporan al proceso industrial como materia prima para su transformación en un nuevo producto de composición semejante (vidrios rotos, papel y cartón, metales y plásticos)” (Duarte, 2008, p. 7).

Este sistema de tratamiento viene impuesto por el nuevo concepto de gestión de los desechos sólidos que debe tender a lograr los objetivos siguientes:

- a. “Conservación o ahorro de energía.

- b. Conservación o ahorro de recursos naturales.
- c. Disminución del volumen de desechos que hay que eliminar.
- d. Protección del medio ambiente” (Rondón et al., 2016, p. 71).

La recuperación presenta ventajas e inconvenientes que se pueden resumir así:

- a. Las ventajas se derivan del aprovechamiento de materias primas, economía energética, uso racional de los recursos naturales, devolución a la tierra de su riqueza orgánica, participación ciudadana en problemas de desechos sólidos y la valoración de los segregadores informales². (Rondón et al., 2016, p. 71).
- b. Los inconvenientes pueden ser: las inversiones iniciales; la producción de rechazos, que exige imprescindiblemente un relleno complementario; la gestión especializada y cuidadosa y el alto costo (real o escondido) de recuperación, limpieza y transporte del material separado, entre otros. (Rondón et al., 2016, p. 71).

2.5.2. Incineración

La incineración es una de las tecnologías térmicas existentes para el tratamiento de desechos sólidos.

Este método “consiste en la quema de materiales a través de hornos especiales, generalmente a una temperatura superior a los 900°C, permitiendo la reducción de su volumen al dejar un material inerte cercano a 10% del inicial” (Duarte, 2008, p. 9).

En el caso de los desechos sólidos, los compuestos orgánicos son reducidos a productos tales como dióxido de carbono gaseoso, vapor de agua y cenizas.

El poder calorífico inferior de los desechos (PCI) es fundamental para estudiar la posibilidad de incineración. “Un valor de 1,000 kcal/kg es el límite mínimo para adoptar este sistema, ya que permite la combustión de desechos en los grandes incineradores sin necesidad de combustible adicional” (Rondón et al., 2016, p. 70).

La utilización del sistema de incineración para tratar los desechos sólidos urbanos presenta las siguientes ventajas:

² Personas que se dedican a la separación de la basura.

- a. Escasa utilización de terrenos.
- b. Posibilidad de implantación cerca del núcleo urbano.
- c. Puede tratarse cualquier tipo de desechos si su poder calorífico es adecuado.
- d. Puede adecuarse para la eliminación de fangos de aguas residuales.
- e. Existe la posibilidad, para plantas de gran capacidad, de recuperación de energía. (Rondón et al., 2016, p. 69).

Sin embargo, existen también una serie de inconvenientes que generalmente son de tipo económico:

- a. Contaminación atmosférica.
- b. Inversión alta de la instalación.
- c. Costeos operacionales elevados.
- d. Escasa flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales de la generación de desechos.
- e. Técnica de explotación muy especializada.
- f. Precisan, en mayor o menor grado, aporte de energía exterior para su funcionamiento.
- g. No suponen un sistema de eliminación total, precisando un relleno para los rechazos.
- h. Debe considerarse el costo de tratamiento de las aguas residuales generadas por los residuos en la zona de almacenamiento y de las utilizadas en el enfriamiento de escorias. (Rondón et al., 2016, p. 70)

2.5.3. Compostaje

Este método puede ser beneficioso ya que mediante este proceso es posible recuperar el gran porcentaje de materia orgánica que contienen los desechos sólidos municipales, convirtiéndose en una buena oportunidad para iniciar el reciclaje de otros materiales.

Consiste en “un proceso mediante el cual el contenido orgánico de la basura se reduce por la acción bacteriológica de microorganismos contenidos en los mismos desechos orgánicos, de lo que resulta un producto denominado compost” (Duarte, 2008, p. 8).

El material resultante del proceso, llamado compost, es un abono y no un fertilizante, es más bien un regenerador orgánico del suelo. Sus efectos positivos sobre el suelo son:

- a. Suelta los terrenos compactados y compacta aquellos demasiado sueltos.
- b. Favorece el abonado químico al evitar la percolación.
- c. Aumenta la capacidad de retención de agua por el suelo.
- d. Es fuente de elementos nutritivos (nutrientes más oligoelementos).
- e. Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo. (Rondón et al., 2016, p. 72)

2.5.4. Lombricompostaje

Ocurre de forma natural en zonas donde existe vegetación en descomposición, como por ejemplo hojas caídas, estiércol o troncos en estado de descomposición.

El compostaje con lombrices, “se basa en la ingestión de materia orgánica por parte de las lombrices que convierten los desechos orgánicos en humus rico en nutrientes. El proceso se conoce también como vermicultura o vermicompostaje³” (ONUUDI, 2007, p. 84).

Las lombrices se alimentan tanto de la materia orgánica en descomposición como de microorganismos (bacterias, hongos, protozoos) vinculados al proceso de descomposición que ocurre en el lugar.

La problemática del tratamiento de desechos sólidos y por tanto del manejo integral de los mismos, está acompañada de oportunidades para el desarrollo sostenible, no solo por el ahorro de los pasivos ambientales y los problemas de salud, sino por las ventajas económicas y sociales producidas por la recuperación de materiales comerciales, la generación de nuevas fuentes de empleo y el aumento de la gobernabilidad.

³ Técnica de compostaje que utiliza la capacidad de una especie domesticada de lombriz para tratar los desechos orgánicos generando un producto, el humus de lombriz.

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe la parte metodológica desarrollada para llevar a cabo el presente trabajo de investigación. Es decir, se logra explicar en detalle qué y cómo se hizo para resolver el problema de la investigación identificado, los objetivos, la hipótesis formulada, el diseño utilizado para aceptar o rechazar la misma; técnicas empleadas y el cálculo del tamaño de la muestra.

3.1. Definición del problema

Definir un problema significa especificarlo y delimitarlo con la mayor precisión posible.

3.1.1. Especificación del problema

A través de los años se ha experimentado un crecimiento considerable de la población del municipio de Asunción Mita, por lo que el número de viviendas ha ido en aumento de igual manera. Como consecuencia, la mayoría de los servicios públicos brindados han ido creciendo, y la municipalidad para satisfacer las necesidades del municipio, ha tenido que invertir en proyectos tales como: pavimentaciones, centros de salud, renovación de fosas sépticas, introducción de drenajes, pozos mecánicos en algunas aldeas y otros aspectos como el manejo de los desechos sólidos producidos en el municipio, que hasta el momento no se resuelve de forma satisfactoria.

Casi en su totalidad, los hogares del municipio llevan a cabo una disposición inicial de sus desechos sólidos de forma general; es decir, que solo los almacenan en una bolsa o los llevan a un depósito público, como los basureros del parque o del mercado, para luego ser recolectados, sin clasificación y separación de los mismos.

En el área rural, debido a que el sistema de recolección aún no es accesible a la totalidad de los hogares, se procede a quemarla, juntarla y en algunos casos enterrarla o encuentran su destino final en los terrenos baldíos, barrancos, calles, ríos, entre otros.

El servicio de recolección se complementa con servicios de limpieza de calles y áreas públicas. Dicho servicio se presta dos o tres veces por semana según el área de cobertura. El resto de los desechos llega al vertedero a través de vehículos particulares.

El resultado de que no exista un tren de aseo paralelo ha redundado en el uso de 10 basureros clandestinos cuyas ubicaciones son las siguientes: Casco Urbano de la Villa,

Caserío San Fernando, Asentamientos área de Ujiapa, Aldea Tiucal Arriba, Aldea Tiucal Abajo, Aldea Cerro Blanco, Aldea Trapiche Vargas, Aldea San Joaquín, Aldea Las Pozas y Aldea Aguas Finas.

Al vertedero municipal de Asunción Mita, llega un aproximado de 100 toneladas (100,000 kilogramos) de desechos sólidos semanales. De esta cantidad, el 52% es material orgánico, el 9% es papel y cartón (material orgánico reciclable) y el resto es material inorgánico.

Con el pasar de los años, el manejo de los desechos que llegan al vertedero se va volviendo más complicado, debido a los diferentes tiempos de descomposición de cada elemento, la toxicidad de algunos de ellos (como las pilas secas) y el volumen que ocupan ciertos materiales. Además, los desechos se van extendiendo desordenadamente ocupando superficies de sus inmediaciones.

Esto provoca que la calidad del aire que se respira en el casco urbano y aldeas cercanas del municipio de Asunción Mita ha venido siendo de menor calidad, debido a la polución que generan los gases que emite la quema de material contaminante como tubos neumáticos, plásticos, duroport u otros materiales no biodegradables con elevado potencial inflamable, cuyas partículas viajan a través del viento hasta llegar a contaminar el ambiente del área urbana. Asimismo, hay desechos sólidos que llegan a los ríos Mongoy y Ostúa, por lo que ambos sufren una fuerte contaminación.

Si bien, la gestión de los desechos sólidos en el municipio implica desde la recolección hasta la disposición final de los mismos; al no ser manejados correctamente, los desechos a menudo acaban como basura en las calles y lugares públicos. Este es un problema que se traslada no solo a las calles, sino que se ve en caminos, parques y por doquier, se encuentran desechos que han sido puestos en desorden y fuera de su lugar. Este problema es de tal magnitud que de no enfrentarse se volverá irresoluble.

Debido al carácter de la investigación, esta se concentrará en plantear una propuesta de tratamiento que permita realizar un completo manejo adecuado de los desechos sólidos generados y así reducir la contaminación en Asunción Mita.

3.1.1.1. Pregunta de investigación

Derivado del problema anteriormente definido se formuló la siguiente pregunta de investigación:

¿Es el tratamiento de desechos sólidos una alternativa para reducir la contaminación ambiental en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa?

3.1.1.2. Punto de vista

La investigación se realizará en el contexto de la Formulación de Proyectos de Inversión Pública desde el enfoque de los Gobiernos Locales.

3.1.2. Delimitación del problema

En la delimitación se busca fijar la unidad de análisis, para el desarrollo de la investigación, para focalizarse en términos concretos en el alcance y establecer sus límites.

- a. **Unidad de análisis:** Se tomará como unidad los desechos sólidos generados en el municipio de Asunción Mita.
- b. **Período a investigar:** Se considera el período 2022 - 2031.
- c. **Ámbito geográfico:** Municipio de Asunción Mita (casco urbano y aldeas), departamento de Jutiapa.

3.2. Objetivos de la investigación

Los objetivos constituyen los propósitos o fines que se pretenden alcanzar con la investigación.

3.2.1. General

Proponer un tratamiento de desechos sólidos como alternativa para reducir la contaminación ambiental en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa.

3.2.2. Específicos

- a. Analizar el manejo de los desechos sólidos en los hogares del municipio y la percepción de estos sobre la gestión municipal hacia los desechos.
- b. Establecer la demanda, oferta y precios del tratamiento de desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa.

- c. Determinar los aspectos técnicos que se deben considerar para la implementación de la propuesta de tratamiento de desechos sólidos.
- d. Definir la forma en que será gestionado el proyecto durante su etapa de funcionamiento, así como para conocer la legislación nacional vigente relacionada al proyecto.
- e. Identificar los posibles impactos ambientales que se produzcan al llevar a cabo el tratamiento de los desechos en el municipio y proponer las medidas de mitigación correspondientes.
- f. Sistematizar la información de carácter monetario que proporcionarán los estudios anteriores para realizar la evaluación que defina la viabilidad financiera de la propuesta.
- g. Analizar la contribución que la implementación de la planta de tratamiento generará en el bienestar de la población del municipio.

3.3. Hipótesis

El tratamiento de los desechos sólidos es una alternativa para reducir la contaminación ambiental en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa; permitiendo reducir el volumen y peso de los desechos que llegan al vertedero municipal, la recuperación de subproductos y su reincorporación a nuevos procesos productivos; lo que repercutirá en el mejoramiento de las condiciones ambientales y de salud en el municipio.

3.3.1. Especificación de variables

Relación causal: Y en función de X

Variable independiente (causa) (X): Tratamiento de desechos sólidos generados.

Variable dependiente (efecto) (Y): Reducción de contaminación, mejoramiento de las condiciones de salud y ambientales en el municipio.

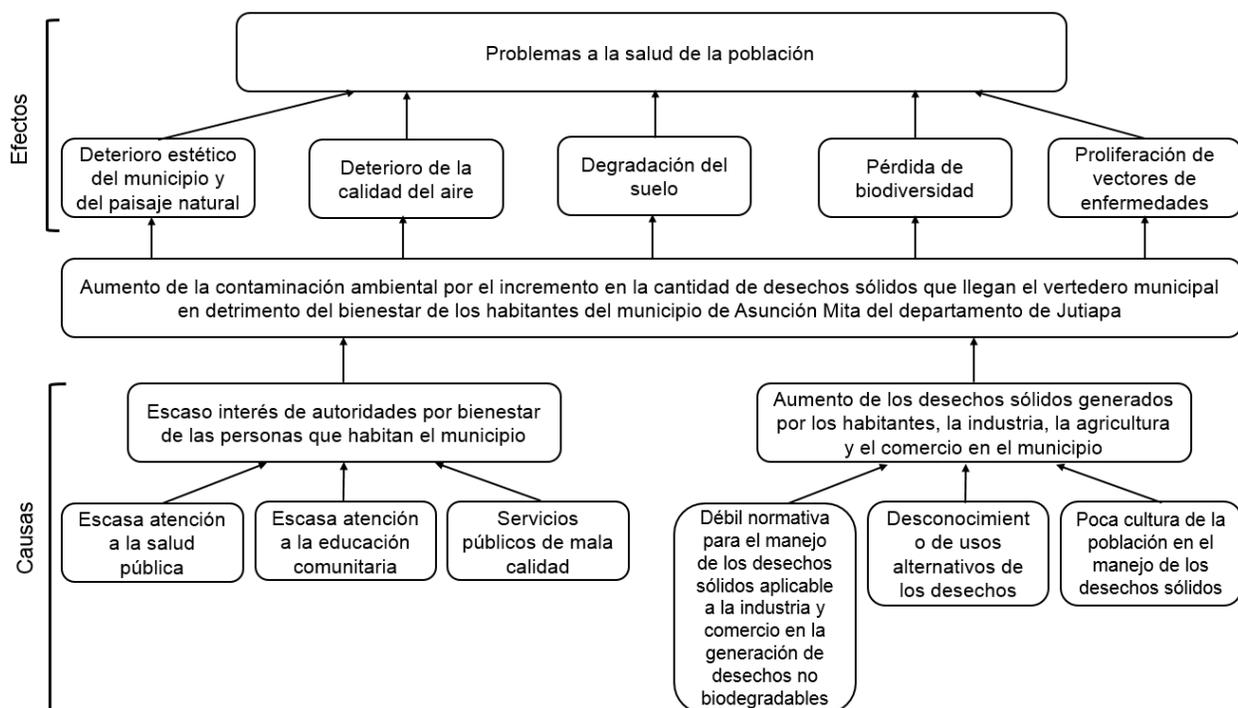
3.4. Análisis del problema

A partir de la descripción del problema y utilizando la metodología del árbol de problemas⁴ se definió el problema central en estos términos: “Aumento de la contaminación ambiental por el incremento en la cantidad de desechos sólidos que llegan el vertedero municipal en detrimento del bienestar de los habitantes del municipio de Asunción Mita del departamento de Jutiapa”.

Luego se identificaron los efectos (elementos visibles del árbol) y las causas del problema (elementos poco visibles o invisibles). El árbol de problemas obtenido a partir de la descripción del problema, se presenta en la figura 8.

Figura 8

Árbol de problemas sobre los desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la definición del problema.

⁴ Tanto el problema central como los efectos y las causas del árbol de problemas se redactan en negativo, sin utilizar las palabras “no” o “falta de”.

3.4.1. Árbol de objetivos

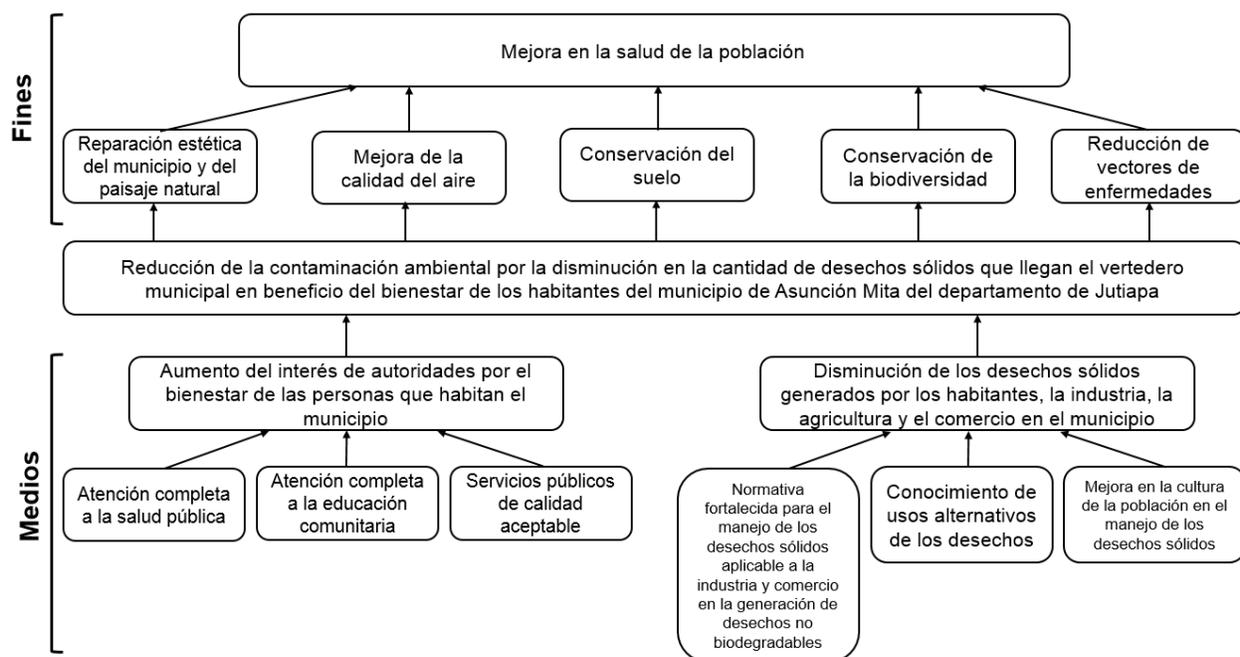
Los elementos del árbol de problemas, ahora redactados en positivo, originaron el objetivo central de la investigación que, a su vez, es el objetivo de la propuesta que se presenta en el capítulo 4.

Dicho objetivo se enuncia en los siguientes términos: “Reducción de la contaminación ambiental por la disminución en la cantidad de desechos sólidos que llegan el vertedero municipal en beneficio del bienestar de los habitantes del municipio de Asunción Mita del departamento de Jutiapa”.

El árbol de objetivos completo se presenta en la figura 9 e incluye los fines, obtenidos a partir de los efectos del árbol de problemas y los medios, obtenidos a partir de las causas de dicho instrumento metodológico.

Figura 9

Árbol de objetivos sobre los desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la definición del problema.

3.4.2. Alternativas de solución

Derivado de las causas y efectos identificados, se plantean las siguientes alternativas de solución:

- a. Formulación de una normativa municipal que promueva un adecuado manejo de los desechos sólidos en el municipio, involucrando a autoridades, habitantes, comercios, hospitales e industrias.
- b. Educación ambiental adecuada para todos los habitantes del municipio desde el nivel primario, mejorando la cultura de la población respecto al manejo de los desechos sólidos desde su generación, conllevando a mejoras en la salud de los habitantes.
- c. Planta de tratamiento de desechos sólidos que complemente el actual servicio público de manejo de los desechos, con el fin de reducir la cantidad que llega al vertedero.

Estas alternativas son complementarias entre sí para llevar a cabo una propuesta de gestión integral de desechos sólidos en Asunción Mita.

3.4.3. Marco lógico

El siguiente paso metodológico fue construir la matriz del marco lógico, que contiene cuatro niveles de objetivos: fines, propósito, componentes y actividades para cada componente.

La información generada con el árbol de objetivos se trasladó al marco lógico de la siguiente manera: el objetivo central será el propósito del marco lógico y se logrará en la fase de ejecución de la propuesta. Los fines serán los objetivos de mediano y largo plazo que causarán los efectos e impactos en la población del municipio. Las alternativas de solución serán los componentes de la propuesta y deberán obtenerse como condición indispensable para alcanzar el propósito. Cada componente contiene un conjunto de actividades que deberán ejecutarse para generar el respectivo componente.

En el marco lógico se diseñaron los indicadores que servirán para realizar el monitoreo de la ejecución de las actividades y de los componentes, así como para evaluar el propósito durante la fase de ejecución de la propuesta. También servirán para evaluar los efectos e impactos de la propuesta en la población del Municipio de Asunción Mita, cuando esta esté funcionando.

Tabla 4*Matriz de marco lógico*

	Resumen narrativo de los objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Mejorar la calidad de la salud de la población del municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa.	Reducción del 15% de enfermedades en el municipio vinculadas con el manejo de los desechos sólidos.	Visitas domiciliarias, fotografías. Estadísticas de salud.	Involucramiento de las familias del municipio en las actividades a ejecutarse.
Propósito	Reducir la contaminación ambiental causada por los desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa.	Reducción en un 15% del nivel de contaminación debido a los desechos acumulados en el vertedero municipal.	Estadísticas ambientales.	Son sometidos a tratamiento la mayor cantidad posible de los desechos generados.
Componentes	1. Normativa municipal sobre el manejo de los desechos sólidos.	Aplicación de la normativa por parte del 60% de comercios, hospitales, e industrias.	Informes municipales. Testimonios.	Normativa adoptada por habitantes, comercios, hospitales, e industrias.
	2. Educación ambiental para la población del municipio sobre el manejo de los desechos sólidos.	60% de pobladores (comunidades y establecimientos) con conocimientos y prácticas para el manejo de desechos sólidos.	Informes sobre visitas. Fotografías.	Las campañas de educación ambiental llegan hasta las aldeas y caseríos más lejanos del municipio.
	3. Planta de tratamiento de desechos sólidos	Aprovechamiento del 82% de los desechos recibidos.	Informe de toneladas de desechos procesados.	Los desechos sólidos son reincorporados a nuevos procesos productivos.

	Resumen narrativo de los objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Actividades	1.1 Identificación de actores sociales			
	1.2 Redacción preliminar de normativa	Participación del 50% de líderes comunitarios en la formulación de la normativa.	Informes de participación.	Normativa socializada.
	1.3 Revisión y correcciones			
	1.4 Aprobación de normativa			
	2.1 Planificación de campañas de educación ambiental	Participación del 80% de pobladores de las comunidades en las charlas.	Informes sobre visitas. Fotografías.	Involucramiento de comunidades.
	2.2 Realización de campañas			
	3.1 Estudio de factibilidad de la planta de tratamiento	10% de rendimiento mayor al esperado	Fondos disponibles para la ejecución.	Planta de tratamiento financieramente viable
	3.2 Adquisición presupuesto de inversión	Adquisición del 100% del presupuesto de inversión	Copias de las bases de licitación.	Autoridades, proveedores y trabajadores responden a los compromisos contraídos.
	3.3 Construcción y supervisión de obras	Al menos tres empresas participan en la licitación para construir.		
	3.4 Compra de maquinaria y equipo			

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en el análisis de alternativas.

3.4.4. Descripción del marco lógico

A continuación, se describen los cuatro niveles de objetivos de la matriz de marco lógico, identificados a partir del análisis del problema.

3.4.4.1. Fin

Es el objetivo que la propuesta pretende alcanzar a largo plazo, generalmente obedece a un nivel estratégico (políticas de desarrollo).

El fin de esta propuesta es mejorar la calidad de la salud de la población del municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa. Debido a que es un impacto a largo plazo, se espera que ocurra después de cinco años de implementada la propuesta, cuando el manejo de los desechos sólidos se esté realizando de forma integral en el municipio.

Para poder monitorear que este fin se esté alcanzando, se plantea como indicador el reducir el 15% de enfermedades en el municipio vinculadas con el manejo de los desechos sólidos, para comprobarlo se debe recurrir a estadísticas municipales de salud, testimonios, visitas domiciliarias.

Asimismo, para la sostenibilidad (continuidad en el tiempo) de este fin se espera el involucramiento de las familias del municipio en las actividades a ejecutarse para mejorar la calidad del medio ambiente y de la salud.

3.4.4.2. Propósito

Es el objetivo de ejecución; es decir, el efecto directo que fomentará la implementación de la propuesta.

El objetivo específico de la propuesta es reducir la contaminación ambiental causada por los desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa, el cual se espera alcanzar luego de dos o tres años de implementada la propuesta.

Para poder determinar si la propuesta se está realizando de forma exitosa, se plantea como indicador la reducción en un 15% del nivel de contaminación debido a los desechos acumulados en el vertedero municipal, para comprobarlo se debe recurrir a estadísticas ambientales.

Para que el fin de la propuesta sea logrado, se debe alcanzar antes el propósito. Para ello, es vital que sean sometidos a tratamiento la mayor cantidad posible de los desechos generados en el municipio.

3.4.4.3. Componentes

Son los resultados terminados; es decir, las obras, estudios, servicios y capacitación específicos que se requiere que la propuesta genere. Se proponen tres componentes:

- a. Normativa municipal sobre el manejo de los desechos sólidos.
- b. Educación ambiental para la población del municipio sobre el manejo de los desechos sólidos.
- c. Planta de tratamiento de desechos sólidos.

La *normativa municipal* comprende aquellas ordenanzas municipales que van a normar y mejorar el manejo de los desechos sólidos. Durante la ejecución de la propuesta se espera la aplicación de la normativa por parte del 60% de habitantes, comercios, hospitales, e industrias después de dos de ser socializada.

La *educación ambiental* se logrará a través de campañas de capacitación, las cuales se van a realizar dos o tres veces por año y están destinadas a los niños y jóvenes en los diferentes centros educativos (escuelas, institutos, universidades), así como al público en general de forma presencial y a través de diferentes medios de comunicación (televisión, radio, redes sociales). Con las campañas de educación ambiental se espera que durante el primer año de realizadas, el 60% de pobladores (comunidades y establecimientos) con conocimientos y prácticas para el manejo de desechos sólidos.

La ejecución de los primeros dos componentes será responsabilidad de la Municipalidad de Asunción Mita en colaboración con los involucrados pertinentes (jefes de comunidades, establecimientos educativos, ministerios, entre otros).

La planta de tratamiento de desechos, es el núcleo central de esta propuesta y comprenderá la recepción de los desechos recolectados y la recuperación de los recursos contenidos en los mismos. Con esta propuesta se busca desde su implementación aprovechar el 80% de los desechos sólidos generados en el municipio, disminuir a un 20% la cantidad de desechos que llegan al vertedero, así como generar ingresos por la venta de los productos resultantes del tratamiento de los desechos.

Cada uno de los componentes de esta propuesta es necesario para lograr el propósito. Para ello es conveniente que a) La normativa sea adoptada por habitantes, comercios, hospitales, e industrias, b) Las campañas de educación ambiental lleguen hasta las aldeas y caseríos más lejanos del municipio y, c) Los desechos sólidos son reincorporados a nuevos procesos productivos. Si los componentes se producen adecuadamente, se logrará el propósito.

3.4.4.4. Actividades

Son las tareas que el ejecutor debe llevar a cabo para producir cada componente e implican la utilización de recursos.

En la elaboración de la normativa son necesarias las actividades de identificación de actores sociales (líderes o representantes de las diferentes comunidades), redacción preliminar de la normativa, revisión y correcciones; estas actividades serán responsabilidad de la Dirección Municipal de Planificación, la aprobación de la normativa estará a cargo del Concejo Municipal. Se espera que al menos el 50% de líderes comunitarios convocados participen en la formulación de la normativa.

En cuanto a la realización de las campañas de educación ambiental, la planificación así como la realización de las mismas debe estar a cargo de la Oficina Municipal de Medio Ambiente. En dichas campañas, se desea la participación de al menos 80% de pobladores de las comunidades.

Para implementar la planta de tratamiento son necesarias las actividades de adquisición del presupuesto de inversión, el cual debe ser una colaboración entre la Municipalidad y los Concejos de Desarrollo; la elaboración del estudio de factibilidad de la planta de tratamiento, la construcción y supervisión de obras a cargo de la empresa ganadora de la licitación y la compra de la maquinaria y equipo a través de la Dirección Municipal de Finanzas. Con la ejecución de estas actividades se espera 10% de redimiento mayor al esperado, adquirir el 100% del presupuesto de inversión dentro de un cronograma aceptable y la participación de al menos tres empresas en la licitación de la construcción.

Para lograr que la propuesta produzca los componentes y así, producir el propósito y el fin es indispensable que a) La normativa sea socializada, b) El involucramiento de

comunidades en las campañas y, c) Autoridades, proveedores y trabajadores, responden a los compromisos contraídos.

3.5. Método científico

Se utilizó el método científico al seguir un procedimiento lógico que permitió obtener de forma ordenada, la información necesaria para comprobar el postulado de la hipótesis; de tal manera que se explique la relación entre las variables que afectan el fenómeno del estudio. Lo anterior justifica el motivo por el cual se utilizó en el análisis del tratamiento de desechos sólidos y la reducción de la contaminación para el mejoramiento de las condiciones de salud y ambientales en el municipio.

3.5.1. Enfoque de la investigación

Esta investigación tiene un enfoque mixto ya que se realizó un proceso que recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos, en un mismo estudio.

Mediante el enfoque cuantitativo se recolectó y analizó la información respecto a la generación actual y futura de desechos en el municipio. En tanto que, por medio del enfoque cualitativo, se obtuvo información sobre la percepción de la población respecto al actual manejo de los desechos.

A través del enfoque mixto se obtuvo una perspectiva más amplia sobre el tratamiento de desechos sólidos y su incidencia en el mejoramiento de las condiciones de salud y ambientales en el municipio.

3.5.2. Alcance de la investigación

El alcance de la investigación es de tipo correlacional, ya que se busca medir el grado de relación entre dos o más variables.

Las variables de esta investigación son tratamiento de desechos sólidos y contaminación ambiental. La correlación entre estas variables sustenta la hipótesis sometida a prueba en esta investigación. Ya que se busca comprobar si el tratamiento de los desechos sólidos generados puede reducir la contaminación ambiental en Asunción Mita y con esto mejorar las condiciones de salud y ambientales del municipio.

3.5.3. Diseño de la investigación

El diseño utilizado en esta investigación es no experimental ya que es una investigación que se realizó sin manipular deliberadamente las variables en estudio y solo se observaron los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos.

Asimismo, es un diseño no experimental transversal, ya que los datos fueron recolectados en un tiempo determinado.

3.6. Técnicas de investigación utilizadas

Para el desarrollo de esta investigación se emplearon técnicas de investigación documental y de campo, las cuales se detallan a continuación.

3.6.1. Técnicas de investigación documental

Se utilizaron fuentes secundarias con las cuales se definió el marco teórico por medio de libros, publicaciones y material digital donde se realizaron lecturas utilizando técnicas de análisis, abstracción y síntesis. De la misma manera, se utilizaron fuentes secundarias con otros temas de interés como por ejemplo información estadística del Instituto Nacional de Estadística -INE- para conocer datos demográficos del municipio de Asunción Mita, las proyecciones de crecimiento de la población para así proyectar la generación de desechos de los próximos años en el municipio.

Asimismo, se consultaron leyes relacionadas con los desechos sólidos como la Constitución Política de la República de Guatemala, el Código Municipal y el Código de Salud, entre otros.

3.6.2. Técnicas de investigación de campo

Dentro de las técnicas empleadas en la investigación de campo para la recopilación de información, se encuentran las siguientes:

3.6.2.1. Observación directa

Se aplicó en el lugar y a personas, donde se consideró que es necesario una observación más beneficiosa para los objetivos de la investigación. Es decir, observación directa de los habitantes del municipio de Asunción Mita, al personal que recolecta la basura, así como en el vertedero municipal.

3.6.2.2. Encuesta

La encuesta se realizó a 373 encargados o jefes de hogar con el objeto de conocer la percepción de los habitantes del municipio con respecto a la situación de los desechos sólidos en el municipio y sobre la necesidad de brindarle tratamiento a los mismos (ver anexo 1).

3.6.2.3. Entrevista

Se realizó una entrevista para obtener información relacionada al manejo de desechos sólidos en el municipio, entrevistando al Director de Planificación Municipal (ver anexo 2).

3.7. Universo y muestra

La encuesta fue realizada a los jefes o encargados de hogar, para esto fue necesario conocer la cantidad de hogares en el municipio de Asunción Mita, los cuales conforman el universo de la muestra.

El universo de esta investigación está conformado por la cantidad de hogares en el municipio. De acuerdo al XII Censo Nacional de Población y VII de vivienda, “para el año 2018 el municipio de Asunción Mita cuenta con 12,705 hogares” (INE, 2019, p. 253).

Se utilizó un nivel de confianza del 95% y un margen de error de 5% debido a que esta investigación no involucra aspectos de salud, por lo que para estudios de mercado son aceptados dichos porcentajes. Ya que se desconoce la proporción de la variable que se está estudiando, se tomó 0.5 como proporción de interés y el otro 0.5 como complemento, por no haber otro estudio previo. Estos datos permitirán obtener una muestra representativa del total de hogares en el municipio.

El cálculo de la muestra se presenta a continuación, utilizando la fórmula para población finita:

$$n = \frac{N z^2 p q}{(N - 1) E^2 + z^2 p q}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra (hogares a encuestar)

N = hogares del municipio de Asunción Mita

Z = 1.96 (95% de confianza)

p (factor de éxito) = 50%

q (factor de fracaso) = 50%

E (margen de error permitido) = 5%

$$n = \frac{(12,705) (1.96)^2 (0.5) (0.5)}{(12,705 - 1) (0.05)^2 + (1.96)^2 (0.5) (0.5)} = 372.90 \approx 373 \text{ hogares}$$

La encuesta fue realizada a 373 hogares del municipio de Asunción Mita. Para llevar a cabo la encuesta se utilizó un muestreo probabilístico con la técnica de azar sistemático.

Este se utilizó para seleccionar los sitios dentro del municipio donde se llevó a cabo la encuesta. Asunción Mita está conformada por 20 barrios y 36 aldeas; datos que conformaron el universo para calcular una sub muestra. Los barrios y aldeas fueron enumerados, eligiendo mediante un programa, aquellos donde se encuestó a los 373 jefes o encargados de hogar. Este procedimiento se muestra en el anexo 3.

3.8. Procedimiento metodológico

Para la realización de la presente investigación se desarrollaron las siguientes actividades:

- a. Selección del tema y unidad de análisis.
- b. Planteamiento de preguntas teóricas y empíricas como base para el desarrollo de la presente investigación.
- c. Sistematización de información secundaria para conocer el estado de arte del tema de tratamiento de desechos sólidos, a partir de lectura y evaluación bibliográfica de consulta y referencia.
- d. Definición de la metodología a emplear en la investigación: definición del problema, objetivos de investigación, hipótesis, método y técnicas de investigación a utilizar.
- e. Conocimiento y caracterización de información relevante sobre los desechos sólidos a nivel mundial, en Guatemala y en el municipio de Asunción Mita.

- f. Investigación de campo a través de una encuesta a jefes o encargados de hogar y entrevista al Director Municipal de Planificación.
- g. Análisis de las encuestas y entrevista realizadas.
- h. Formulación de la propuesta de tratamiento de desechos sólidos para el municipio de Asunción Mita.
 - i. Caracterización de los desechos sólidos generados en hogares del municipio, con el propósito de determinar la producción per cápita de desechos así como la composición física de los mismos.
 - ii. Definición del servicio principal que ofrecerá la propuesta así como los productos resultantes y sus precios.
 - iii. Proyección de la cantidad de desechos generados en Asunción Mita para los próximos diez años.
 - iv. Descripción de los principales aspectos técnicos necesarios para llevar a cabo el tratamiento de los desechos sólidos.
 - v. Detalle de la forma en que podrá ser gestionada dicha propuesta al implementarse.
 - vi. Identificación de los impactos positivos y negativos que tendrá la implementación de la propuesta.
 - vii. Análisis de la viabilidad financiera de la propuesta a través de diferentes indicadores.
- i. Elaboración de conclusiones y recomendaciones.

El procedimiento de caracterización de desechos sólidos se realizó con base en la Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Se realizó una revisión de datos estadísticos relativos a los desechos sólidos a nivel mundial, en Guatemala y Asunción Mita. Además, datos demográficos, que permitieron proyectar la población del municipio para los próximos diez años.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se dan a conocer los hallazgos revelados, luego de haber realizado la respectiva investigación de campo. Asimismo, se presenta la propuesta para el tratamiento de desechos sólidos en Asunción Mita.

Esta propuesta presenta la forma de implementar una planta de tratamiento, definiendo la cantidad de desechos sólidos generados por persona así como los generados por el total de los habitantes del municipio; para posteriormente establecer la capacidad de recepción y tratamiento, el proceso adecuado, las construcciones y maquinaria necesarias. Se presenta también personal requerido con las aptitudes y habilidades requeridas; se identifican los impactos que el proyecto pueda generar, proponiendo las medidas de mitigación pertinentes. Y por último se define si la propuesta es financieramente rentable para implementar.

Cabe aclarar que no serán considerados los desechos tóxicos y de alta peligrosidad como los hospitalarios, debido a que estos se eliminan con las debidas medidas de seguridad, a través de empresas y transporte especializados.

4.1. Manejo de desechos en hogares y gestión municipal en Asunción Mita

Este inciso presenta el análisis de la encuesta a los hogares y la entrevista realizada al Director de Planificación Municipal, sobre el manejo que los desechos sólidos reciben tanto por los hogares como por la municipalidad en Asunción Mita. Por ejemplo, el desecho más generado, la forma de almacenamiento, el destino que los desechos tienen en cada hogar, la posibilidad de reciclaje y la recolección de estos.

Asimismo, se analiza la percepción que en cada hogar se tiene sobre los efectos de los desechos, la gestión municipal en cuanto al manejo de estos y la necesidad de tratamiento a los desechos que llegan al vertedero municipal.

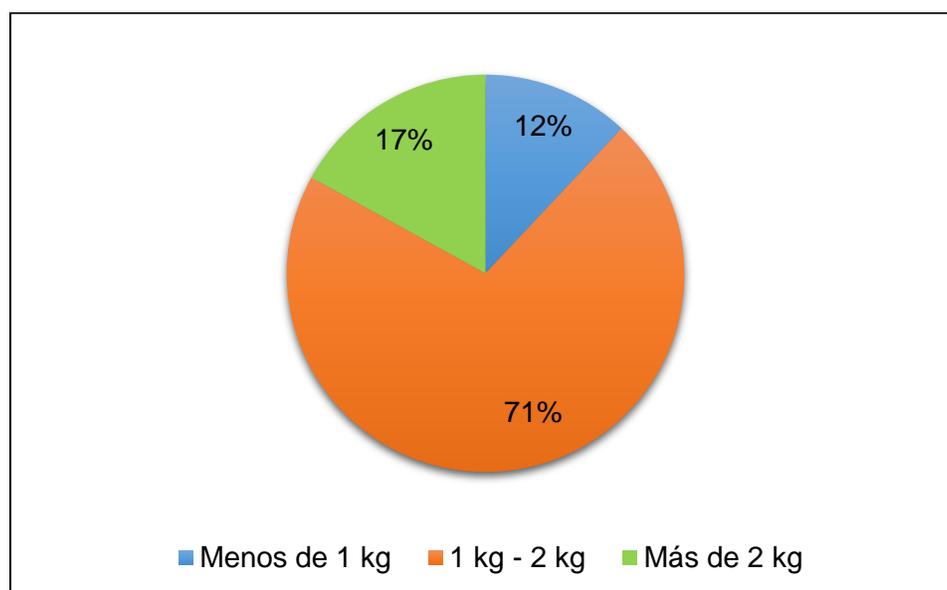
4.1.1. Generación y manejo de los desechos sólidos y gestión municipal en Asunción Mita

Asunción Mita ha presentado un desarrollo entre los años 2012-2021, el cual se evidencia por medio del crecimiento económico, expansión urbanística y en el incremento del sector industrial.

Este desarrollo va asociado con la demanda de recursos y servicios para satisfacer las necesidades de la población, que en muchas ocasiones reflejan un patrón de consumo que influye en la cantidad de desechos sólidos generados por cada hogar, sobrepasando en ocasiones la capacidad del sistema y produciendo un aumento en la generación de los desechos.

Figura 10

Estimación de desechos generados por hogar en kilogramos en el municipio de Asunción Mita



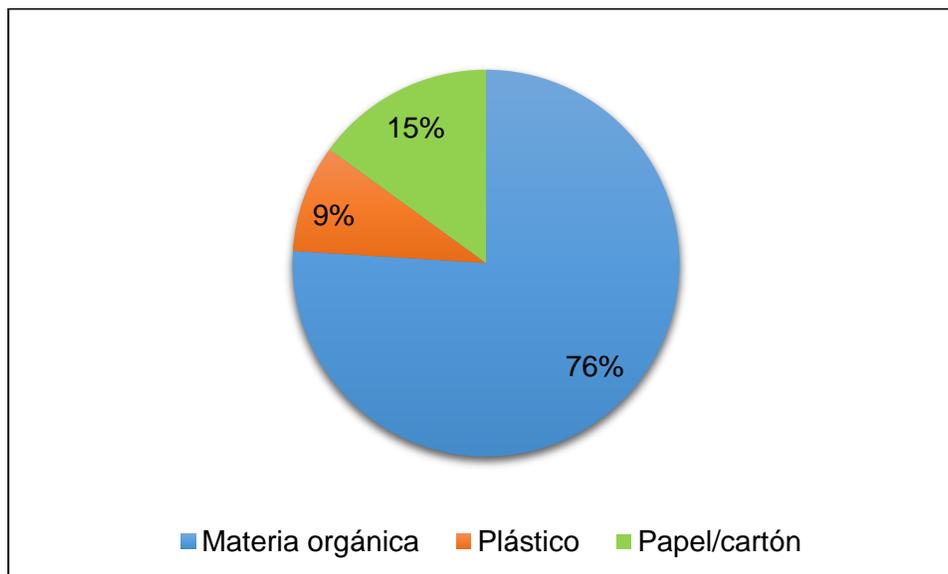
Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

Respecto a la cantidad de desechos generada por cada hogar al día que se presenta en la figura 10, el 12% de los hogares estima que generan menos de 1 kilogramo de desechos diarios (menos de 2.2 libras), el 71% considera que cada día produce entre 1 y 2 kilogramos de desechos (2.2 – 4.4 libras), mientras que el 17% cree que generan más de 2 kilogramos (más de 4 libras diarias).

En cada hogar se genera una gran variedad de desechos sólidos: materia orgánica, papel y cartón, vidrio, metales, latas, plásticos, medicamentos, pilas, bombillas, entre otros. Sin embargo, según el patrón de consumo dentro del mismo, se genera un desecho en mayor cantidad.

Figura 11

Desecho sólido más generado en hogares del municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

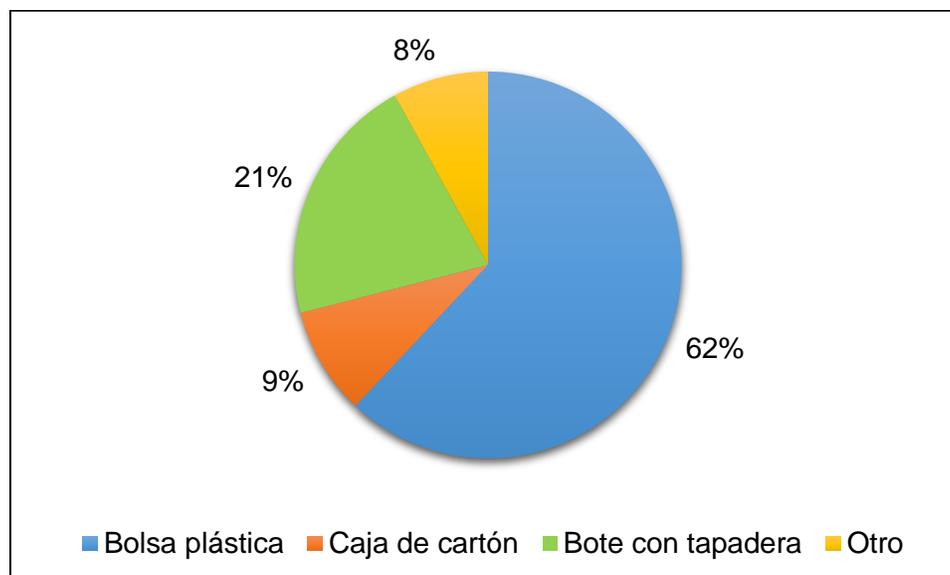
De acuerdo con la figura 11, el desecho más generado por el 76% de los hogares es la materia orgánica, la cual proviene de los productos de origen animal y vegetal, principalmente de los restos de alimentos, de agricultura y de jardinería.

El 15% de los hogares considera que el desecho más generado es papel/cartón, el cual es utilizado cotidianamente en los mismos. Los hogares que contemplan que el plástico es el desecho sólido más generado equivalen al 9% de los encuestados. Respecto a estos dos tipos de desechos, se debe principalmente al desarrollo de alguna actividad económica en su domicilio.

La disposición inicial de los desechos es la forma en que estos son almacenados o depositados en el hogar, para después ser retirados en la etapa de recolección.

Figura 12

Forma de almacenamiento de desechos sólidos en hogares del municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

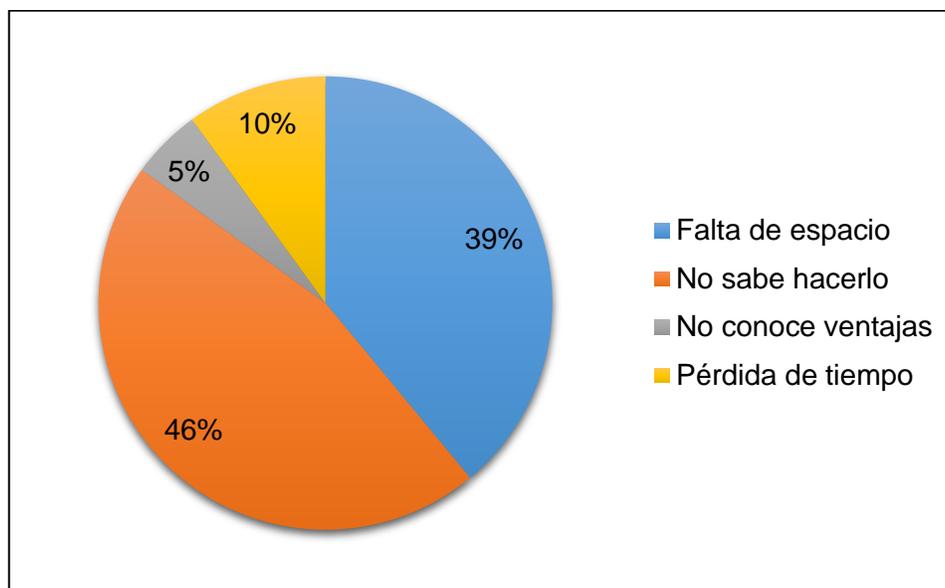
A partir de la información presentada en la figura 12, la forma más utilizada por los hogares para disponer de sus desechos es a través de las bolsas plásticas; representando el 62% de los encuestados. El 21% deposita directamente sus desechos en un bote con tapadera, los cuales evitan que los animales domésticos y/o vectores tengan acceso a la basura. El 9% utiliza una caja de cartón, la cual también forma parte de los desechos que son recolectados. El 8% de hogares utiliza otros métodos tales como costales, cubetas sin tapadera, incluso un método combinado de bolsa plástica y bote con tapadera.

La disposición inicial de los desechos puede ser general (sin clasificación y separación de desechos) o selectiva (con clasificación y separación).

En el 26% de los hogares los desechos separan los desechos en orgánicos e inorgánicos; mientras que el 74% indica que no realiza dicha tarea debido a diferentes motivos.

Figura 13

Motivos que dificultarían la clasificación de los desechos en los hogares del municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

Según la figura 13, el principal motivo por el cual los hogares no separan sus desechos es debido a que desconocen la forma correcta de realizar dicha actividad, representando el 46% de los hogares encuestados.

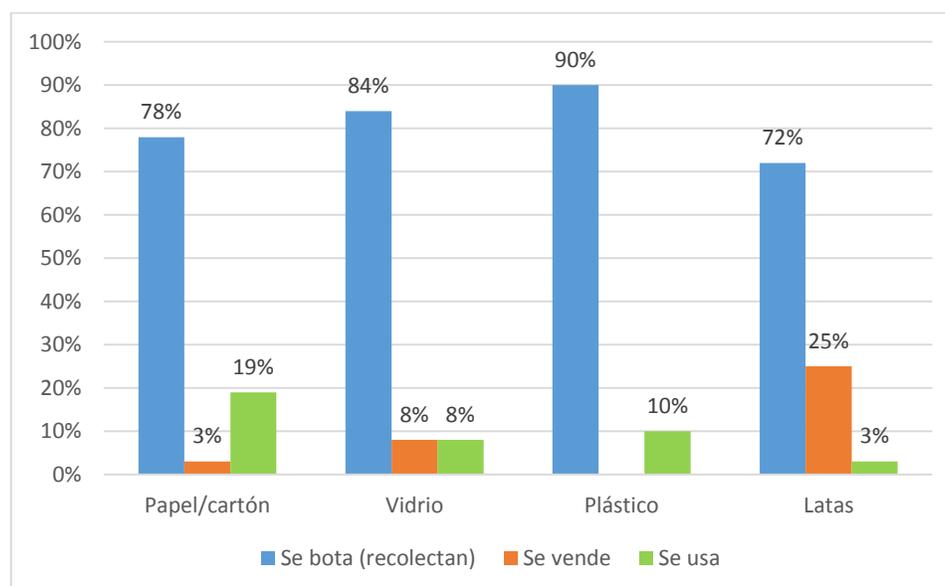
Por ejemplo, no saben si cristal y vidrio deberían ir juntos, qué hacer con aquellos objetos que están compuestos por dos tipos de desechos o qué hacer con aquellos desechos que son papel pero ya están sucios, entre otros escenarios que desconocen.

El 39% no separa sus desechos debido a que no cuentan con el espacio o recipientes suficientes para colocar bolsas que permitan separar los desechos, ya que mínimo deberían contar con al menos cuatro contenedores. La pérdida de tiempo y el desconocimiento de las ventajas de clasificar los desechos representan el 10% y 5% respectivamente.

Luego de disponer de sus desechos, con o sin clasificación, los hogares deciden que harán con los mismos; pudiendo ser reincorporados a nuevos procesos productivos.

Figura 14

Destino de los desechos en los hogares del municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

De acuerdo con la figura 14, más del 70% de los hogares en Asunción Mita botan sus desechos, ya sea porque son recolectados por el servicio municipal o haciéndolos ellos mismos.

Son pocos los hogares que venden o utilizan sus desechos reciclables, a excepción de un 19% que si utiliza el papel/cartón y un 25% que si vende sus latas. En cuanto a los hogares que reutilizan el papel, se debe a que en su domicilio se dedican a la elaboración de piñatas, arreglos florales a partir de papel y diferentes decoraciones. Los hogares que venden sus latas, lo hacen a carros recolectores que transitan por las calles del casco urbano y algunas aldeas.

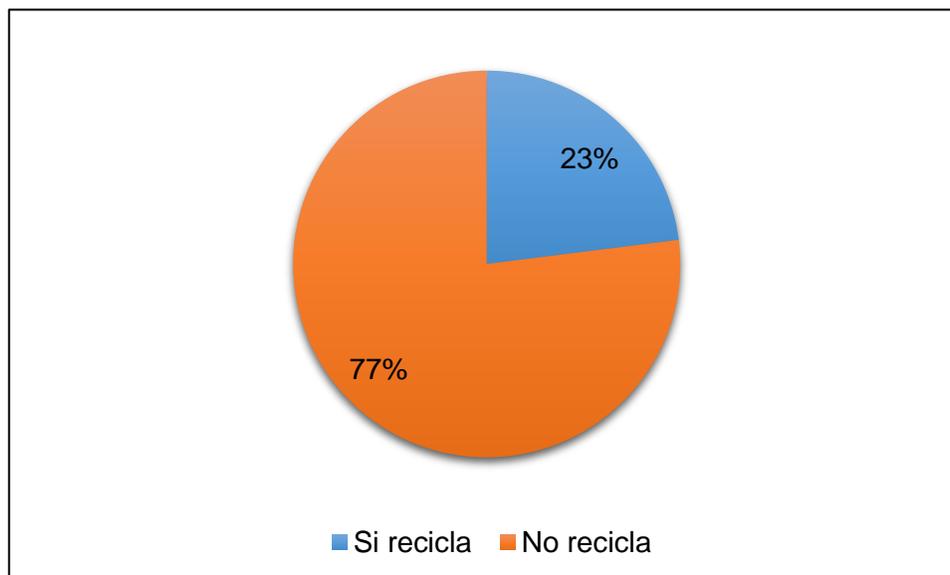
4.1.2. Reciclaje en hogares

Al hablar de reciclaje, se hace referencia a la preservación del medio ambiente en el que se vive; pensando no sólo en el entorno actual sino en el de las futuras generaciones.

El reciclaje es una herramienta útil producto de la conciencia responsable, la cual proporciona una idea de cómo contribuir y aportar ese granito de arena a la construcción de un mundo donde se respete el medio ambiente y se ayude a preservarlo.

Figura 15

Práctica de reciclaje en los hogares del municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

La figura 15 muestra que, solo el 23% de los hogares de Asunción Mita recicla parte de los desechos que genera, mientras que el 77% no aprovecha los desechos que producen para utilizarlos en otras tareas del hogar.

El reciclaje es una práctica eco-amigable que forma parte de las 3R ecológicas y es una de las mejores maneras de ayudar al medio ambiente. Al preguntar a los encuestados los beneficios que esta práctica conlleva, mencionaron los siguientes:

- a. Permite reducir la cantidad de desechos sólidos que llegan al basurero.
- b. Se reduce la contaminación, proporcionando un medio ambiente más limpio.
- c. Reduce el desperdicio que se genera en los hogares.
- d. Permite la reutilización de algunos materiales.
- e. Hogares más saludables.
- f. Permite crear nuevos productos.
- g. Preservación de recursos naturales.

Sin embargo, a pesar de los grandes beneficios que conlleva reciclar los desechos, las prácticas más comunes para disponer de los desechos son la recolección municipal,

quemarla o arrojarla a ríos y calles. Algunas de las razones mencionadas durante la encuesta para llevar a cabo estas prácticas son:

- a. Falta de conciencia ambiental para el cuidado de los recursos naturales.
- b. Falta de una legislación que sancione y proponga alternativas sanitarias para el manejo de los desechos en hogares.
- c. Rechazo al pago del servicio de recolección.
- d. Desconocimiento de las consecuencias reales de una mala disposición de los desechos.
- e. Son prácticas realizadas durante años, por lo que ya son una costumbre inadecuada en la población.
- f. El fácil acceso al basurero o ríos.

4.1.3. Recolección de desechos sólidos

La recolección de los desechos es el nexo entre la disposición inicial en el domicilio y la disposición final (así como aquellos procesos intermedios que se puedan suscitar).

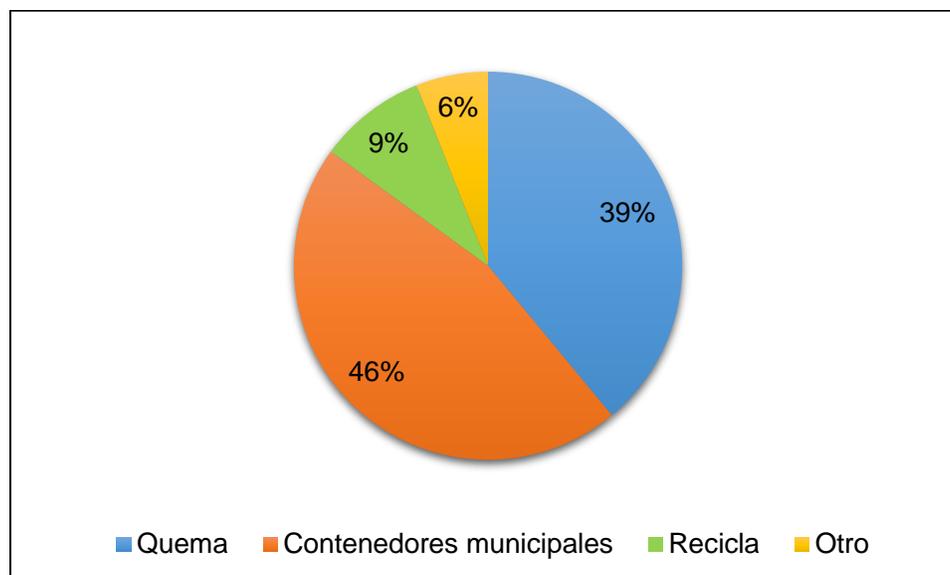
Para llevar a cabo esta actividad, los vecinos colocan en la banqueta del domicilio sus recipientes; en lo posible, poco antes del horario en que se proceda a la recolección de los desechos sólidos.

En Asunción Mita, el servicio inició actividades en marzo del 2001 siendo la municipalidad la encargada de brindar desde entonces el servicio de recolección y transporte de los desechos sólidos.

A través de la encuesta se determinó que el 78% de los hogares utilizan el servicio de recolección de basura brindado por la municipalidad. El 22% restante no lo utiliza y le brinda diferentes destinos a sus desechos.

Figura 16

Destino de desechos no recolectados por servicio municipal en el municipio de Asunción Mita



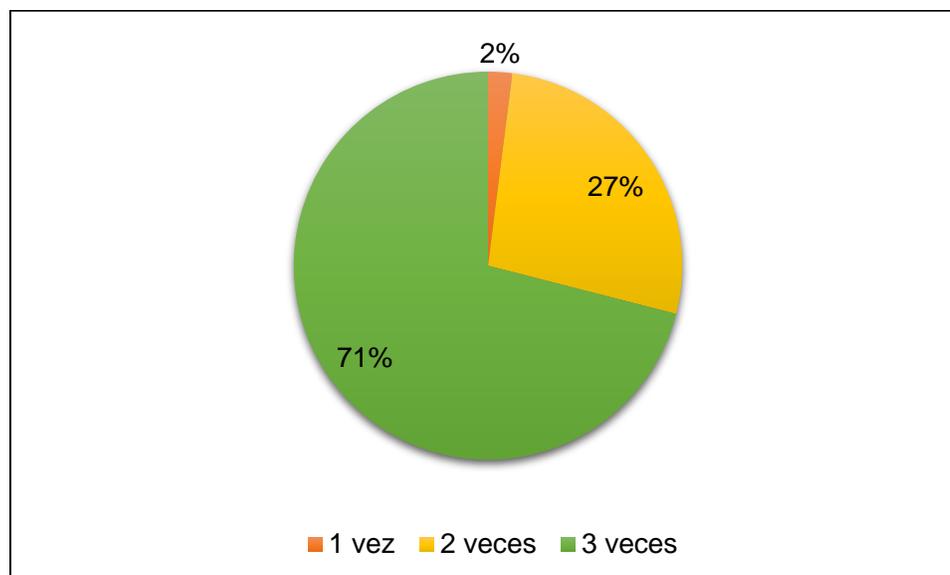
Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

La figura 16 señala que, de los hogares que no utilizan el servicio municipal de recolección; el 39% los queman, esta acción se realiza principalmente en el área rural del municipio. El 46% deposita sus desechos en contenedores municipales; ubicados en diferentes puntos del casco urbano del municipio como el parque, mercado y en algunos barrios. El 9% de hogares recicla y el 6% lleva a cabo otro destino como pagarle una pequeña cantidad a algún vecino para que la transporte.

En el municipio, el servicio de recolección funciona dos o tres días a la semana según el área de cobertura, de tal modo que la ruta prevista considera un llenado completo de la capacidad del camión recolector.

Figura 17

Número de veces que pasa el servicio de recolección en los hogares del municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

Respecto a la cobertura del servicio de recolección de desechos, la figura 17 muestra que en el 71% de los hogares, la municipalidad recolecta sus desechos tres veces a la semana; esto ocurre en el casco urbano del municipio, donde el servicio se presta los días lunes, miércoles y viernes. El 27% de los encuestados indican que el camión recolecta dos veces por semana, siendo que en el área rural el servicio se presta los días martes y jueves. Y sólo en el 2% de los hogares el servicio se da una vez a la semana (los días martes o jueves), tratándose de hogares ubicados en aldeas o caseríos muy retirados.

4.1.4. Efectos de los desechos sólidos

Los hábitos de consumo y de actividades por parte de los individuos, constituye un grave problema social y ambiental que se ha convertido en una cuestión de suma importancia.

Debido a que no todos los hogares del municipio pueden acceder al servicio de recolección de sus desechos, el Director de Planificación Municipal indica que han surgido alrededor de diez basureros clandestinos, algunas de estos se encuentran en el

Casco Urbano de la Villa, Aldea Tiucal Arriba, Aldea Tiucal Abajo, Aldea Cerro Blanco, Aldea Trapiche Vargas, Aldea San Joaquín, entre otros.

Considerando la disposición de los desechos sólidos en el vertedero municipal, así como en las calles y parques del municipio, los encuestados consideran que la salud tiene la afectación principal por la contaminación de los desechos, seguido por el medio ambiente y el paisaje.

Asimismo, al cuestionarle sobre los efectos de los desechos en estas tres áreas mencionaron los siguientes:

- a. **Salud:** Proliferación de animales transmisores de enfermedades, generación de enfermedades (respiratorias, estomacales, dolores de cabeza).
- b. **Medio ambiente:** Contaminación de ríos y aguas subterráneas, aire contaminado por constante quema de basura, generación de malos olores, pérdida de las propiedades del suelo, aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- c. **Paisaje:** Deterioro del mismo, ocupación del espacio disponible (en el vertedero).

Para evitar los efectos antes mencionados, es necesario llevar a cabo la jerarquía de la gestión integral de desechos sólidos, una de las etapas es la aplicación de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar).

4.1.5. Participación ciudadana

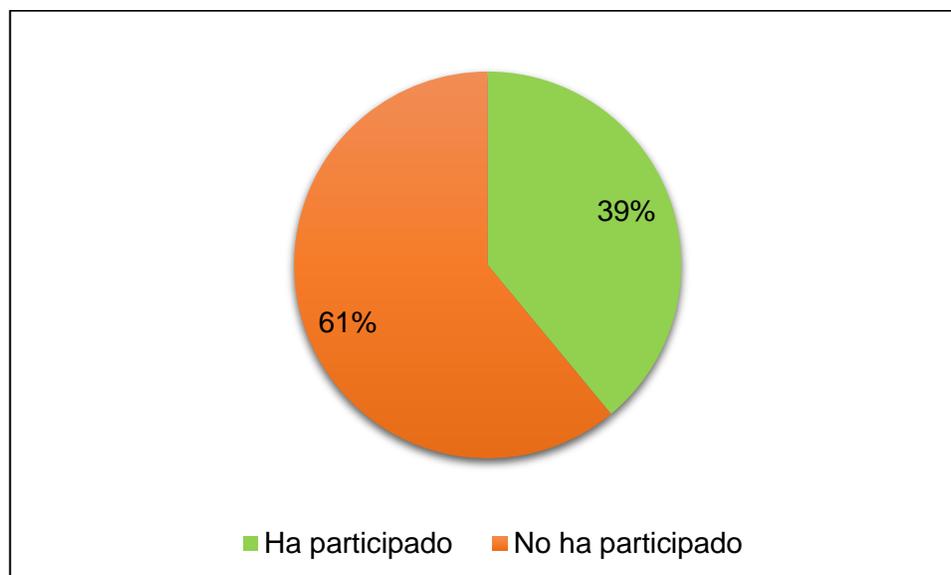
La generación de los desechos cada día va en aumento y constituye un reto para las diferentes administraciones municipales atender esta demanda, para darle una solución, mejorar su cobertura, eficiencia y que se contemple una adecuada disposición final sin afectar el medio ambiente.

La problemática que representa el manejo de los desechos sólidos generados en un municipio, departamento o país, se puede enfrentar con éxito al integrar a la gestión municipal un componente de participación ciudadana.

La participación ciudadana en el proceso de manejo de desechos sólidos puede contribuir a mejorar las acciones de gestión ambiental que realiza la municipalidad (así como los diferentes niveles de gobierno) y puede también contribuir a reducir la producción de desechos y sus impactos ambientales.

Figura 18

Participación ciudadana en actividades de manejo de desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

En la figura 18 se observa que, del total de los encuestados, tan solo el 39% ha participado en alguna actividad pro-solución a los problemas de los desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita. Entre las actividades mencionadas se encuentran:

- a. Campaña “Ciudad Limpia”, consistente en el barrido de calles y carreteras, tanto del casco urbano como de algunas aldeas del municipio, organizada por la Municipalidad.
- b. Actividad “Mercado Ambiental”, organizada por la Municipalidad y centros educativos, con el propósito de recolectar materiales de plástico, vidrio, papel y metal.
- c. Remozamiento de desechos sólidos en área ocupada como basurero en Aldea San Matías, organizada por la Municipalidad.
- d. Capacitación sobre manejo de desechos sólidos, por parte del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- e. Charlas ambientales impartidas por centros educativos.

Otra interrogante fue la forma en que podrían apoyar a mejorar el manejo de los desechos sólidos en el municipio, proporcionando las siguientes respuestas:

- a. Tratando de generar una menor cantidad de basura.
- b. Participando en capacitaciones realizadas por la municipalidad u otras instituciones.
- c. Aplicando las 3R en sus hogares y promoviendo su práctica.
- d. Participando como voluntarios en programas para el manejo de los desechos en el municipio
- e. Incentivando a las escuelas y colegios para que enseñen a los niños a dividir residuos y a reciclar para que desde pequeños tengan estos hábitos.

De igual forma, consideran que algunas de las acciones que se deben implementar en el municipio para contribuir al manejo de los desechos son las siguientes:

- a. Colocar basureros alrededor del municipio para cada tipo de desecho.
- b. Que los colegios también tengan sus basureros señalizados y que se les enseñe a los niños a clasificar la basura.
- c. Realizar por sectores, talleres con material audiovisual sobre la forma correcta de separar los desechos y reutilización de diversos materiales.

Estas acciones se constituyen como una conducta en pro del medio ambiente y tendrá un impacto más significativo en la medida en que más personas se sumen a realizar estas mismas acciones.

4.1.6. Gestión municipal en el manejo de los desechos sólidos

De acuerdo con el Director de Planificación Municipal, la municipalidad tiene un programa de monitoreo que va dirigido al cuidado y control del vertedero municipal, para evitar impactos negativos en la población, así como en el ambiente. Dentro de dicho programa se encuentra la reforestación del vertedero.

Las gestiones municipales son realizadas con base en la Política Nacional para el Manejo de los Desechos Sólidos (Acuerdo Gubernativo No. 111-2005), ya que la municipalidad no cuenta con una normativa municipal para el manejo de los mismos en el municipio.

Asimismo, como parte del plan de gobierno actual, se tiene contemplada la construcción de una planta de tratamiento de desechos sólidos, que permita dar un manejo adecuado a los mismos reduciendo el riesgo de contaminación y proteger la salud.

4.1.7. Necesidad de tratamiento a los desechos sólidos

El tratamiento en el manejo de los desechos sólidos tiene como objetivo principal disminuir el riesgo de producir contaminación y proteger la salud.

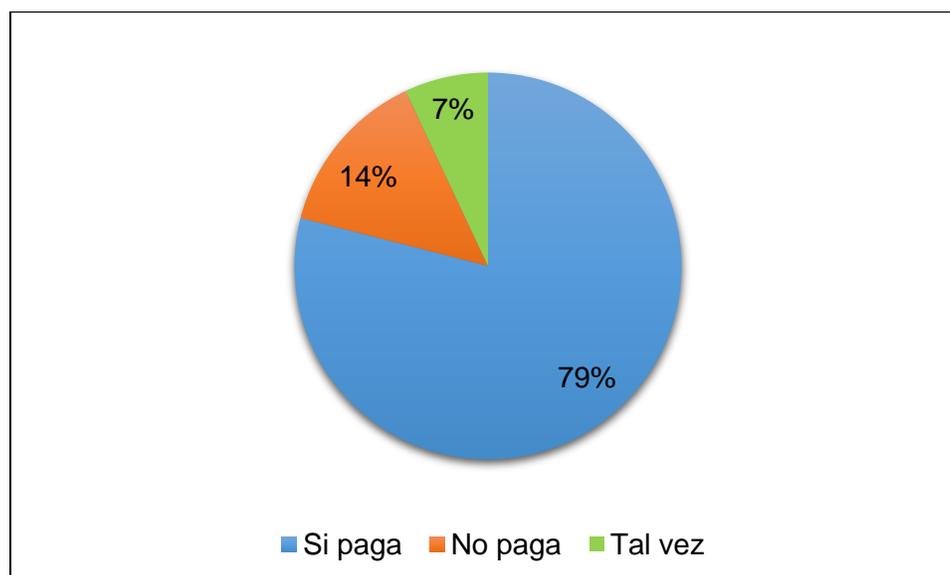
Según los encuestados, es necesario que se le brinde un adecuado tratamiento a los desechos sólidos, siendo la Municipalidad en colaboración con expertos y los propios habitantes los responsables de llevarlo a cabo.

Sin embargo, consideran que no se ha realizado ningún proyecto enfocado a dicha tarea debido a que se ha dado prioridad a otros proyectos, el desinterés por parte de las autoridades municipales, falta de apoyo de la población y la falta de fondos para ese tipo de proyectos.

De acuerdo con el Director de Planificación Municipal, al momento de que la planta inicie operaciones, podría ser necesario el cobro de una cuota mensual a los hogares, comercios, escuelas, entre otros.

Figura 19

Disposición de hogares a pagar cuota mensual por tratamiento de desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita



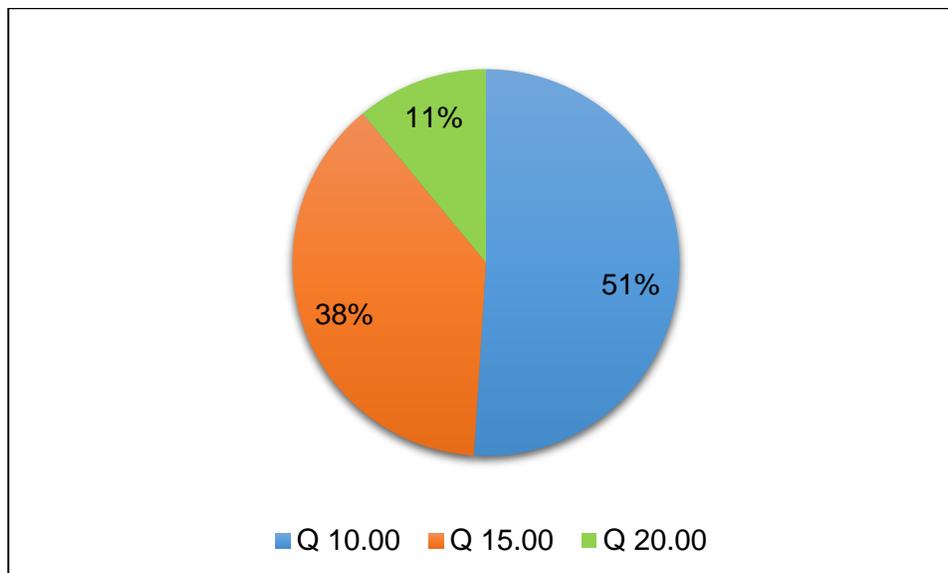
Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

La figura 19 muestra la respuesta de los jefes o encargados de hogar, al preguntarles si estarían dispuestos a pagar una cuota para el sostenimiento de la planta de tratamiento,

el 79% dijo que si estaría dispuesto a pagar una cuota (porcentaje similar a los hogares que si pagan por el servicio de recolección), el 14% dijo no estar convencido, mientras que el restante 7% no pagaría.

Figura 20

Cuota mensual para el funcionamiento de la planta de tratamiento de desechos en el Municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en encuestas a hogares.

Con base en la figura 20, el 51% de los encuestados estarían dispuestos a pagar una cuota mensual de Q 10.00 por el servicio de tratamiento de desechos sólidos que realizaría la municipalidad; un 38% pagaría Q 15.00 y el 11% de los hogares podría pagar mensualmente Q 20.00 por tal servicio.

Por tanto, la cuota que la Municipalidad de Asunción Mita podría la cuota cobrar por el servicio de tratamiento de los desechos sólidos estaría entre Q 10.00 y Q 15.00

4.2. Estudio de mercado

En este apartado, se presenta la descripción del servicio de tratamiento de desechos sólidos, el cual da origen a la investigación; analizando la demanda y oferta de tratamiento de desechos sólidos en Asunción Mita y el precio de productos resultantes de dicho proceso. El análisis de estos factores es importante ya que brindan información relevante para la realización de otros estudios.

4.2.1. Identificación del bien/servicio

El proyecto brindará el servicio de tratamiento a los desechos sólidos generados en el municipio de Asunción Mita, los cuales serán separados según su composición (orgánica e inorgánica), para la eliminación o aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos; para luego ser vendidos a clientes, quienes los utilizarán como materias primas en sus procesos de producción.

4.2.2. Productos

Los productos a obtener del proceso de tratamiento están en función de los distintos desechos que se clasificarán dentro de la planta.

- a. **Abono orgánico:** Abono obtenido del excremento de las lombrices epigeas, a partir del proceso descomponedor que llevan las lombrices al alimentarse de desechos orgánicos. Dicho abono aporta nutrientes al suelo y a las plantas, contiene hongos y bacterias benéficas y mejora la retención de agua.
- b. **Material para reciclaje:** De los desechos inorgánicos clasificados se obtendrán materiales aptos para ser reciclados e incluidos en nuevos procesos productivos, tales como: papel/cartón, plástico, vidrio, latas de aluminio y metal.

4.2.2.1. Subproductos

A partir del proceso de producción de abono orgánico se obtendrán dos subproductos:

- a. **Fertilizante foliar:** Resultado de los lixiviados originados durante el proceso de descomposición de los desechos orgánicos. Puede utilizarse como complemento nutricional para lograr un mayor rendimiento y una mejor calidad del producto final.
- b. **Lombrices:** Utilizadas para la elaboración del abono y para la introducción en parcelas con objeto de mejorar las características del suelo y su explotación agroforestal. También se utilizan como cebo de pesca.

4.2.3. Área de estudio

“El municipio de Asunción Mita se encuentra situado en la parte este del departamento de Jutiapa, en la Región IV o Región Sur-Oriental. La cabecera municipal está aproximadamente a 470 metros sobre el nivel del mar” (Concejo Municipal de Asunción Mita, 2019, p. 13)

“Cuenta con una extensión territorial de 476 kilómetros cuadrados, el 80% se estima que corresponde al área rural y el 20% restante, se ubica en el centro del municipio” (Concejo Municipal de Asunción Mita, 2019, p. 13).

Por la carretera Interamericana CA-1, en dirección hacia el oeste, desde Asunción Mita a 28 kilómetros de distancia se encuentra la cabecera departamental de Jutiapa, mientras que en dirección al sur aproximadamente a 20 kilómetros está San Cristóbal Frontera en el límite con El Salvador. (Concejo Municipal de Asunción Mita, 2019, p. 13)

4.2.4. Análisis de la población

De acuerdo con el XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda, “para el año 2018 Asunción Mita tenía una población de 48,297 habitantes” (INE, 2019, p. 93). Asimismo, según estimaciones del INE, para el año 2021 el municipio cuenta con una población estimada de 49,054 habitantes.

“En Asunción Mita la población es mayoritariamente no indígena representado un 98.48% y el 1.52% representa a la población indígena” (INE, 2019, p. 120).

“La composición por género de la población es de 48.01% perteneciente al sexo masculino y el 51.99% corresponde al género femenino” (INE, 2019, p. 93), lo cual indica que existe una leve mayoría de mujeres en el municipio.

“La densidad poblacional es de 102 habitantes por kilómetro cuadrado, y la población de este municipio mayoritariamente vive en el área rural, representada por el 64.29% y en el área urbana habita el 35.71% del total de la población” (Concejo Municipal de Asunción Mita, 2019, p. 13).

“El 55.40% de la población es relativamente joven (1-30 años)” (INE, 2019, p. 93), esto hace indispensable crear las condiciones socioeconómicas necesarias para integrar adecuadamente a este grupo de la población a la sociedad, al sistema educativo y al mercado laboral en provecho de ellos mismos y de la colectividad.

“La tendencia demográfica del municipio corresponde a una tasa promedio de 0.52%, siendo mucho menor a la tasa departamental que es de 1.38%” (INE, 2019, s.p.). De

acuerdo con dicha tasa, el crecimiento poblacional que experimentará el municipio en los diez años de horizonte de la propuesta (2021-2030) se presenta en la tabla 5.

Tabla 5

Proyección de población del municipio de Asunción Mita (2022-2031)

Año	Población proyectada
2022	49,039
2023	49,566
2024	49,824
2025	50,083
2026	50,343
2027	50,605
2028	50,868
2029	51,133
2030	51,398
2031	51,666

Nota: Instituto Nacional de Estadística (s.f.) Estimaciones de la Población total por municipio. Período 2015-2035.

4.2.5. Análisis de la demanda

En este apartado se analizará la generación de desechos sólidos en el municipio, tanto actual como futura en Asunción Mita.

Para calcular la producción per cápita de desechos sólidos en el municipio (casco urbano y aldeas) y así establecer la generación actual y futura de desechos se llevó a cabo el procedimiento para la caracterización de desechos sólidos establecido por el MARN, el cual se describe en el anexo 4. La fórmula para determinar la PPC del municipio de Mita es la siguiente:

$$PPC = \frac{\text{Peso total de las muestras (libras o kilos)}}{\text{Número total de personas de la muestra}} * 1/3 \text{ días}$$

La tabla 6 muestra el resumen de los datos necesarios para efectuar dichos cálculos, los cuales fueron recolectados durante 3 días, en 373 hogares que en conjunto estaban integrados por 929 habitantes. Los datos sobre la cantidad de desechos generados por hogar se presentan en el anexo 5.

Tabla 6*Desechos sólidos recolectados en hogares del municipio de Asunción Mita*

Descripción	Cantidad (kg)
Día 1	306.75
Día 2	288.60
Día 3	282.20
Total desechos	877.55
Total habitantes	929

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en investigación de campo.

Sustituyendo los datos de la tabla 6 en la fórmula de PPC descrita anteriormente, se obtiene que:

- a. Peso total de desechos de la muestra: 877.55 kilogramos
- b. Total de personas de la muestra: 929
- c. Días recolectados: 3

$$\text{PPC} = \frac{877.55 \text{ kg}}{929 \text{ habitantes}} * 1/3 = 0.31 \text{ kg/habitante}$$

Con una producción per cápita de 0.31 kg/día, en un año cada habitante del municipio genera 112.84 kg de desechos sólidos. La tabla 7, muestra los desechos que en año 2021 se generan en el municipio de Asunción Mita con base en la proyección poblacional del INE.

Tabla 7*Desechos sólidos generados en el año 2021 en el municipio de Asunción Mita⁵*

Descripción	Cantidad
Proyección de población año 2021	49,054 habitantes
Desechos generados diariamente	15,206.74 kg (15.21 toneladas)
Desechos generados anualmente	5,535,253.36 kg (5,535.25 toneladas)

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en investigación de campo.

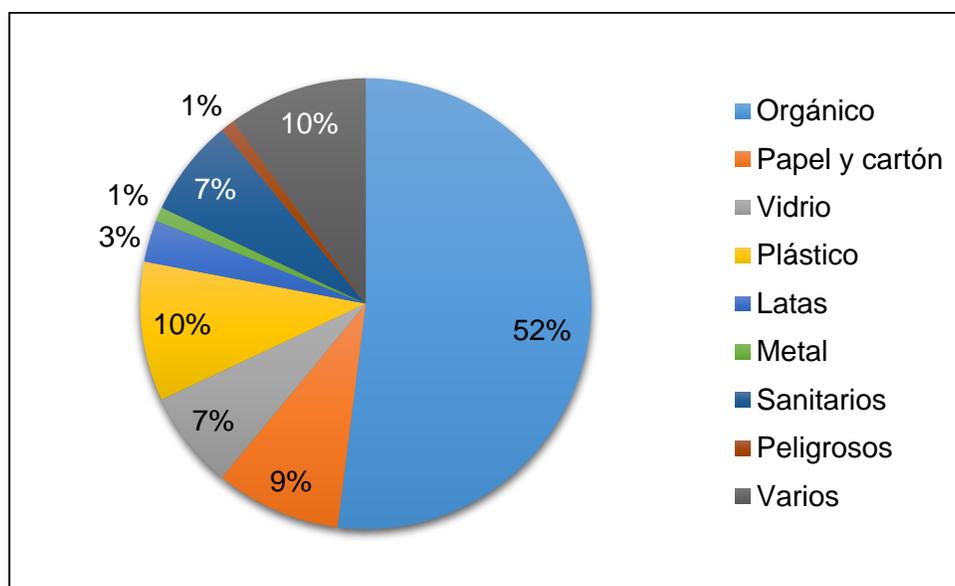
⁵ Se consideran 7 días por semana. 13 semanas por trimestre, para un total de 52 semanas por año. Por tanto los cálculos están en función de 364 días por año.

Para establecer la composición física de los desechos sólidos generados en el municipio, se llevó a cabo el procedimiento establecido por el MARN. Dicho procedimiento también se describe en el anexo 4.

Las actividades diarias generan una diversidad de material desechado como envases, papeles, vidrios, materia orgánica, entre otros; los cuales determinan la composición física de los desechos generados. La figura 21 muestra el peso que representa cada desecho del total generado en Asunción Mita.

Figura 21

Composición física de los generados en el municipio de Asunción Mita



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en investigación de campo.

De acuerdo a los resultados de la composición física presentados en la figura 21, son los desechos orgánicos (52%) los que llegan en mayor cantidad al vertedero municipal, los cuales en su mayoría provienen de restos de alimentos.

Los desechos inorgánicos recuperables equivalen al 30% (papel/cartón, vidrio, plástico, latas y metal) y los desechos inorgánicos no recuperables equivalen al 18% (desechos sanitarios, peligrosos y varios).

La generación de desechos sólidos para los próximos 10 años (2022-2031) se proyectó multiplicando la población proyectada en la tabla 5 por la producción per cápita de 0.31 kg/habitante.

Tabla 8*Proyección diaria y anual de desechos generados en Asunción Mita (2022-2031)*

Año	En kilogramos		En toneladas	
	Diario	Anual	Diario	Anual
2022	15,285.79	5,564,027.56	15.29	5,564.03
2023	15,365.46	5,593,027.44	15.37	5,593.03
2024	15,445.44	5,622,140.16	15.45	5,622.14
2025	15,525.73	5,651,365.72	15.53	5,651.37
2026	15,606.33	5,680,704.12	15.61	5,680.70
2027	15,687.55	5,710,268.20	15.69	5,710.27
2028	15,769.08	5,739,945.12	15.77	5,739.95
2029	15,851.23	5,769,847.72	15.85	5,769.85
2030	15,933.38	5,799,750.32	15.93	5,799.75
2031	16,016.46	5,829,991.44	16.02	5,829.99

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la Tabla 5 y la PPC de desechos.

Se estima que la composición de desechos sólidos generados durante los primeros diez años de operación de la planta de tratamiento no presentará variación en cuanto al porcentaje de los diferentes tipos de desechos, siendo 52% de materia orgánica y 48% de material inorgánico (vidrio, papel y cartón, aluminio, plástico, metales y otros).

4.2.6. Análisis de la oferta

La oferta es el conjunto de bienes o servicios que se ofrecerán a un precio dado y durante la vida útil del proyecto.

Actualmente la municipalidad de Asunción Mita presta el servicio de recolección y transporte de desechos sólidos comunes en residencias, comercios, mercados, industrias, áreas públicas, entre otras.

El servicio inició actividades en marzo del 2001 y funciona durante dos o tres días a la semana, según sea el área de cobertura. Según el Jefe de Servicios Públicos Municipales de Asunción Mita, dicho servicio es solicitado por el 85% de los hogares del municipio.

El tipo de transporte que se utiliza son tres camiones con capacidad de transportar ocho toneladas de desechos por viaje. Este tipo de camión cuenta con una cubierta que

resguarda los desechos de manera adecuada al ser trasladados hacia el vertedero municipal. La tabla 9 muestra la oferta de recolección y transporte, diaria y anual que tiene la Municipalidad con base a la capacidad de sus camiones.

Tabla 9

Oferta diaria y anual (en toneladas) de recolección de la Municipalidad de Asunción Mita

Número de camiones	Capacidad diaria	Capacidad anual
Uno	8	2,080
Tres	24	6,240

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en información del Jefe de Servicios Públicos Municipales de Asunción Mita.

Para la disposición final de los desechos también la municipalidad dispone de un vertedero destinado al vuelco de los desechos urbanos recolectados diariamente, el cual tiene un área de aproximadamente 6,300 metros cuadrados.

Actualmente, no existe en el municipio un sistema de tratamiento de los desechos sólidos que permita disminuir el peso y volumen de los desechos que llegan al vertedero. La oferta potencial surge de la ausencia de una capacidad instalada que brinde el tratamiento a los desechos generados, la cual estará en función de la demanda proyectada a diez años que será la vida útil del proyecto.

Por tanto, la oferta potencial de la planta de tratamiento es igual a la cantidad de desechos que se generarán durante los próximos diez años (ver tabla 8).

4.2.7. Precios de los productos resultantes del tratamiento de desechos

A continuación, se detallan los precios de los productos obtenidos a partir del proceso de tratamiento de desechos sólidos.

Dichos precios se establecieron con base a la comparación de precios de empresas que comercializan estos productos:

- a. **Abono orgánico y fertilizante foliar:** Fertiorgánico (Chimaltenango) Lombri-Organic (Ciudad Capital) y Agrocompost (Ciudad de Guatemala).
- b. **Lombrices:** Fulimagro (Chimaltenango) y Lombrihumus (Chimaltenango).

- c. **Materiales para reciclaje:** Recicladora La Joya (Ciudad Capital), Recicladora Las Tres Marías (Ciudad Capital) y Recicladora Caniz (Chiquimula).

Tabla 10

Precios de productos ofrecidos en la planta de tratamiento

Producto	Unidad de medida	Precio de venta
Abono orgánico	100 libras	Q 100.00
Fertilizante foliar	Galón	Q 50.00
Lombrices	Kilogramo	Q 75.00
Papel/cartón	Quintal	Q 25.00
Plástico	Quintal	Q 50.00
Vidrio	Quintal	Q 5.00
Latas	Quintal	Q 125.00
Metal	Quintal	Q 150.00

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en investigación de campo.

Los precios descritos en la tabla 10, son más accesibles en comparación con los productos que se encuentran en el mercado dentro del municipio y los alrededores.

4.3. Estudio técnico

Este estudio incluye los aspectos técnicos para implementar la planta de tratamiento de desechos sólidos en Asunción Mita. Para ello se ha considerado el tamaño necesario de la planta y la localización; se describe el proceso de tratamiento, se realiza una descripción de instalaciones y la maquinaria y equipo necesario.

Por tanto, se responde a las preguntas: cuánto, dónde, cómo, cuándo y con qué se dará tratamiento a los desechos sólidos en el municipio.

4.3.1. Tamaño del proyecto

El tamaño de la planta se refiere a la capacidad de la misma, expresada en unidades producidas por unidad de tiempo.

- a. La capacidad de procesamiento de la planta de tratamiento, está en función de la proyección de habitantes en Asunción Mita para el año 2031 y la producción per cápita de desechos, 51,666 habitantes y 0.31 kg/día de desechos.

- b. De acuerdo con la tabla 8, 51,666 habitantes generarán en un día 16,016.46 kg de desechos (16.02 toneladas), en el año 2031.
- c. Tomando como referencia el año 2031, 16,016.46 kg/día generados multiplicado por 7 días de la semana y dividido entre 5 días que son los que la planta trabajará; se recibirán por tanto, 22,423.44 kg/día de desechos (22.42 toneladas/día).

La planta de tratamiento tendrá la capacidad de recibir y clasificar 22.42 toneladas diarias (equivalente al año 2031), de las cuales 18.39 toneladas serán procesadas a través de los diferentes tratamientos y 4.04 toneladas de desechos tendrán un vertido controlado.

El servicio de recolección y transporte trabajará en conjunto con la planta de tratamiento al transportar los desechos hasta las instalaciones de la planta. Por tanto, de acuerdo con la tabla 9, la Municipalidad de Asunción Mita cuenta con la capacidad diaria y anual necesaria para transportar los desechos recolectados.

Considerando la composición física de los desechos generados en el municipio, presentada en la figura 21; a la planta llegarán el 100% de los desechos recolectados, de los cuales el 82% recibirá tratamiento (52% orgánicos y 30% inorgánicos recuperables), mientras que el 18% restante tendrán un vertido controlado ya que constituyen desechos inorgánicos no recuperables.

La tabla 11 presenta la recepción de desechos diaria y anual, que tendrá la planta de tratamiento en función de su capacidad, haciendo referencia la cantidad de desechos que serán aprovechados o tendrán vertido controlado.

Tabla 11*Escala de recepción diaria y anual (en toneladas) de desechos de la planta de tratamiento*

Año	Capacidad diaria				Capacidad anual			
	Orgánicos	Inorgánicos recuperables	I. No recuperables	Total	Orgánicos	Inorgánicos recuperables	I. No recuperables	Total
2022	11.13	6.42	3.85	21.40	2,893.29	1,669.21	1,001.52	5,564.03
2023	11.19	6.45	3.87	21.51	2,908.37	1,677.91	1,006.74	5,593.03
2024	11.24	6.49	3.89	21.62	2,923.51	1,686.64	1,011.99	5,622.14
2025	11.30	6.52	3.91	21.74	2,938.71	1,695.41	1,017.25	5,651.37
2026	11.36	6.55	3.93	21.85	2,953.97	1,704.21	1,022.53	5,680.70
2027	11.42	6.59	3.95	21.96	2,969.34	1,713.08	1,027.85	5,710.27
2028	11.48	6.62	3.97	22.08	2,984.77	1,721.98	1,033.19	5,739.95
2029	11.54	6.66	3.99	22.19	3,000.32	1,730.95	1,038.57	5,769.85
2030	11.60	6.69	4.02	22.31	3,015.87	1,739.93	1,043.96	5,799.75
2031	11.66	6.73	4.04	22.42	3,031.60	1,749.00	1,049.40	5,829.99

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la Tabla 8 y la Figura 21.

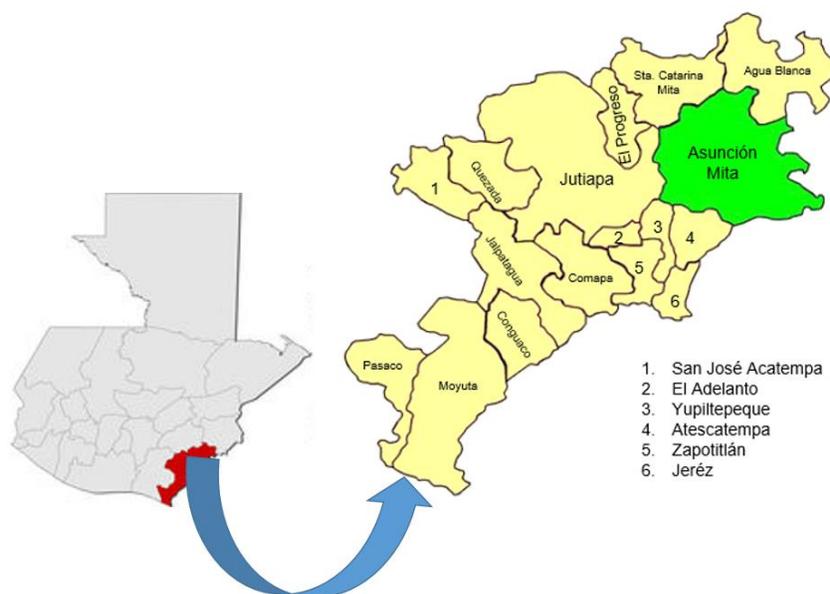
4.3.2. Localización

La ubicación propuesta busca estar alejada de propiedades, viviendas y comercios, así como de ríos y fuentes de agua, para evitar su contaminación.-

El área macro donde se ubicará la planta de tratamiento de desechos sólidos será en el municipio de Asunción Mita ubicado en el kilómetro 145 de la carretera Interamericana. El municipio se encuentra situado en el departamento de Jutiapa, en la región IV o región sur-oriental.

Figura 22

Macrolocalización de la planta de tratamiento



Nota. Elaboración propia (2021).

A nivel micro, la localización de la planta de tratamiento busca identificar y seleccionar el lugar óptimo para el desarrollo de la misma. Para definir el punto dentro del municipio donde se localizará la planta se analizaron tres opciones, por medio de un Método Cualitativo por Puntos, que consiste en establecer varios factores relevantes o cualitativos para que la localización sea óptima y asignar un peso o ponderación (factores cuantitativos) a cada uno. Las alternativas de ubicación fueron:

- a. Opción 1: Aldea San Rafael
- b. Opción 2: Finca El Salitre (kilómetro 142.9)
- c. Opción 3: Caserío La Arenera, Aldea Nueva Estanzuela

La tabla 12 analiza las alternativas descritas a través de los factores relevantes para la toma de decisión de la ubicación de la planta de tratamiento.

Tabla 12

Método Cualitativo de Puntos para determinar localización

Factor	Peso	Opción 1		Opción 2		Opción 3	
		Nota	Ponderación	Nota	Ponderación	Nota	Ponderación
Propiedad del terreno	0.20	5	1.00	10	2.00	10	2.0
Distancia	0.15	9	1.35	8	1.20	5	0.75
Espacio	0.30	10	3.00	10	3.00	8	2.40
Servicios	0.15	8	1.20	8	1.20	7	1.05
Protección natural	0.10	8	0.80	9	0.90	9	0.90
Accesibilidad	0.10	9	0.90	9	0.90	8	0.80
	1.00		8.25		9.20		7.90

Nota. Elaboración propia (2021). Con ayuda del Director de Planificación Municipal.

Las ponderaciones que se asignan a cada rubro responden a una escala de 1 a 10 designadas en relación a las características descritas de cada alternativa. Con base en los resultados del cuadro, el lugar seleccionado es la opción 2, correspondiente a la Finca El Salitre, que presenta mayor puntaje en el rubro total.

La planta de tratamiento se ubicará a 2.1 kilómetros del casco urbano de la cabecera municipal. Se llega a través de la carretera Interamericana que conduce del casco urbano hacia el occidente, luego se toma el desvío que conduce hacia la finca El Salitre a través de 602 metros de una calle de terracería.

- a. **Propiedad del terreno:** El terreno es propiedad de la municipalidad por lo que no requiere realizar una inversión para su adquisición.
- b. **Distanciamiento:** Entre el terreno y las viviendas más cercanas existe una distancia entre 700 y 750 metros.
- c. **Espacio disponible:** El terreno donde se ubicará la planta de tratamiento tiene un área disponible de 11,100 metros cuadrados (74x150).

d. **Servicios públicos:** La planta se encuentra ubicada cerca de todos los servicios básicos para el desarrollo de sus actividades administrativas y operativas. Contará un sistema de abastecimiento de agua potable, la cual será de utilidad en los procesos de aprovechamiento de los desechos, para el consumo y limpieza de la planta.

Hay un centro de salud en las cercanías de las instalaciones, lo cual hace que se tenga la seguridad que el personal que tenga algún problema de salud o alguna emergencia médica. Además tendrá suministro de energía eléctrica, drenajes, servicio telefónico e internet.

e. **Protección natural:** Al momento de iniciar la fase de construcción de la planta de tratamiento, el impacto sobre el medio ambiente no es de gran magnitud. Es poca la vegetación que se deberá remover y algunas aves que tendrán que migrar.

f. **Accesibilidad:** La planta de tratamiento tendrá acceso a la Carretera Interamericana, principal carretera que conecta el casco urbano con las diferentes aldeas y caseríos. Esto facilitará la entrada y salida de los camiones recolectores, el acceso de los clientes y la distribución de los productos terminados.

Figura 23

Microlocalización de la planta de tratamiento en el municipio de Asunción Mita



Nota. Mapas de Google. Asunción Mita Jutiapa.

4.3.3. Proceso de manejo de desechos sólidos

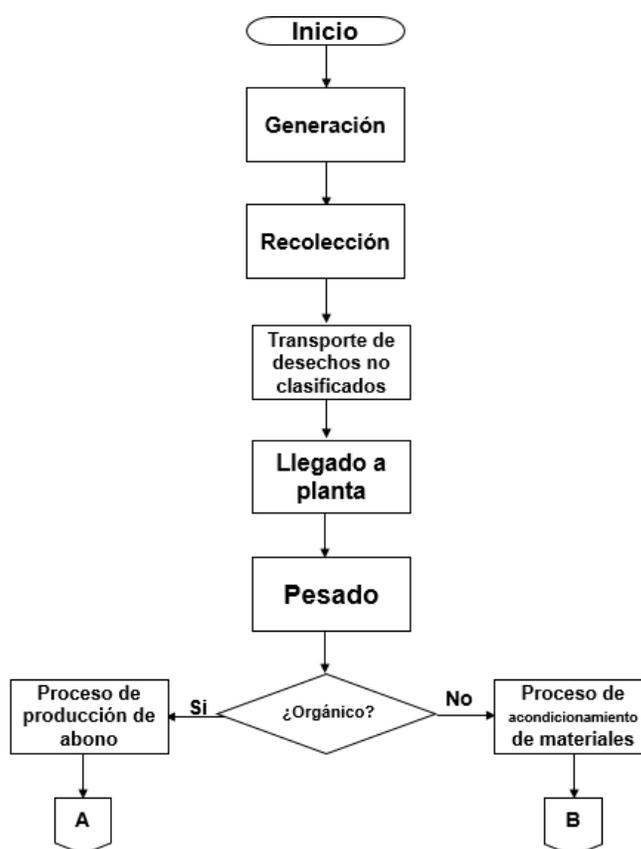
El proceso del servicio de manejo de desechos sólidos que se realizará en el municipio se representa en los siguientes diagramas. Este comprende desde la generación hasta la comercialización de los diferentes productos o el vertido controlado, según sea el caso.

Dicho proceso, será el conjunto de operaciones encaminadas a dar a los desechos sólidos generados en Asunción Mita un adecuado tratamiento, lo cual permitirá obtener por lo menos dos objetivos. Por una parte, se contribuirá a aumentar la vida útil del vertedero, al reducir la cantidad de desechos sólidos que llegan diariamente a él y, por otra parte, se generarán ingresos provenientes de la producción y venta de lombricompost y de materiales reciclables debidamente clasificados y embalados.

De esta forma, tal como lo establece la economía circular, lo que para algunos será desperdicio se convertirá en un recurso para continuar produciendo.

Figura 24

Diagrama del proceso de manejo de desechos sólidos



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la descripción de la propuesta.

El proceso inicia con la generación, etapa que se refiere a la “producción” de desechos; la cual dependerá de la toma la decisión sobre qué elementos van a ser desechados y cuáles volverán a ser utilizados o transformados para tener mayor vida útil en los lugares de origen de los desechos.

La gestión de la Municipalidad inicia con la recolección, a través de la extracción de los desechos en los hogares, comercios, mercados, industrias, áreas públicas, entre otras. Para ello, los operarios deben contar con el equipo de seguridad industrial pertinente para llevar a cabo la recolección de manera adecuada, entre estos están: uniforme, guantes, gorra y botas.

El transporte debe realizarse a través de vehículos, cerrados y acondicionados de acuerdo con medidas de seguridad y normativas, de tal manera que no permitan la dispersión de los desechos durante el viaje, garanticen su operación ante los cambios de condiciones climáticas, eviten que se rebase su capacidad de carga y deberán someterse a mantenimiento preventivo.

Transportados los desechos, estos llegan a la planta de tratamiento, en donde los desechos sólidos serán recibidos para su posterior aprovechamiento.

El trabajo en la planta inicia con el pesado. Cada camión recolector deberá pasar dos veces sobre la báscula camionera; cargado y descargado para determinar por diferencia la cantidad de desechos que transportó. El peso se registrará en un software con el cual se controlará la cantidad de desechos recibidos. Después del primer pesado, el camión debe vaciarlos en un contenedor específico para una separación inicial.

La clasificación inicial en la planta consiste en separar los desechos sólidos en orgánicos e inorgánicos. Es importante considerar esta operación para aprovechar los recursos provenientes y evitar llenar el vertedero rápidamente.

Dicha separación se llevará a cabo en un área específica en la que los desechos pasarán a través de una banda transportadora donde un grupo de operarios vestidos con equipo de protección consistente en guantes, mascarillas y uniforme; se encargarán de esta tarea. Como resultado de la separación se obtendrá papel/cartón, vidrio, plástico, latas de aluminio, metales, materia orgánica y otros, los cuales serán depositados en contenedores específicos para cada tipo de desecho.

De no realizarse esta tarea inmediatamente, la materia orgánica iniciará su descomposición natural produciendo malos olores, que atraerán insectos y roedores. Con el tiempo se espera que esta operación disminuya ya que la labor de separación deberá hacerse desde el hogar.

Una vez clasificados los desechos, inicia el proceso de aprovechamiento de los mismos, para lo cual los contenedores serán transportados por montacargas al área correspondiente. Este aprovechamiento de los desechos permite pasar de una economía lineal hacia una economía circular al integrar los desechos municipales a un nuevo proceso productivo.

Si los desechos son orgánicos (por ejemplo, frutas, verduras, cáscara de verduras y frutas, residuos de café, residuos de té, cereales, pan, cáscaras de huevo y hasta césped cortado), se dirigen al proceso de producción de abono. Si no los son, se dirigen al proceso de acondicionamiento de materiales para reciclaje.

El papel es orgánico ya que viene del árbol. Todo lo orgánico viene de cosas que contienen el elemento carbono, que es un elemento común en la materia viva, como los árboles, otras plantas y animales. Sin embargo, para propósitos de reciclaje deben ser tratado como inorgánico por el proceso particular que se les da.

De acuerdo con la economía circular, ambos procesos permiten la valorización de los desechos, mediante el aprovechamiento de los recursos contenidos en los desechos, apostando por la reutilización de los elementos que por sus propiedades no pueden volver al medio ambiente.

4.3.3.1. Proceso de producción de abono orgánico

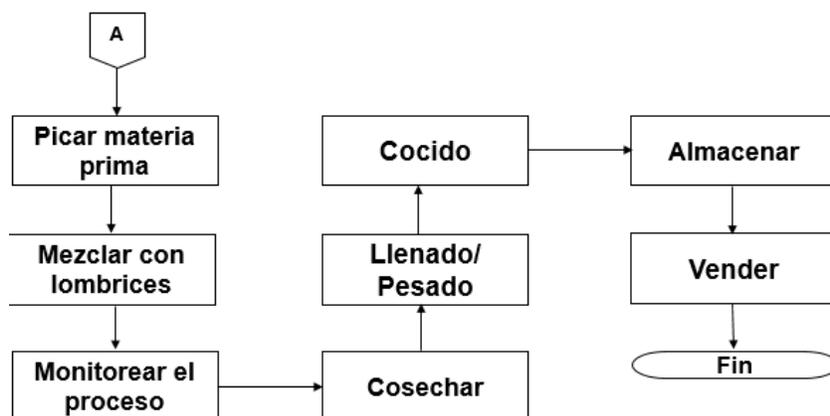
Tal como lo establecen las estrategias de la economía circular, este proceso aboga por utilizar la mayor parte de recursos orgánicos posibles en la fabricación de bienes de consumo (nutrientes biológicos) para que estos puedan volver a la naturaleza sin causar daños medioambientales al agotar su vida útil.

La producción de abono orgánico se realizará de forma conjunta entre microorganismos y lombrices para procesar material orgánico y obtener un producto comercializable. El abono elaborado será un material similar a la tierra, alto en nutrientes y utilizado

comúnmente como mejorador de suelos o sustituto de fertilizantes químicos; que será vendido a un precio competitivo a los agricultores del municipio.

Figura 25

Diagrama del proceso de producción de abono



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la descripción de la propuesta.

La producción del abono inicia con la trituración de la materia prima, lo cual implica la reducción del tamaño de los desechos. Esta actividad se realizará de forma diaria, recibiendo en promedio 11,392.21 kilogramos (11.39 toneladas)⁶ de desechos por día. La trituración se realiza para acelerar el proceso de descomposición de los desechos; entre menor sea el tamaño, mayor área superficial estará disponible para el ataque microbiano y una ingesta más eficiente y rápida. Sin embargo, si las partículas son demasiado pequeñas (<5 mm), se incrementa el desarrollo potencial de condiciones anaeróbicas y la consecuente generación de malos olores.

Conforme los desechos son clasificados (orgánicos e inorgánicos), los desechos orgánicos serán dirigidos al área de trituración donde deberá esperarse a acumular la totalidad de desechos orgánicos diarios recibidos para triturarlos. Esto permitirá aprovechar de mejor manera la capacidad de la picadora y no encenderla por pequeñas cantidades que se van clasificando.

⁶ Promedio de la recepción diaria de desechos orgánicos durante los 10 años de evaluación de la planta de tratamiento. Ver tabla 11.

Inmediatamente después de triturar los desechos, estos serán depositados en los lechos⁷ donde serán mezclados con las lombrices. La lombriz a utilizar debe presentar varias características: debe ser capaz de vivir con grupos numerosos de individuos en espacios reducidos, ser longeva y presentar una alta tasa reproductiva, su capacidad o instinto de migración debe ser reducido. También debe tener amplia tolerancia a variaciones térmicas y de humedad.

La lombriz *Eisenia foetida*⁸ es ideal para este proceso, ya que cada lombriz pesa +/- 1 gramo y es capaz de comerse su peso en comida al día transformando un 60% de ésta en humus en un período de 90 días” (Guanche García, 2015, p. 12). Por tanto, esta será la cantidad de abono que se obtendrá del proceso en relación al 100% de la materia orgánica. “Durante este tiempo las lombrices se duplican en número y al final del año se habrán reproducido 16 veces (16x)”. (AgroFlor Lombricultura, s.f., p. 28)

Se proponen 20 lechos, cada uno con un volumen de 32 m³ y capacidad de 35.5 toneladas⁹. Los desechos recibidos y triturados durante un día (11.39 toneladas en promedio) serán mezclados con lombrices en los primeros 5 lechos. Los desechos del siguiente día serán mezclados en los siguientes 5 lechos, así hasta completar los 20 lechos; esto dará tiempo a la lombriz para alimentarse de los desechos depositados. De esta manera, las lombrices serán alimentadas (en grupos de 5 lechos) cada 4 días; realizando esta tarea durante 3 meses, tiempo en el que se obtendrá el abono orgánico. Por tanto, si se coloca en promedio 2.28 toneladas de desechos cada 4 días, los lechos llegarán al máximo de su capacidad al finalizar el trimestre.

⁷ Lecho: Sitio donde se aloja la materia orgánica y las lombrices para la producción de compost. Está formado por cuatro paredes y cubierta superior de plástico o cedazo.

⁸ También llamada coqueta roja. Es una variedad de lombriz de apetito voraz, consume desechos orgánicos de tipo agropecuario, de la industria, ciudad, mataderos y otros.

⁹ De acuerdo al Dr. José Patrón Ibarra de la Universidad Autónoma de Puebla, un lecho con volumen de 9 m³ tiene capacidad para 10 toneladas. Esto significa que un lecho con volumen de 32 m³ tendrá capacidad para 35.5 toneladas.

El monitoreo del proceso, se realizará cada 2 días. Debe asegurarse que la temperatura dentro de cada lecho esté entre 20°C y 25°C. Una excesiva acumulación de calor se evita con la aireación de los materiales, que además oxigena la mezcla.

Asimismo, es necesario un ambiente húmedo para prevenir la deshidratación de la lombriz y favorecer su desplazamiento en el sustrato. Por otro lado, una humedad excesiva puede producir condiciones anaeróbicas no aptas para las lombrices, que causan olores desagradables, para lo cual se recomienda una humedad entre 70% y 80% de humedad. Una prueba sencilla para calcular esta condición, consiste en apretar la tierra con la mano, que debe estar húmeda, pero sin escurrir agua. El riego deberá ser fino, por lo que es necesario el uso de aspersores de riego.

La cosecha se realizará cada tres meses, tiempo en el cual el producto debe haber tomado un color café oscuro, y que su olor es como el de tierra húmeda. Para llevar a cabo la cosecha, se utilizará una malla fina y contenedores de 2 m³ donde se cernirá el abono y no la lombriz.

La cosecha se realizará de tal manera que durante un día se obtenga el producto del primer grupo de 5 lechos, así hasta completar los 20 lechos. Esto permitirá disponer cada día de 5 lechos para iniciar nuevamente el proceso durante otro trimestre.

El empaque del abono se realizará en presentaciones de 100 libras. Para el llenado de los sacos, el abono será dosificado en una tolva de pesaje para posteriormente ser descargado en los sacos. Finalmente, será cosido para evitar la pérdida del abono. El empaque del abono se realizará al siguiente día de ser cosechado.

Luego de ser empacados, los sacos serán colocados en pallets¹⁰ de madera para ser trasladados a la bodega para su correspondiente almacenamiento. En la bodega, los pallets serán ubicados en estibas¹¹ de 3.0 x 2.4 metros, con el fin de maximizar el aprovechamiento del espacio disponible en las unidades de transporte.

¹⁰ Pallet: Armazón de madera, plástico u otro material empleado en el movimiento de carga, para facilitar el levantamiento y manejo con pequeñas grúas.

¹¹ Estiba: Adecuada distribución de la mercancía en las unidades de carga.

Se tendrá la capacidad para producir y almacenar 10,025 sacos de abono orgánico trimestralmente y anualmente 40,101 sacos.

La comercialización del abono se hará a un precio de Q 100.00 el saco de 100 libras, más accesible que los fertilizantes químicos. Para lo cual será necesario hacer énfasis en que es un fertilizante de alta calidad que provee nutrientes de manera soluble, los cuales son absorbidos con mayor facilidad por las plantas.

Como resultado del proceso de producción del abono, se obtendrá fertilizante foliar a partir de los lixiviados originados, el cual puede utilizarse para el control de plagas y enfermedades y se comercializará a un precio de Q 50.00 el galón. Asimismo, debido a la reproducción de lombrices resultantes del proceso, estas se venderán a Q 75.00 el kilogramo.

El lombricompost es un claro ejemplo de la economía circular, pues convierte los desechos orgánicos en un enriquecido abono que recupera la materia orgánica del suelo, favoreciendo la retención de nutrientes y mejora la capacidad de absorber agua.

4.3.3.2. Proceso de acondicionamiento para materiales de reciclaje

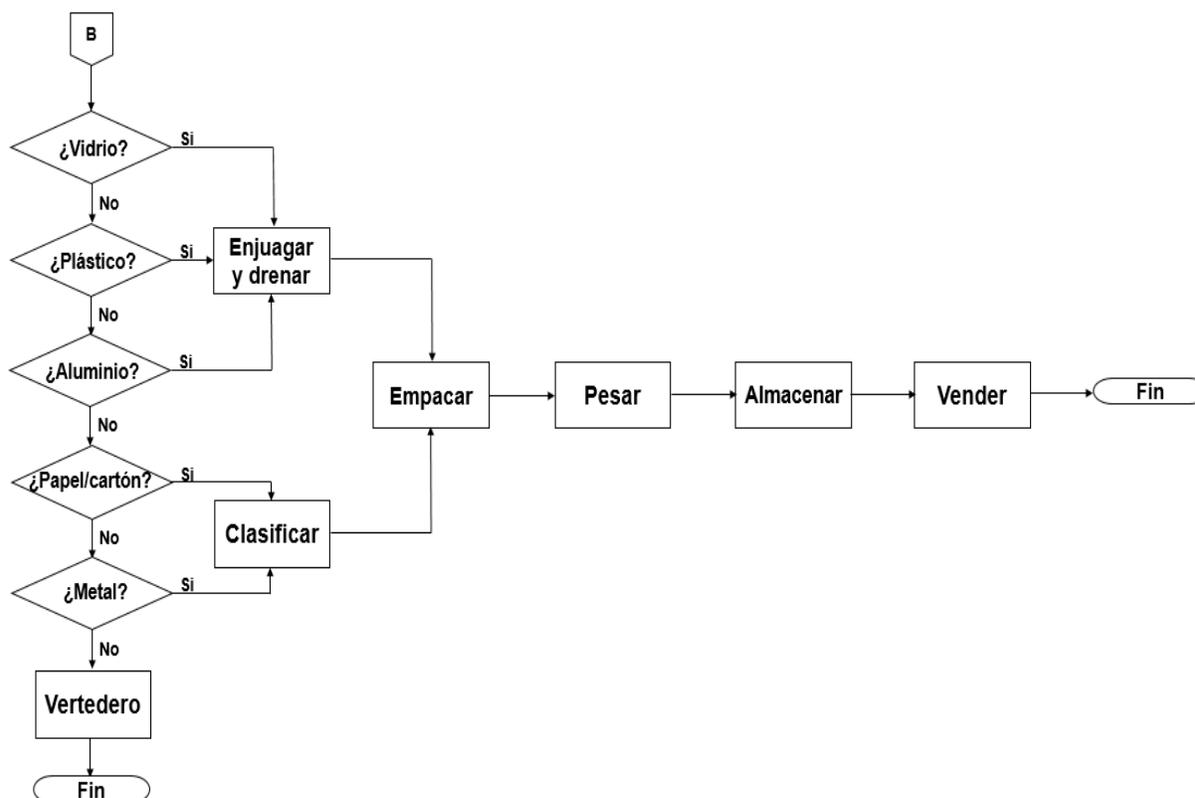
Una de las funciones de la planta será separar y clasificar los desechos sólidos inorgánicos que se generan en el municipio, para vender los materiales tales como vidrio, papel/cartón, plástico, latas de aluminio y otros que sean reciclables.

Este proceso se enfoca en uno de los pilares de la economía circular, el reciclaje. Por tanto, el objetivo será darles una nueva vida a los desechos del municipio, ofreciéndole a las industrias materiales clasificados que puedan integrar a su ciclo de producción para la elaboración de sus productos. Cuando no sea posible, se manejarán de una manera respetuosa con el medio ambiente.

Este proceso inicia con la separación y clasificación diaria de los diversos materiales: vidrio, plástico, latas de aluminio, papel/cartón y metales.

Figura 26

Diagrama del proceso acondicionamiento de materiales



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la descripción de la propuesta.

Una vez clasificados estos materiales, el resto de desechos tendrán un vertido controlado. Esta etapa consiste en verter en el área destinada para ese fin, todos los desechos que no pueden ser separados o aquellos que, producto de la separación no pueden ser reutilizados. El vertido lo hará un camión en el área destinada para tal efecto.

Los materiales ya clasificados, deberán ser trasladados al área de acondicionamiento de desechos inorgánicos. En dicha área, se debe enjuagar y drenar el vidrio, plástico y latas de aluminio para eliminar restos de comida o grasa, utilizando únicamente agua tibia y bicarbonato de sodio (no usar detergente ya que podría degradar el material, dificultando su recuperación para ser reciclado). Los materiales deben estar lo suficientemente limpios y secos para no escurrir o manchar otros materiales, como el papel y el cartón (ya que los puede dañar, imposibilitando su venta).

El papel y cartón, así como los metales, se deben clasificar en diferentes tipos de metal (bronce, hierro, cobre, acero, entre otros) o colores de papel y cartón. El empaque de

todos los materiales se hará en sacos apropiados según el material. Luego de ser embalados, se deben pesar los materiales para determinar el peso que cada saco contiene del material y permitir un mayor control durante su venta.

El almacenamiento se realizará colocando los materiales en áreas identificadas por cada tipo de material (vidrio, latas de aluminio, papel/cartón, plástico y metales) en la bodega para material de reciclaje.

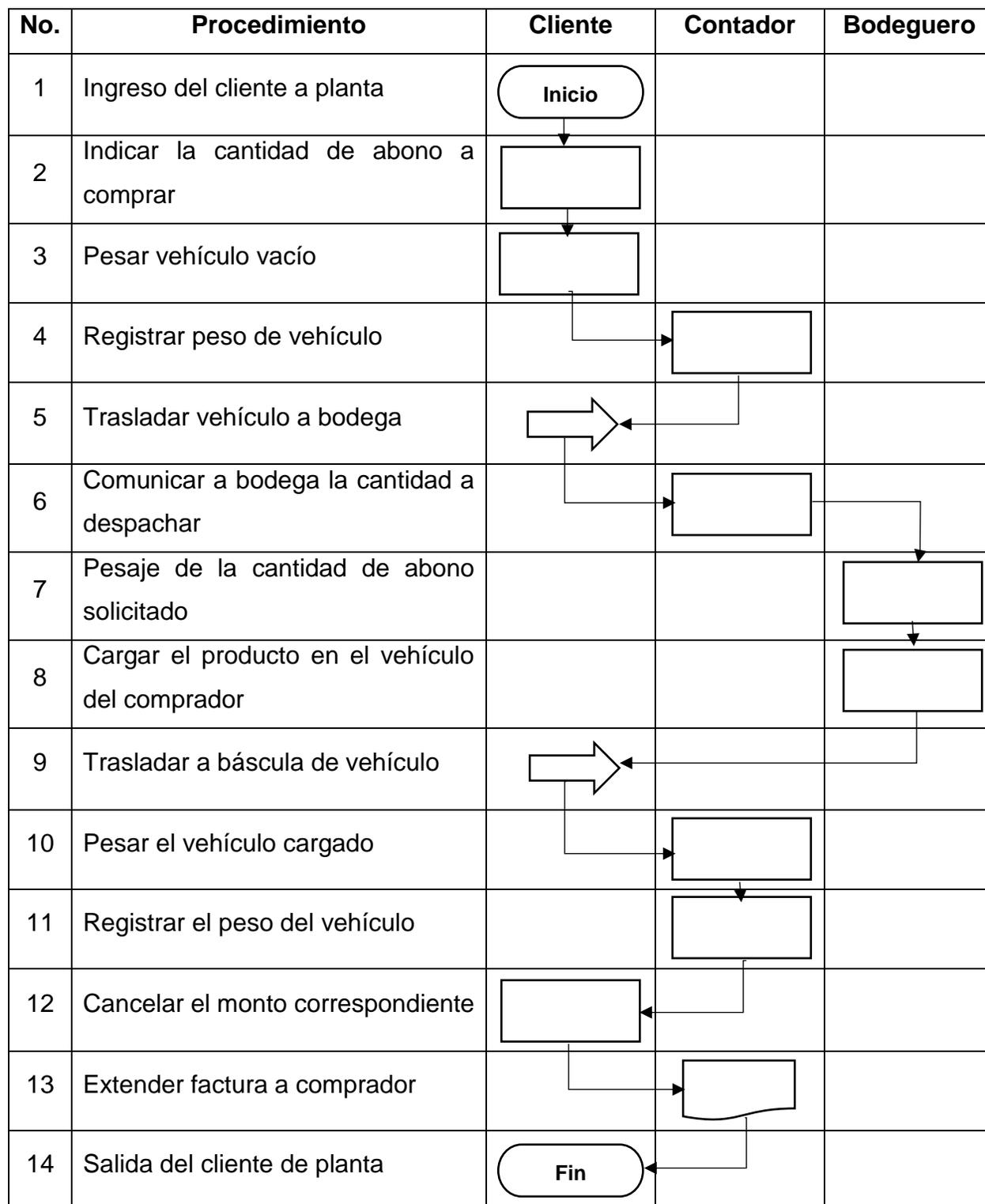
Para la comercialización de los materiales, se debe dar a conocer a recicladoras o empresas que requieran el material, la disponibilidad de los mismos en la planta; para que puedan ser aprovechados en sus procesos productivos. Los materiales se venderán por quintal, a los precios detallados en la tabla 10.

4.3.4. Proceso de comercialización de la planta de tratamiento

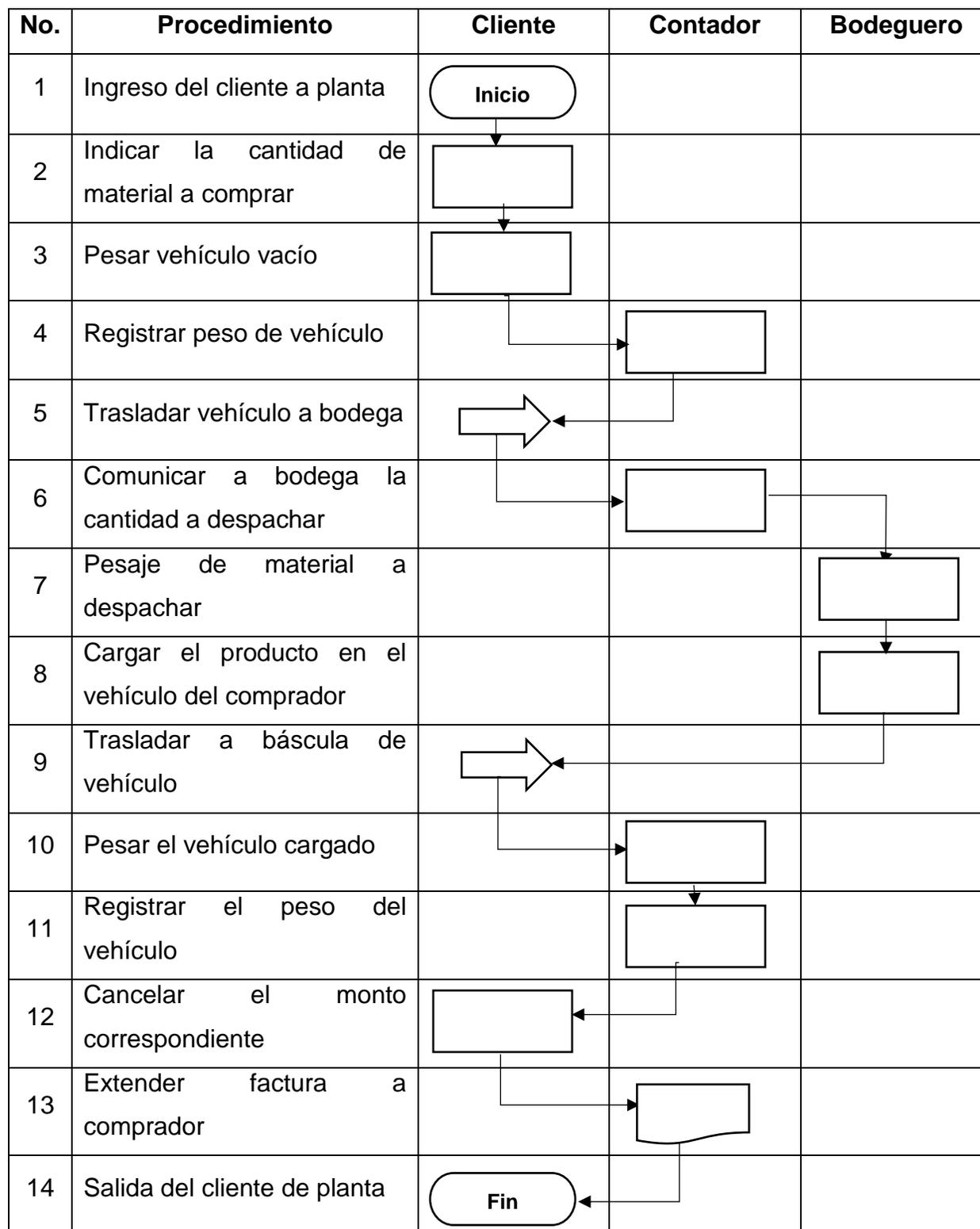
La comercialización de los diferentes productos debe realizarse de forma ordenada; de tal manera que permita llevar un estricto control de las cantidades de productos que egresan de la planta, así como de los ingresos.

En las siguientes figuras se describe el proceso de compra-venta para los diferentes productos disponibles en la planta. En ambos casos, el proceso inicia con entrada del vehículo del comprador y finaliza con la salida del mismo, siendo pesado el vehículo en ambas ocasiones para determinar por diferencia la cantidad comprada y realizar el cobro por cantidad correcta.

La figura 27 muestra el proceso de compra-venta del abono orgánico y la figura 28 de los materiales para reciclaje.

Figura 27*Proceso de compra-venta del abono orgánico*

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la descripción de la propuesta.

Figura 28*Proceso de compra-venta de materiales inorgánicos clasificados*

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la descripción de la propuesta.

4.3.5. Producto a obtener del proceso de tratamiento

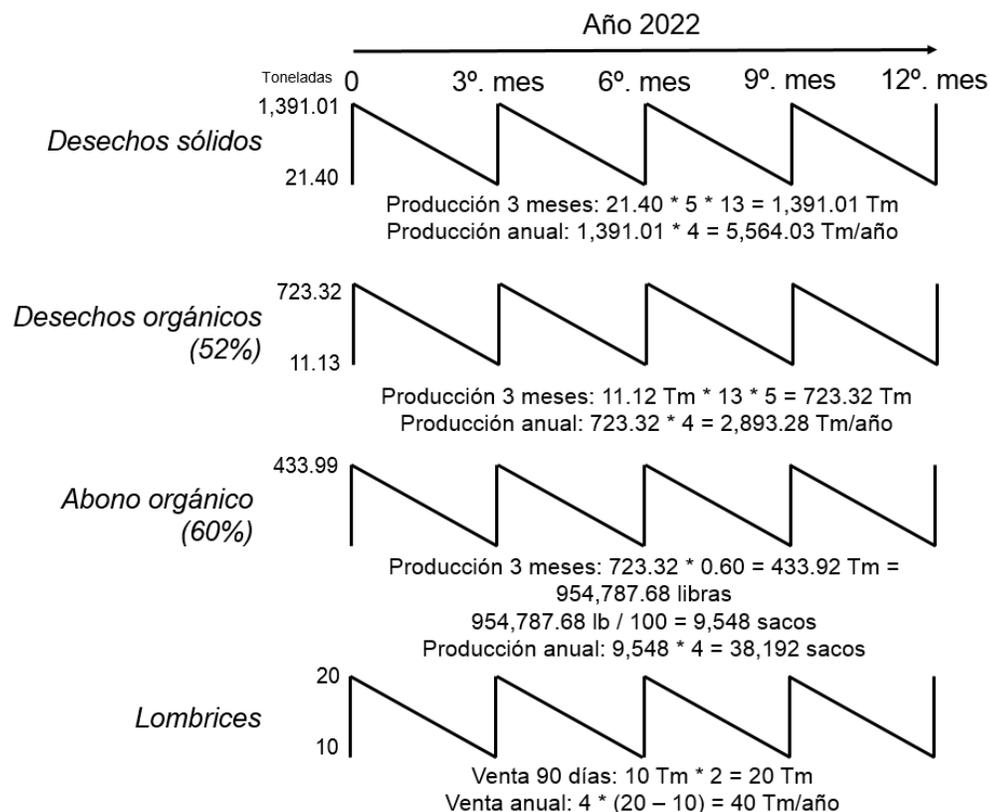
A continuación, se detalla la cantidad de productos y subproductos (abono, lombrices, fertilizante foliar y material para reciclaje) que se podrán obtener durante los años de operación de la planta de tratamiento, a partir del proceso de producción descrito. Las cantidades detalladas de desechos recibidos cada año en la planta y el producto a obtener a partir de los mismos, se encuentra en el anexo 6.

4.3.5.1. Abono y lombrices

La figura 29 muestra la producción de abono y lombrices para el primer año de operación de la planta de tratamiento. Con base en la tabla 11, en el año 2022 se recibirán en el primer día de operación 21.40 toneladas de desechos sólidos, las cuales en 13 semanas (un trimestre) serán 1,391.01 toneladas de desechos y durante el año 5,564.03 toneladas.

Figura 30

Abono y lombrices obtenidos en el año 2022



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en el proceso de producción de abono.

De acuerdo con la composición física de los desechos presentada en la figura 21, el 52% de los desechos generados en el municipio son desechos orgánicos, lo cual significa que de las 21.40 toneladas de desechos recibidas diariamente, 11.13 toneladas serán orgánicas, 723.32 toneladas en un trimestre y 2,893.28 toneladas en el primer año.

Ya que las lombrices son capaces de comerse su peso en comida y transformar un 60% de esta en humus en 90 días, durante el primer trimestre se producirá 433.92 toneladas de abono, las cuales se convertirán en 9,548 sacos de 100 libras, produciendo un total de 38,192 sacos en el año 2022.

La tabla 13 muestra la producción trimestral y anual de sacos de abono durante los 10 años evaluación de la planta de tratamiento.

Tabla 13

Producción anual de abono orgánico de la planta de tratamiento

Año	Producción trimestral	Producción anual
2022	9,548	38,192
2023	9,618	38,471
2024	9,668	38,671
2025	9,718	38,872
2026	9,768	39,074
2027	9,819	39,277
2028	9,870	39,481
2029	9,922	39,687
2030	9,973	39,893
2031	10,025	40,101

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en el proceso de producción de abono.

“Para realizar el proceso de producción de abono se recomienda una población entre 10 y 15 kilogramos de lombrices por metro cuadrado” (FAO, 2013, p. 71). Utilizando 12.5 kg de lombrices por metro cuadrado, para un lecho de 40 m², se necesitan 500 kg por lecho y 10,000 kg de lombrices por 20 lechos propuestos.

La producción del abono se iniciará con la cantidad de 10,000 kilogramos (10 toneladas) de lombrices, las cuales durante el primer trimestre se duplicará a 20,000 kilogramos.

Asimismo, se debe iniciar cada trimestre con la cantidad de 10,000 kilogramos (10 toneladas) de lombrices, lo cual significa al final del primer trimestre se tendrá disponible 10 toneladas de lombrices, 40 toneladas en el año. Sin embargo, considerando saturación de mercado, se venderá el 50% de las lombrices producidas, el resto estará disponible para ser donado a otras municipalidades, centros educativos o cualquier persona que desee elaborar su propio abono orgánico.

4.3.5.2. Fertilizante foliar

Cada lecho utilizado en la producción de abono tiene un volumen de 32 m³ (20 x 2 x 0.8 m) y capacidad de 35.5 toneladas de desechos, los cuales con la alimentación y humedad correcta pueden generar 3 galones de fertilizante foliar por día.¹²

Por tanto, los 20 lechos generarán en un día 60 galones de fertilizante foliar, 3,900 galones por trimestre y 15,600 galones en por año. Este fertilizante será almacenado en misma bodega que el abono orgánico, para lo cual serán colocados en estantes metálicos.

A diferencia de los fertilizantes secos, los líquidos tienen la desventaja de una vida útil más corta. Estos productos se vencen en entre ocho y diez años, por lo que no se pueden almacenar indefinidamente.

4.3.5.3. Material para reciclaje

Los desechos inorgánicos representan el 48% del total de desechos que se recibirán en la planta cada día. Sin embargo, son recuperables¹³ el 30%, entre los que se encuentran papel/cartón, vidrio, plástico, latas y metal (ver figura 21).

La tabla 14 muestra el inventario de los materiales para reciclaje que diariamente estará disponible en función de la recepción (tabla 11) y la composición física de los desechos (figura 21). Los datos son presentados en quintales, debido a que es la forma en que serán vendidos.

¹² Según productores de la empresa Lombri-Orgánic ubicada en la Ciudad de Guatemala.

¹³ Son aquellos productos y materiales desechados tras su vida útil y que, pueden aprovecharse para diferentes usos tras un proceso de tratamiento y transformación, al separarlos y clasificarlos por materiales.

Tabla 14*Inventario diario disponible de diversos materiales para reciclaje (en quintales)*

Año	Papel/cartón	Plástico	Vidrio	Latas	Metales	Total
2022	19.26	21.40	14.98	6.42	2.14	64.20
2023	19.36	21.51	15.06	6.45	2.15	64.53
2024	19.46	21.62	15.14	6.49	2.16	64.87
2025	19.56	21.74	15.22	6.52	2.17	65.21
2026	19.66	21.85	15.29	6.55	2.18	65.53
2027	19.77	21.96	15.37	6.59	2.20	65.89
2028	19.87	22.08	15.45	6.62	2.21	66.23
2029	19.97	22.19	15.53	6.66	2.22	66.57
2030	20.08	22.31	15.61	6.69	2.23	66.92
2031	20.18	22.42	15.70	6.73	2.24	67.27

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en el proceso de producción de abono.

4.3.6. Diseño de planta

A continuación, se presentan las especificaciones en cuanto a las obras civiles necesarias para implementar la propuesta de tratamiento de desechos sólidos.

4.3.6.1. Área general

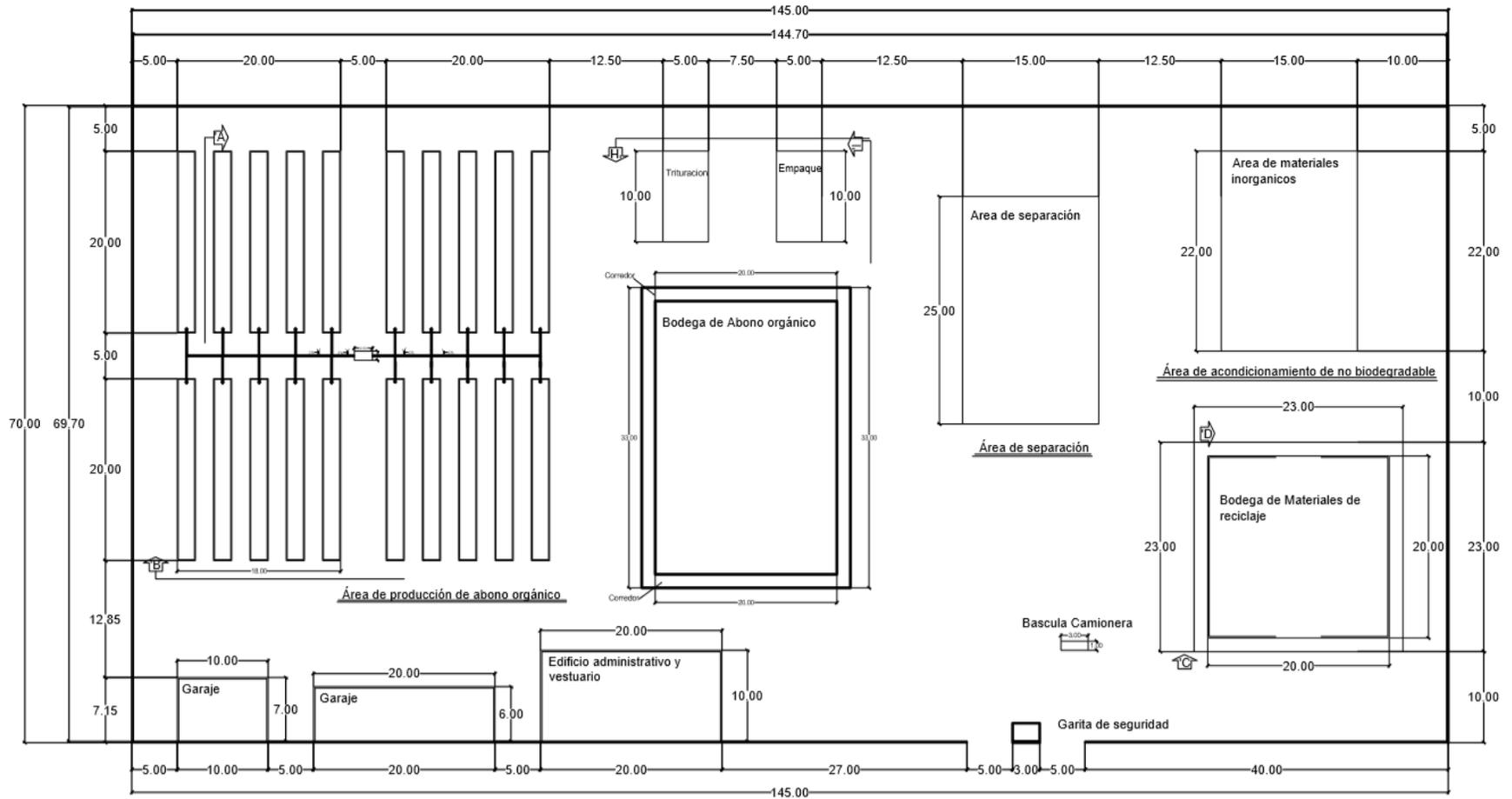
La planta de tratamiento deberá tener un área de 10,150 metros cuadrados (70x145). Deberá estar rodeado por un cerco de malla de alambre con forma de diamante, de 2 metros de alto y fijada a postes distantes a 3 metros uno del otro. Para aumentar la eficiencia del cerco, se empleará como refuerzo adicional alambre espigado en la parte superior del cerco.

La planta contará con las siguientes áreas para su adecuado funcionamiento: garita de seguridad, área de pesaje de vehículos, área de clasificación de desechos, área de acondicionamiento de desechos inorgánicos, área de producción de abono orgánico (lechos, trituración y empaque), dos bodegas, garajes, y edificio administrativo/vestuarios.

La vista general de la planta de tratamiento de desechos sólidos se presenta en la figura 30.

Figura 30

Vista general de la planta de tratamiento de desechos sólidos



Nota. Elaboración propia, dibujo de Palacios David (2021). Con base en el proceso de tratamiento.

4.3.6.2. Área de pesaje y clasificación de desechos

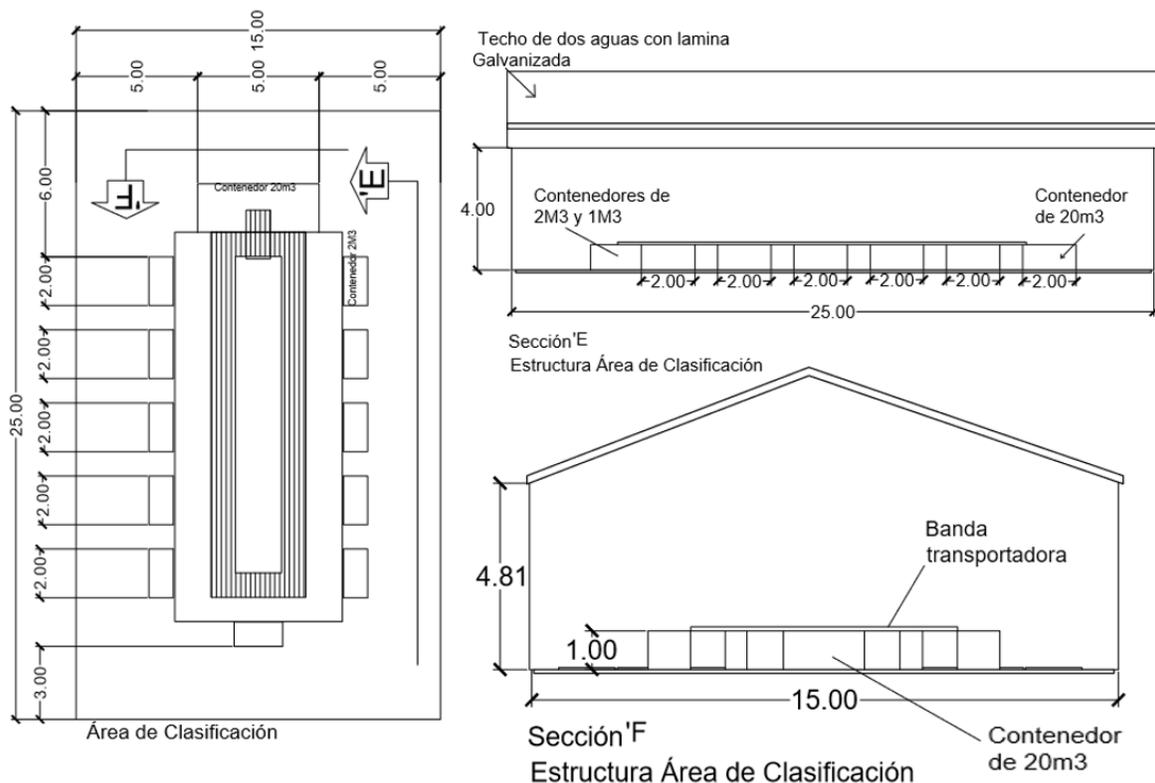
El área de pesaje estará conformada por una báscula pesa ejes portátil para vehículos, la cual permitirá controlar el peso de los camiones que transportan los desechos recolectados y de los vehículos de compradores de los diferentes productos disponibles en la planta.

El área de separación de desechos sólidos se construirá en una superficie de 375 metros cuadrados (25x15), tal como en la figura 31.

Estará formada por una galera de estructura metálica liviana con techos de dos aguas y forrada con lámina galvanizada. Dicha estructura permitirá el acceso de maquinaria para el transporte de desechos a las demás áreas.

Figura 31

Área de clasificación de desechos



Nota. Elaboración propia, dibujo de Palacios David (2021). Con base en el proceso de tratamiento.

En esta área habrá un contenedor en el que los camiones recolectores depositarán los desechos transportados; una banda transportadora a través de la cual pasarán los

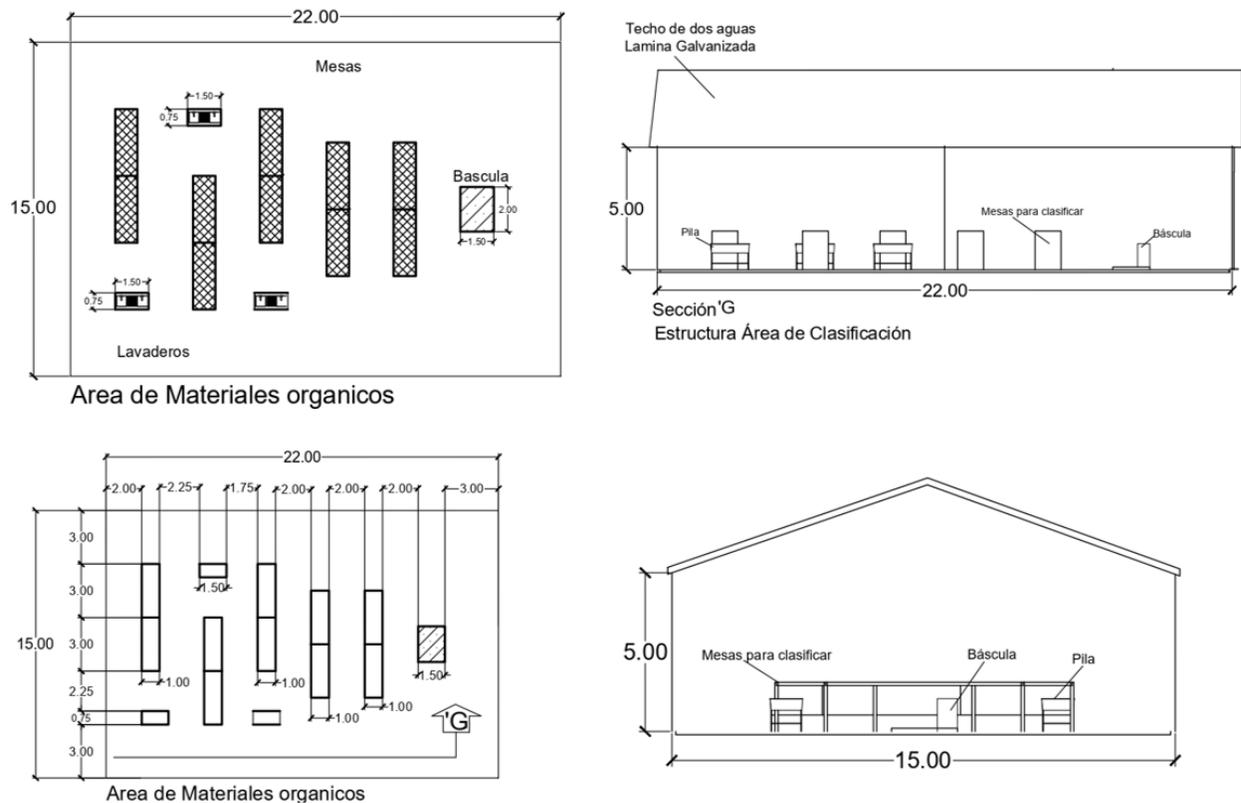
desechos para que operarios los clasifiquen en desechos orgánicos, papel/cartón, plástico, vidrio, aluminio, metales y de vertido; depositándolos en contenedores separados, los cuales serán trasladados a sus respectivos procesos de aprovechamiento.

4.3.6.3. Área de acondicionamiento de materiales inorgánicos

Esta área estará construida sobre una superficie de 330 metros cuadrados (22x15) y al igual que el área de clasificación, estará formada por una galera de estructura metálica liviana con techos de dos aguas y forrada con lámina galvanizada. Dicha estructura permitirá el acceso de maquinaria para el transporte de los diferentes materiales separados y empacados hacia la bodega para su almacenamiento.

Figura 32

Área de acondicionamiento de desechos inorgánicos



Nota. Elaboración propia, dibujo de Palacios David (2021). Con base en el proceso de tratamiento.

En esta galera habrá 3 lavaderos con acceso a agua potable y 5 mesas (6 metros de largo), para los diferentes materiales a manipular (papel, vidrio, metal, aluminio y plástico). Las pilas serán exclusivamente para enjuagar y escurrir el vidrio, plástico y

latas; para eliminar restos de comida o grasa. Una vez limpios, se clasificarán en las mesas todos los materiales por colores y/o tipo de material; así como el empaque de los mismos.

En la galera habrá una báscula de suelo con capacidad de dos toneladas, que permitirá registrar el peso de cada material que será trasladado a la bodega, con el fin de llevar un mejor control.

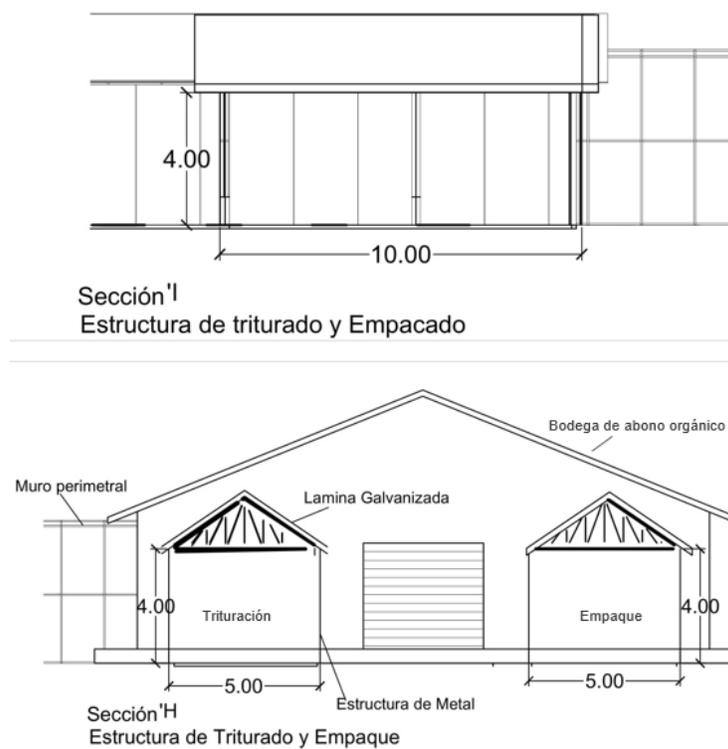
4.3.6.4. Área de producción de abono orgánico

La producción de abono orgánico es una operación muy sencilla que no necesita instalaciones especiales, más que ventilación natural, poca iluminación y que la materia orgánica no esté contaminada con agentes sintéticos o químicos. Estará subdividida por las áreas de trituración, camas de compostaje y empaque.

La trituración de desechos orgánicos, se llevará a cabo en una galera para el resguardo de la picadora de desechos, construida sobre una superficie aproximada de 50 metros cuadrados (5x10), fabricada de estructura metálica liviana con techo de dos aguas y forrado con lámina galvanizada (ver figura 33).

El empacado del abono será protegido por una galera con las mismas medidas y características que la galera de triturado. En la cual estará instalada una ensacadora automática por peso, así como una máquina cosedora de sacos (ver figura 33).

Tanto la galera para la trituración como la galera para el empacado estarán ubicadas cercanas a los grupos de lechos para facilitar su movilidad y extracción para su almacenamiento.

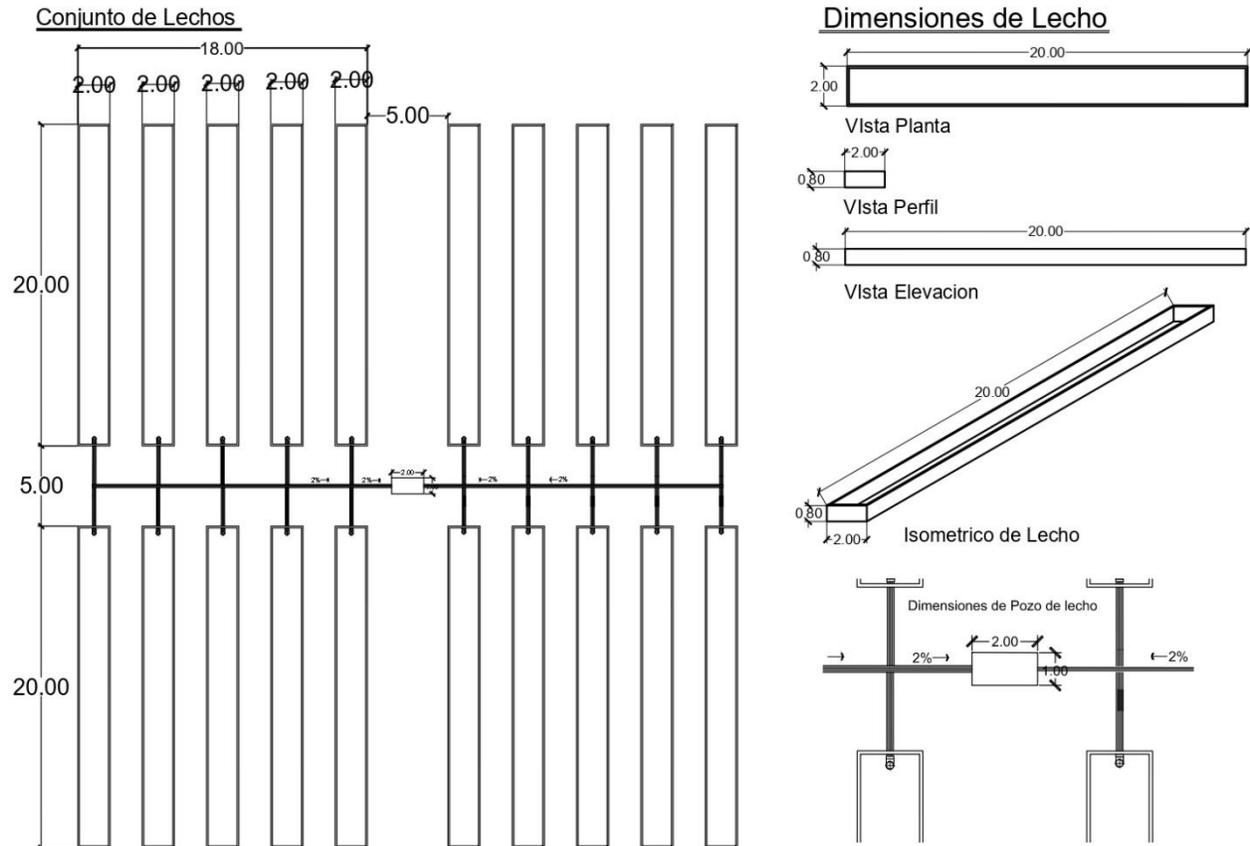
Figura 33*Área de trituración y empaque*

Nota. Elaboración propia, dibujo de Palacios David (2021). Con base en el proceso de tratamiento.

Los lechos o camas de compostaje serán fundidos y tendrán una longitud de 20 metros. Para el buen desarrollo de las labores se considera que 2 metros de ancho es ideal. No deben ser muy profundos, por lo que tendrán una altura de 80 centímetros. La figura 34 muestra las dimensiones que tendrán los lechos.

Para poder operar cómodamente, deberá existir una separación entre lechos de 2 metros (ver figura 34); espacio necesario para la preparación del alimento para las lombrices así como para la cosecha del abono.

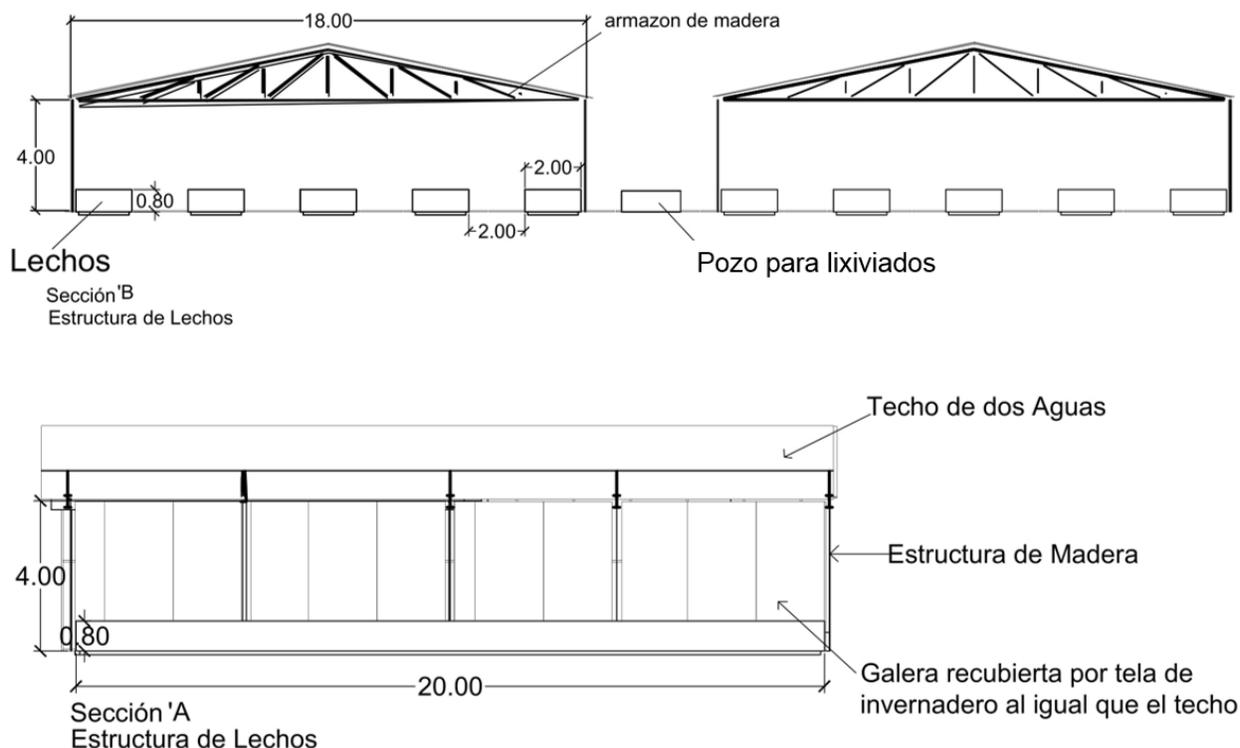
Se propone la construcción de 20 lechos, cada uno con un volumen de 32 m³ y capacidad de 35.5 toneladas. A cada lecho se le colocará en promedio 2.28 toneladas de desechos cada 4 días, por lo que estos llegarán al máximo de su capacidad al finalizar el trimestre.

Figura 34*Dimensiones de lechos o aboneras*

Nota. Elaboración propia, dibujo de Palacios David (2020). Con base en el proceso de tratamiento.

Cada lecho deberá tener una pendiente del 2 al 3% para recoger los lixiviados mediante una tubería ubicada en el centro del lecho colocada longitudinalmente. Dicha tubería estará conectada a un único pozo de 1.5 m³, tal como lo muestra la figura 34, que mediante una bomba permitirá la extracción del líquido para ser empacado en galones para su posterior venta.

La figura 35 presenta la estructura de resguardo de los lechos, ya que estos deben estar en un lugar ventilado, fresco, sombreado y estable frente a cambios bruscos de temperatura. Debido a que los lechos necesitan poca iluminación, estarán resguardados por una estructura tipo invernadero.

Figura 35*Estructura de resguardo de lechos o aboneras*

Nota. Elaboración propia, dibujo de Palacios David (2020). Con base en el proceso de tratamiento.

Dicho resguardo, tendrá estructura de madera, recubierta tanto en paredes como techo por malla de invernadero, con techo de dos aguas. Esto permitirá proteger la producción de abono de las condiciones climáticas, de tal manera que permita la máxima transmisión posible de luz solar y con una mínima radiación.

4.3.6.5. Bodegas

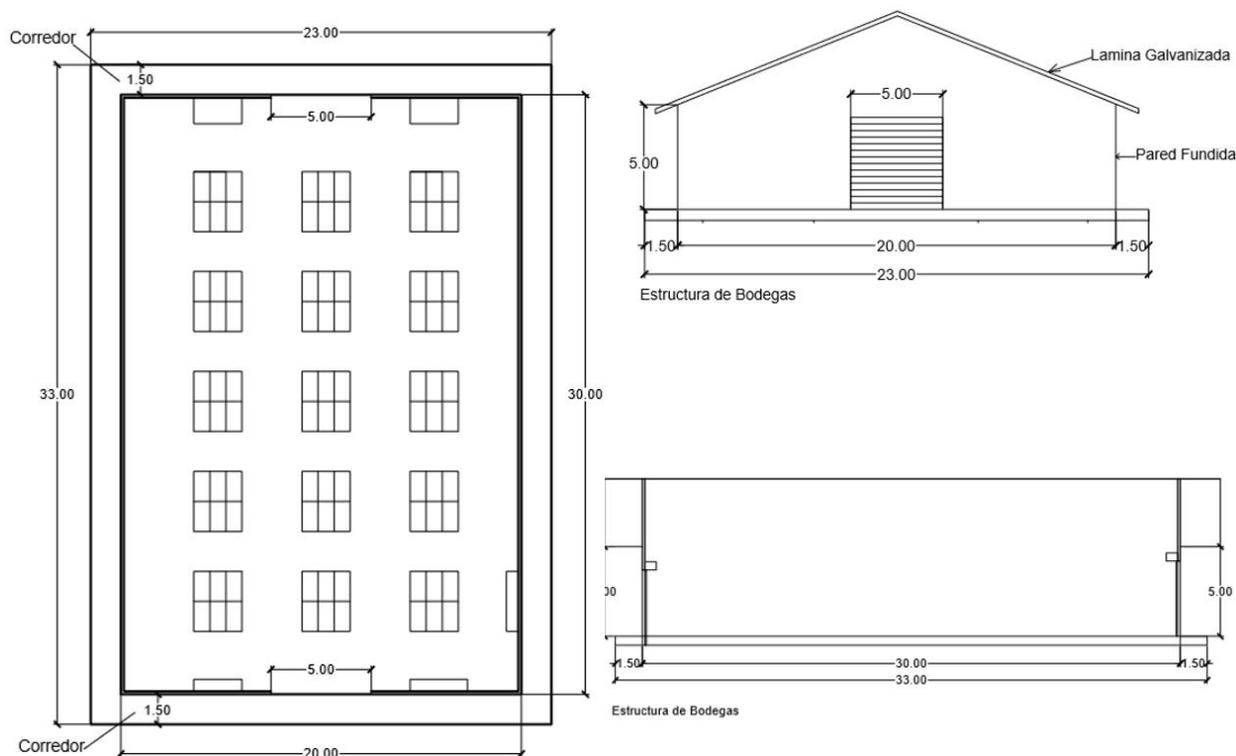
Se necesitan dos bodegas, una para almacenar los materiales inorgánicos clasificados y otra para el abono orgánico y fertilizante foliar. Cada bodega estará ubicada cerca de su respectiva área para facilitar el traslado de los productos terminados (ver figura 30).

La bodega para productos orgánicos tendrá una superficie de 600 metros cuadrados (30x20). Las paredes serán fundidas con dos entradas paralelas, lo que facilitará la salida de montacargas a un corredor exterior de 1.5 metros alrededor de la bodega. El techo de las bodegas será con lámina galvanizada. Contará con extractores de aire, para la libre circulación del aire, disipando el calentamiento del mismo.

Asimismo, la construcción de la bodega empezará a una altura de 50 centímetros sobre el suelo; esto para mejorar el despacho de los productos hacia los vehículos de los clientes, tal como lo muestra la figura 36.

Figura 36

Bodega para productos orgánicos



Nota. Elaboración propia, dibujo de Palacios David (2021). Con base en el proceso de tratamiento.

El piso de la bodega será señalado con líneas amarillas de 10 centímetros las áreas para colocar los sacos sobre pallets de madera. Tal como se observa en la figura 36, serán señalizadas 15 estibas de 3.0 x 2.4 metros, formadas por 6 pallets de 1.0 x 1.2 metros cada una, cada estiba tendrá 2 niveles, lo equivale a 12 pallets por estiba.

Se utilizará el 65% de la capacidad estática¹⁴ instalada de cada pallet, lo que equivale a 2,600 kilogramos y 57 sacos de abono por pallet. Por tanto, 15 estibas de 12 pallets cada una, permitirán almacenar 10,318 sacos de abono. Con esto se tendrá la capacidad

¹⁴ Este tipo de carga es la carga máxima por pallet de pie inmóvil en el suelo. Es utilizado en caso de que no se mueva y sea para apoyar productos. Tiene una capacidad máxima de carga estática de 4,000 kg.

suficiente para almacenar el abono producido trimestralmente al año 2031 (ver tabla 13) y tener un 35% de capacidad para crecer.

Los pallets estarán colocados de tal manera que exista un corredor horizontal como vertical entre estibas que facilite el desplazamiento de montacargas.

Asimismo, en la bodega de abono orgánico se instalarán 8 racks¹⁵ colocados alrededor de la bodega, con capacidad para 480 galones de fertilizante foliar cada uno.

El área de almacenamiento del fertilizante debe ser un sitio seco y estar seguro de no entrar en contacto con el agua (por ejemplo, a través de fugas o agua de lluvia). De igual forma, debe evitarse la cercanía de objetos punzantes.

La bodega para materiales de reciclaje tendrá una superficie de 400 metros cuadrados (20x20). Las paredes serán fundidas con dos entradas paralelas y un corredor exterior de 1.5 metros alrededor de la bodega. El techo de las bodegas será con lámina galvanizada y contará con extractores de aire.

Su construcción iniciará también a una altura de 50 centímetros sobre el suelo, como lo muestra la figura 37.

En la bodega para materiales serán señalizadas 12 estibas de 3.0 x 2.4 metros, formadas por 6 pallets de 1.0 x 1.2 metros cada una, de un nivel cada estiba; las cuales deberán estar identificadas para almacenar ordenadamente los diferentes materiales (vidrio, latas de aluminio, papel/cartón, plástico y metales).

Se utilizará también el 65% de la capacidad estática instalada de cada pallet, lo que equivale a 2,600 kilogramos por pallet, 15,600 kilogramos por estiba. Por tanto, la bodega tendrá la capacidad para almacenar 187,200 kilogramos de materiales debidamente embolsados. Es decir, que podrá almacenar el material recibido durante 28 días y disponer de un 35% de capacidad para crecer.

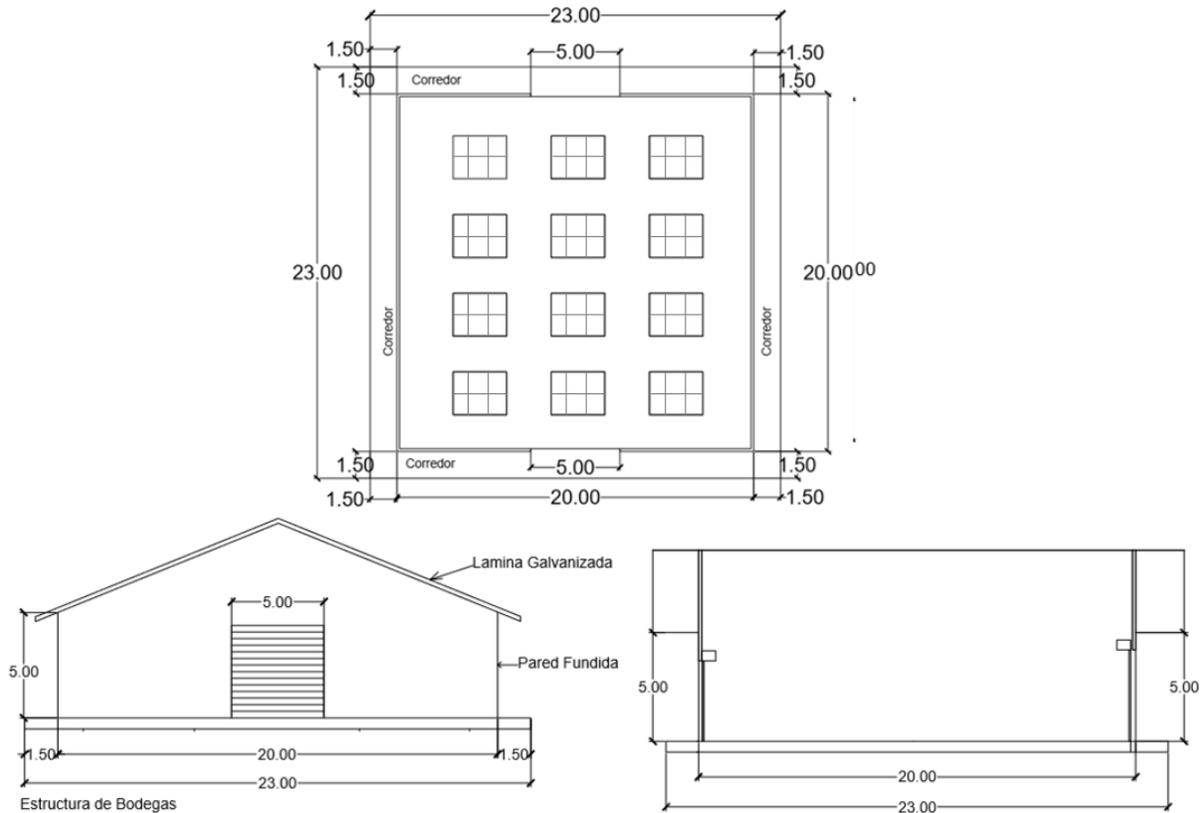
También deberá existir un corredor central tanto horizontal como vertical entre estibas que facilite el desplazamiento de montacargas. Esta bodega contará con una báscula,

¹⁵ Rack: Estructuras acondicionadas con repisas horizontales que permiten almacenar cajas, paquetes, contenedores o productos de peso ligero o mediano.

que permitirá pesar los productos antes de cada venta, con el fin de asegurar el peso exacto a despachar.

Figura 37

Bodega para materiales de reciclaje



Nota. Elaboración propia, dibujo de Palacios David (2021). Con base en el proceso de tratamiento.

4.3.6.6. Edificio administrativo y garajes

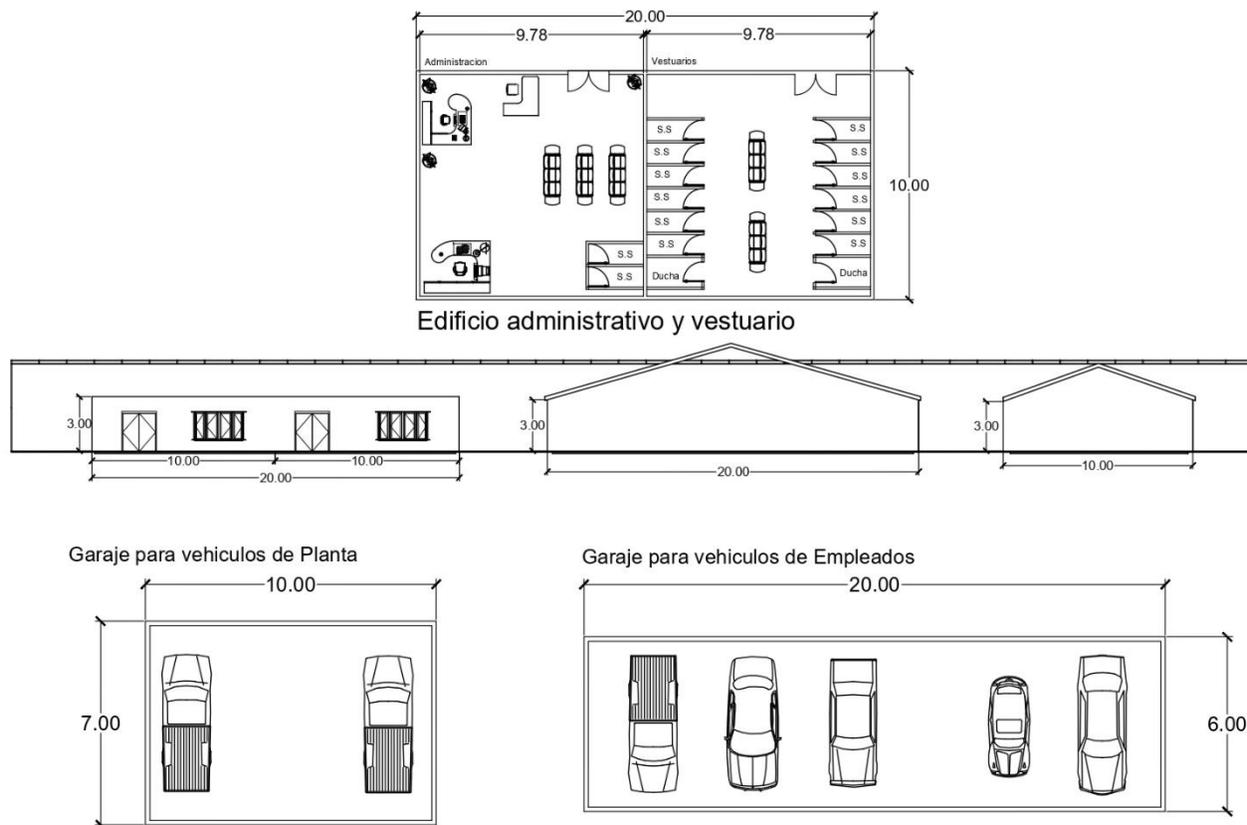
El edificio administrativo y vestuarios, tendrá una superficie de 200 metros cuadrados (20x10), dividido en dos áreas. Por un lado, un área será destinada para la sección administrativa y la otra, será el área de vestuario para los trabajadores, tal como se ejemplifica en la figura 38. Debe contar con los servicios básicos, agua potable, servicios sanitarios, duchas y energía eléctrica.

La figura 38 muestra también que habrá dos garajes, los cuales estarán formados por estructura metálica liviana con techos de dos aguas. Aquí se resguardarán los diferentes vehículos. Un garaje tendrá una superficie de 20 x 6 metros, para los vehículos de los trabajadores y otro, con superficie de 70 metros cuadrados (10x7), empleado para los

vehículos utilizados en para el funcionamiento de la planta de tratamiento (montacargas, cargadores).

Figura 38

Edificio administrativo y garajes



Nota. Elaboración propia, dibujo de Palacios David (2021). Con base en el proceso de tratamiento.

La garita de seguridad estará ubicada a la entrada de la planta de tratamiento y tendrá una superficie de 6 metros cuadrados (3x2), será construida con la misma calidad que el edificio administrativo y vestuarios.

4.3.7. Maquinaria, mobiliario y equipo

A continuación, se presenta la maquinaria y equipo requeridos para la puesta en marcha de la planta de tratamiento.

4.3.7.1. Báscula para vehículos

Para llevar el control sobre la cantidad de desechos sólidos que ingresa a las instalaciones de la planta, así como de los materiales para reciclaje y abono vendidos, es

conveniente disponer de una báscula para el pesaje de los vehículos, ya que requiere un menor espacio para su instalación y una menor inversión que una plataforma de pesaje.

La báscula portátil pesa ejes en la entrada tendrá la capacidad de hasta 40,000 libras (18.14 toneladas) por eje, siendo de utilidad para conocer la cantidad diaria en desechos que serán recibidos en la planta.

Esta báscula es ideal ya que un camión recolector con dos ejes, pesa alrededor de 15.5 toneladas y tiene una capacidad de carga de hasta 9 toneladas, un total de 24.5 toneladas cargado. Por esta báscula deberán pasar cargados y vacíos los vehículos recolectores, así como los vehículos de clientes.

Figura 39

Báscula para vehículos



Nota. Prociencia (2021).

De acuerdo a Prociencia (2021), las especificaciones técnicas de la báscula portátil pesa ejes son:

- **Modelo:** Ultraslim Wheel Massload.
- **Capacidad:** 40,000 libras (18,000 kg) por eje. Imprime etiqueta con peso total.
- **Resolución:** 0.5% = ± 200 libras (± 90 kg).
- **Dimensiones:** 36" x 28" x 0.7" (incluyendo rampas).
- **Superficie de pesaje:** 28" x 16" (para ejes de 4 ruedas).
- **Peso:** 100 libras (es transportable).
- **Material:** Aluminio de alta resistencia, base en acero inoxidable.
- **Protección IP66:** Sellados para polvo y chorros de agua.

- **Obra necesaria:** Sin obra física para asfalto o concreto. Para suelo requiere loza de concreto de 3.5 x 1 metro y terreno nivelado.

4.3.7.2. Básculas de suelo

Una báscula de suelo será de utilidad tanto para controlar la cantidad de material para reciclaje (limpio y clasificado) que se envía a bodega, así como para verificar la cantidad recibida de dicho material y al momento de despacharlo a los clientes.

Por tanto, serán necesarias dos básculas de suelo, con una capacidad de carga de hasta 2 toneladas (20 quintales), las cual permitirá pesar los diferentes materiales para reciclaje clasificados que oscila entre 2.24 y 22.42 quintales diarios para el año 2031 (ver tabla 14).

Figura 40

Báscula de suelo



Fuente: Sistemas de Pesaje S. A. (2021).

Las especificaciones técnicas de la báscula de suelo de acuerdo a Sistemas de Pesaje S. A. -SIPESA- (2013) son las siguientes:

- **Modelo:** BUA236-DS1500 de Mettler Toledo;
- **Capacidad:** 2,000 kg (2 toneladas);
- **Dimensiones:** 1.25 m x 1.25 m x 10 cm;
- **Sistema de visualización:** Con indicador separado;
- **Interface:** RS232 para conectar a PC;
- **Tipo de celda de carga:** Acero inoxidable herméticamente sellada;

- **Gestión de datos:** Plantillas de impresión específicas para cada aplicación;
- **Caja de unión:** Acceso superior, acero inoxidable;
- **Carga en extremos:** 100% de carga en los extremos (p.2).

4.3.7.3. Banda transportadora

Como parte del proceso de manejo de desechos sólidos dentro de la planta, luego de ser depositados los desechos en el primer contenedor, estos se moverán por un sistema de transporte formado por una banda continua para que los operarios ubicados alrededor de esta, puedan depositarlos en los contenedores identificados según el desecho.

Será una banda transportadora circular de 30 metros de longitud, con una altura de 80 centímetros y un ancho de banda de 50 centímetros, la cual a una velocidad de 2.5 metros por minuto ofrece una capacidad de transporte de hasta de 100 toneladas por hora.

Figura 41

Banda transportadora (referencia)



Nota. <https://www.esbelt.com>

Las especificaciones técnicas de la banda transportadora de acuerdo a Representaciones de Centro América S.A. -RECASA- (2021) son:

- **Estructura:** Acero inoxidable;
- **Banda:** PVC, acabado liso, de 50 centímetros de ancho;
- **Dimensiones:** 15 metros de largo y 80 centímetros de alto;
- **Velocidad:** 2.5 metros por minuto con velocidad gradual;g
- **Motor:** Monofásico, de bajo consumo de energía (120 W);

- **Incluye:** Cinta alimentadora desde el contenedor de desechos hasta la banda de clasificación (s.p.).

4.3.7.4. Picadora

Para facilitar la alimentación de las lombrices, los desechos orgánicos (cáscaras de frutas y verduras, huesos, cáscaras de huevo, restos de comida, entre otros) deben ser triturados. Esto permitirá que las lombrices succionen su alimento para elaboración del abono.

En un día se recibirán en la planta entre 11.13 y 11.66 toneladas de desechos orgánicos durante el horizonte de evaluación 2022-2031 (ver tabla 11). Por tanto, una picadora con capacidad de picar 5 toneladas/hora, será de gran ayuda para triturar y destrozarse toda clase de desechos orgánicos. Cada día se esperará a reunir la totalidad de desechos orgánicos para poner en funcionamiento la picadora.

Dada la capacidad mencionada y considerando 11.66 toneladas diarias¹⁶ en el año 2031, la totalidad de desechos orgánicos recibidos por día serán triturados en aproximadamente de 2 horas 20 minutos seguidas.

Figura 42

Picadora



Nota. Tecnoagri S. A. (2021).

Las especificaciones técnicas de la picadora de acuerdo con Tecnoagri (2021) son:

- **Modelo:** JF40 MAXXIUM;

¹⁶ Se toma como referencia la cantidad diaria de desechos orgánicos recibida el 2031 por ser el año durante el horizonte de evaluación donde mayor cantidad de desechos se recibirán.

- **Capacidad:** 5 toneladas/hora de picado;
- **Caja de corte:** 13 mm y 8mm o 13mm y 5mm por medio de palanca;
- **Sistema:** A través de rodillos alimentadores;
- **Acondicionamiento de motor:** * Gasolina 13HP o 15HP * diésel de 7.7HP * 15.4HP * eléctrico de 10HP * tiro a tractor o sistema de fajas;
- **Montaje:** En remolque mediano con hojas de resorte, estacionaria, en caballete o en banco. (s.p.)

4.3.7.5. Ensacadora

Para facilitar el empaque del abono se debe instalar una ensacadora automática en el área de producción de abono orgánico.

Al realizar la cosecha de un grupo de cinco lechos por día, para así iniciar nuevamente con proceso al día siguiente, se puede obtener en el año 2031 aproximadamente 113,684.85 kilogramos (250,629.62 libras) de abono, lo que equivale a 2,506 sacos de 100 libras por cada cinco lechos, un total de 10,025 sacos por los veinte lechos (ver tabla 13).

Para empacar 2,506 sacos se propone una ensacadora con una tolva de pesaje y estará destinada al llenado de sacos de boca abierta, con un sistema automático de dosificación de alta precisión para llenar por peso los sacos de 100 libras, con capacidad de 900 sacos de 100 libras/hora, lo cual permitirá llenar 2,506 sacos en aproximadamente 2 horas 47 minutos.

Funciona por sistema pre pesaje, o sea, el material es dosificado en una tolva de pesaje y en cuanto se termine esta dosificación, se descarga a través de un embudo, hacia el saco posicionado en el sistema de trabamiento (prende-saco).

Figura 43

Ensacadora automática



Nota. Sistemas de Pesaje S. A. (2021).

Las especificaciones técnicas de la ensacadora de acuerdo a SIPESA (s.f.) son:

- **Modelo:** Ensacadora 9614;
- **Capacidad productiva:** 900 sacos/50kg/hora;
- **Capacidad de tolva:** 80 litros;
- **Precisión:** De pesaje: ± 10 g. De dosificación: ± 30 g;
- **Consumo del aire:** $15\text{m}^3/\text{hora}$;
- **Dimensiones:** 1.6 x 1.2 x 2 m;
- **Altura mínima para instalación:** 2.7 metros, desde la esfera hasta la boca del silo;
- **Tablero de control 9700:** Caja de acero inoxidable, Display gráfico colorido 114 x 89 mm (TFT color), Teclado alfanumérico padrón QWERTY, Entrada USB para teclado padrón PC, Salida para impresora (impresión de reportes de programación, operación y estadísticos), Supervisión remota, Memoria protegida por batería interna recargable, permite la calibración en kg o lb (s.p.).

4.3.7.6. Cosedora de sacos

Como parte del empaqueo, también es necesario contar con una máquina cosedora de sacos con un sistema de costura sencilla, que permita completar el proceso de empaqueo de hasta 2,506 sacos de abono que serán llenados por cada grupo de cinco lechos durante cada trimestre del año 2031.

La cosedora Fischbein 400 PRO tiene una velocidad de funcionamiento ajustable de 11 a 17 metros por minuto (18 a 28 sacos por minuto)¹⁷. Ajustando la velocidad a 18 sacos por minuto, en una hora se pueden coser 1,080 sacos; lo que permitiría completar 2,506 sacos en 2 horas 20 minutos.

Se adapta con gran eficiencia a una variedad de materiales, entre ellos papel multicapa, tejido y polipropileno tejido laminado. El pedestal móvil de altura ajustable con rodos y tornillos niveladores se puede integrar con facilidad en cualquier línea de ensacado.

Figura 44

Sistema de costura simple



Nota. Sistemas de Pesaje S. A. (2021).

SIPESA (s.f.) indica que las especificaciones técnicas para la cosedora son:

- **Modelo:** Fischbein 400 PRO;
- **Capacidad productiva:** 18 a 28 sacos por minuto;
- **Dimensiones:** 1.05 m de largo x 0.92 m de ancho x 1.83 m de alto.;
- **Altura de pedestal:** Ajustable de 77 a 144 cm;
- **Alimentador automático de sacos:** Modelo 4380-40.
- **Características:** Con sistema de auto lubricación, Bajo nivel de vibración, Cabezal de costura modelo 100 de la serie Empress, Sin sistema de alimentación, Altura regulable. (s.p.)

¹⁷ Las medidas del saco son de 60 centímetros de ancho por 100 centímetros de largo.

4.3.7.7. Montacargas

Los montacargas se utilizarán para el transporte de los desechos clasificados hacia las diferentes áreas de aprovechamiento y luego para su posterior almacenamiento. Asimismo, para la distribución de los productos dentro de las bodegas y el despacho de los mismos a los clientes.

Los contenedores donde serán depositados los desechos clasificados para tienen capacidad de hasta 2.21 toneladas, más 0.11 toneladas del peso del contenedor, por lo que resulta necesario transportar 2.31 toneladas desde el área de clasificación hacia la producción de abono o el acondicionamiento de materiales para reciclaje.

Asimismo, los sacos de abono o el material de reciclaje se colocarán sobre pallets tanto para almacenarlos como para su despacho a clientes, los cuales tienen una capacidad de carga dinámica de hasta 1.5 toneladas.

Por tanto, es conveniente adquirir cuatro montacargas de llanta sólida elástica con capacidad para movilizar 1.5 - 2.5 toneladas (1,500 – 2,500 kg) cada uno. Esta capacidad permitirá transportar los contenedores y los pallets cuando sea necesario.

Dos montacargas se utilizarán para el transporte de los desechos a las diferentes áreas y hacia bodegas, mientras que los otros dos serán para las bodegas.

Figura 45

Montacargas



Nota. Gentrac (2021).

Las especificaciones técnicas del montacargas de acuerdo a Gentrac (s.f.) son:

- **Modelo:** Mitsubishi FG25S.
- **Capacidad máxima:** 2,500 kg / 5,000 lb;
- **Altura máxima de horquillas:** 4.7 metros;
- **Altura mástil contraído:** 2.16 metros;
- **Combustible:** Dual (Gasolina / Gas);
- **Motor:** Nissan K25;
- **Tipo de llanta:** Neumática;
- **Cabina:** Sillón full suspensión, luces de trabajo, alarma electrónica, transmisión automática, bocina, cinturón de seguridad y tanque de gas (s.f.).

4.3.7.8. Minicargadores frontales

Los minicargadores frontales se utilizarán para depositar los desechos triturados diariamente en los lechos para llevar a cabo el proceso de elaboración del abono orgánico. Durante la cosecha, se utilizarán para extraer el abono de los lechos, descargándolo en los contenedores destinados para cernir el mismo. Para realizar el empaque, el minicargador se empleará para depositar el abono en la ensacadora.

Para realizar las tareas antes mencionadas, es necesario la adquisición de dos minicargadores frontales con una capacidad de operación de 1,225 kg (1.23 tonelada).

Considerando que en un día se recibirán en la planta entre 11.13 y 11.66 toneladas de desechos orgánicos durante el horizonte de evaluación 2022-2031 (ver tabla 11); con dos minicargadores se tendrá la capacidad para depositar al mismo tiempo 2.46 toneladas de desechos triturados en los lechos, agilizando dicha tarea.

Asimismo, la cosecha se realizará en cuatro días, cada día un grupo de cinco lechos. Lo que significará que por cada día de la cosecha se tendrá aproximadamente entre 108.50 y 113.68 toneladas de abono (ver anexo 6) en los años de evaluación. Con dos minicargadores se podrá realizar el cernido del abono, así como el ensacado de forma más rápida.

Un equipo de esta categoría tiene mayor versatilidad; permitirá movilizar, acoplar y extender los desechos, así como realizar cierta compactación. También pueden ser utilizados como medio de transporte y carga interna.

Figura 46

Minicargador frontal



Nota. Gentrac (2021).

Las especificaciones técnicas del minicargador frontal de acuerdo a Gentrac (s.f.) son:

- **Modelo:** 262D3 Caterpillar;
- **Peso en orden de trabajo:** 3,166 kg. El peso en orden de trabajo, las especificaciones de operación y las dimensiones se basan en una máquina con un operador de 75 kg (165 lb);
- **Capacidad de operación:** 1,000 kg;
- **Tren de fuerza:** Velocidad de desplazamiento: 12.1 km/h (2 velocidades);
- **Capacidades de llenado:** Sistema de enfriamiento: 14 L, Tanque de combustible: 105 L, Sistema hidráulico: 50 L, Tanque hidráulico: 39 L (pp. 1-3).

4.3.7.9. Contenedores

En la entrada de la galera de clasificación de desechos, se debe instalar un contenedor de 20 m³, donde serán depositados los desechos al momento de llegar a la planta para su posterior clasificación. Tendrá una capacidad para 22.5 toneladas, lo cual permitirá la recepción total de los desechos recolectados diariamente hasta el año 2031 (ver tabla 11).

Figura 47

Contenedores



Recepción de desechos

Clasificación de desechos

Cosecha de abono

Fuente: Estructuras Airsa (2021).

Para realizar la clasificación de los desechos son necesarios 9 contenedores de 2 m³ y capacidad para 2.21 toneladas, así como 2 contenedores de 1 m³ y capacidad para 1.10 toneladas. De los 9 contenedores de 2 m³, 5 serán utilizados para la materia orgánica por ser la que mayor cantidad representa y los demás para vidrio, papel/cartón plástico y desechos que tendrán un vertido controlado. Los 2 contenedores de 1 m³ se utilizarán para latas y metales. Estos contenedores tendrán la capacidad para depositar los desechos clasificados diariamente hasta el año 2031 (ver anexo 6).

Asimismo, para realizar la cosecha del abono serán necesarios 10 contenedores de 10 m³ y capacidad para 11.1 toneladas; en los cuales se realizará el tamizado del abono, de manera que durante el cernido el abono caiga en un contenedor que facilite su traslado al área de empaque (ver anexo 6).

4.3.7.10. Pallets y racks

Este equipo está conformado por los pallets y estantes que se instalarán en las bodegas.

Los pallets se utilizarán para que la carga sea manejable y como unidad básica de almacenamiento. Se utilizarán pallets con medidas estándar de 1 x 1.20 metros en las cuales se colocarán tanto los sacos de abono orgánico en una bodega, como los materiales clasificados en la otra.

Al colocarse en las bodegas estibas de 3 x 2.4 metros se utilizan 6 pallets por estiba. En la bodega de productos orgánicos se instalarán 15 estibas de dos niveles cada una y en la bodega de materiales para reciclaje se instalarán 12 estibas de un nivel, por lo que

para almacenamiento se necesitan 252 pallets. La capacidad de almacenamiento de cada pallet será de 57 sacos de abono o 2,600 kilogramos de material para reciclaje.

Asimismo, para el transporte de los sacos de abono y material para reciclaje hacia las bodegas o para el despacho a los clientes se necesitarán 20 pallets adicionales. En total se necesitan 272 pallets.¹⁸

Figura 48

Pallet



Fuente: <https://www.chep.com/gt/>

Los racks o estantes deberán tener una estructura de acero inoxidable. Estos son necesarios para el almacenamiento de los galones de fertilizante foliar y el aprovechamiento del espacio de la bodega. Se necesitarán 8 estantes con capacidad de carga de 4,000 libras cada uno y capacidad para almacenar 480 galones de fertilizante foliar por estante.

Figura 49

Racks metálico



Fuente: <https://www.racks.com.gt/>

¹⁸ La capacidad de carga dinámica de una pallets para transporte o despacho; es decir, la carga máxima mientras está siendo transportado debe ser de 1,500 kg de material para reciclaje o 33 sacos de abono.

4.3.7.11. Equipo de computación

El equipo de computación necesario para el funcionamiento de la planta, será para el área administrativa y consta de 5 computadoras y 1 impresora multifuncional.

4.3.7.12. Mobiliario

El mobiliario formará parte del equipo necesario para las operaciones tanto administrativas como de producción para los empleados; este consistirá en: un archivo metálico, 6 casilleros con 5 compartimientos cada uno, 7 sillas secretariales, 7 escritorios y 6 sillas de espera.

4.3.7.13. Herramientas

En la producción del abono orgánico son necesarias algunas herramientas tales como rastrillos, mangueras, palas, entre otras:

Tabla 15

Herramientas necesarias

Herramienta	Uso	Cantidad
Rastrillos para jardín	Deshacer o romper los terrones de tierra. Desmenuzar el humus en bruto. Mover la materia orgánica.	5
Horquillas	Suministrar la comida a los lechos o aboneras, sin lastimar a las lombrices.	5
Palas	Ingresa la materia orgánica en las camas y extraer el humus producido.	5
Mangueras de riego	Riego de los lechos.	5
Aspersor manual	Riego de los lechos.	5
Tamizadores	Cernido del humus en contenedores.	10

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en el Proceso de servicio de manejo de desechos sólidos.

4.3.8. Insumos y materiales

Para la operación de la planta de tratamiento de desechos sólidos, será necesario el suministro de algunos productos tanto para el área administrativa como para el área de

producción. Entre los insumos necesarios para el área de producción se pueden mencionar: uniformes, combustibles, mascarillas, guantes, entre otros; los cuales se presentan en la tabla 16.

Respecto el uniforme para el área de producción, se le entregará una camisa institucional o un uniforme completo (overol, zapatos, casco, mascarilla y guantes) según el puesto de trabajo. De 32 empleados que conforman dicha área, 25 recibirán uniforme completo y 7 recibirán camisa institucional. El uniforme se les deberá renovar cada 6 meses a los trabajadores, debido al desgaste sufrido.

Tabla 16

Insumos y materiales anuales para el área de producción

Descripción	Cantidad	Proveedor
Camisa institucional	14	Unitex
Uniforme tipo overol	50	
Botas	50	Uniformes Caf
Guantes, casco y mascarilla	50	Ferreterías
Sacos para abono de 100 lb (2022-2031)	38,192 – 40,101	Sacos Industriales
Conos de hilo de 8 kilos (2022-2031)	58 – 60	Klimp América
Galones (envase)	15,600	Polindustrias
Sacos para reciclaje de 5 quintales (2022-2031)	3,338 – 3,498	Sacos Industriales
Combustible (galones)	2,700	Gasolineras
Lubricante (litro)	24	Aceiteras

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en las operaciones de la planta.

Dentro de los insumos necesarios para el área administrativa se encuentran algunos útiles de oficina básicos como: tinta para impresora¹⁹, papel bond tamaño carta, lapiceros, entre otros; los cuales se detalla en la tabla 17. Estos serán de uso cotidiano por lo que constantemente se debe revisar el inventario de dichos insumos.

¹⁹ El uso de impresoras de tinta continua, reduce de manera significativa del costo por impresión eliminando el uso de cartuchos originales, un sistema de tinta continua equivale a 80 cartuchos originales.

El área administrativa está conformada por 10 empleados, de los cuales 4 recibirán uniforme de vigilancia y 6 empleados camisa institucional. De igual forma, se les renovará cada 6 meses debido al desgaste sufrido.

Tabla 17

Insumos y materiales anuales para el área administrativa

Descripción	Cantidad	Proveedor
Camisa institucional	12	Unitex
Uniforme de vigilancia	8	
Tinta para impresora color negro (frasco de 500 ml)	16	Intelaf
Tinta para impresora color magenta (frasco de 500 ml)	7	
Tinta para impresora color amarillo (frasco de 500 ml)	7	
Tinta para impresora color can (frasco de 500 ml)	7	
Talonario de factura	12	Imprenta
Resma de papel tamaño carta	12	Librerías, supermercados
Caja de lapiceros color	12	
Folder con gancho	240	

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en las operaciones de la planta.

4.4. Estudio administrativo

A continuación se presenta la propuesta administrativa para la planta de tratamiento, la cual incluye el personal necesario para cada área de trabajo, el cálculo de salarios y prestaciones, así como su respectiva descripción de puestos. Además, se expone la posibilidad de constituir la planta de tratamiento como una empresa municipal.

4.4.1. Puestos de trabajo necesarios

Para el funcionamiento de la planta de tratamiento, es necesario contar con los siguientes puestos de trabajo:

- a. Director de la planta
- b. Jefe de producción
- c. Jefe administrativo
- d. Secretaria
- e. Contador
- f. Bodegueros
- g. Conductores (mini cargador y montacargas)
- h. Maquinistas
- i. Operarios
- j. Vigilantes
- k. Encargado de garita de seguridad
- l. Encargados de limpieza

4.4.2. Estructura organizacional

La estructura organizacional de la planta de tratamiento formará parte de la estructura administrativa de la municipalidad de Asunción Mita. Dicha estructura se muestra en la figura 50 y estará conformada por los puestos de trabajo antes mencionados.

Figura 50

Estructura organizacional de la planta de tratamiento de desechos sólidos



Nota. Elaboración propia (2021). Con base en las descripciones de puestos.

4.4.3. Descripción de puestos

Contar con una descripción de puestos será de mucha utilidad para discernir y desarrollar de manera eficiente las diferentes tareas y responsabilidades entre el personal de la planta de tratamiento de desechos sólidos.

Las tablas 18 y 19, muestran de manera resumida, la descripción de las responsabilidades, funciones y requisitos de los puestos antes mencionados, los cuales se han dividido en mano de obra calificada y mano de obra no calificada.

Tabla 18*Descripción de puestos y salarios de la mano de obra calificada*

Puesto	Funciones	Responsabilidad	Requisitos	Número de plazas	Jornada laboral	Salario base
Director de planta	Elaborar el plan detallado de trabajo anual para la planta. Seleccionar al personal de operación de la planta. Elaborar el presupuesto de ingresos y gastos anualmente.	Administrar de manera eficiente los ingresos y egresos de la planta, así como sostener una buena comunicación con los empleados, presentándoles información clara y oportuna.	Ingeniero Civil o Químico. Conocimientos sobre planificación, organización, dirección y tratamiento de desechos sólidos	1	Lunes a viernes 8:00 a 16:00	Q 7,000.00
Jefe de producción	Llevar el control de las cantidades de cada producto. Velar porque el personal utilice equipo de seguridad. Planificar la compra de insumos y materiales necesarios en la producción.	Asegurar la correcta clasificación de los materiales para reciclaje, así como de la producción de abono, fertilizante y cuidado de lombrices, para su posterior empaçado.	Ingeniero Agrónomo o Químico Conocimientos sobre residuos sólidos y sus procesos de aprovechamiento.	1	Lunes a viernes 8:00 a 16:00	Q 6,000.00
Jefe administrativo	Supervisar la ejecución presupuestaria de la empresa. Analizar los estados financieros. Realizar la promoción de los productos que vende la planta. Supervisar la gestión del recurso humano.	Planear, organizar y controlar las actividades administrativas de la planta con el objetivo de apoyar a generar mayor rentabilidad	Administrador de Empresas. Amplios conocimientos contables y financieros, así como de gestión del recurso humano.	1	Lunes a viernes 8:00 a 16:00	Q 6,000.00

Puesto	Funciones	Responsabilidad	Requisitos	Número de plazas	Jornada laboral	Salario base
Secretaria	<p>Escribir cartas, memos, actas, notas y cualquier documento requerido.</p> <p>Ayudar y apoyar en reuniones y actividades realizadas en la planta.</p> <p>Atención a clientes y visitantes.</p>	<p>Manejar de forma eficiente el archivo y documentación interna de la planta.</p>	<p>Secretaria bilingüe u oficinista, con estudios superiores.</p> <p>Amplios conocimientos de computación, redacción y correspondencia, catalogación y archivo.</p>	1	<p>Lunes a viernes 8:00 a 16:00</p>	Q 3,300.00
Contador	<p>Llevar registros y controles contables (gastos e ingresos)</p> <p>Elaborar estados financieros, para su posterior análisis</p> <p>Manejo de la caja chica.</p> <p>Asegurar el cobro y pago adecuado de las cuentas.</p>	<p>Velar por la razonabilidad de los estados financieros y evitar cualquier contingencia contable a la planta.</p>	<p>Perito contador, con estudios superiores.</p> <p>Habilidades de interpretación financiera.</p> <p>Conocimiento de programas contables.</p>	1	<p>Lunes a viernes 8:00 a 16:00</p>	Q 3,800.00
Bodeguero	<p>Recibir el producto final de su respectiva bodega.</p> <p>Mantener el orden de la bodega y almacenamiento de los productos.</p> <p>Verificar la concordancia entre guías de despacho y órdenes de compra de los insumos.</p>	<p>Custodiar, controlar y participar activamente en la distribución de suministros y gestión de inventarios en bodega.</p>	<p>Bachiller industrial o Perito en Administración de Empresas.</p> <p>Conocimientos de control de inventarios.</p>	2	<p>Lunes a viernes 8:00 a 16:00</p>	Q 3,000.00

Puesto	Funciones	Responsabilidad	Requisitos	Número de plazas	Jornada laboral	Salario base
Maquinista	Planificar la secuencia de acciones necesarias para empacar adecuadamente el abono orgánico. Supervisar la máquina mientras funciona para ajustar el suministro e identificar problemas.	Garantizar que las operaciones de empacado se realicen eficientemente, optimizando los procedimientos.	Bachiller industrial Experiencia en el uso o programación de herramientas y máquinas automáticas o semiautomáticas.	1	Lunes a viernes 8:00 a 16:00	Q 3,000.00

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la propuesta de tratamiento de desechos sólidos.

Tabla 19*Descripción de puestos y salarios de la mano de obra no calificada*

Puesto	Funciones	Responsabilidad	Requisitos	Número de plazas	Jornada laboral	Salario base
Conductor	Transportar los diferentes materiales/productos hacia las diferentes áreas de la planta.	Garantizar el transporte de los materiales/productos para la continuidad de los procesos, así como el cuidado de los vehículos.	Nivel básico completo. Poseer licencia tipo B	3	Lunes a viernes 8:00 a 16:00	Q 2,832.84
Operario	Recibir a los camiones recolectores de desechos sólidos. Separar los desechos sólidos recibidos. Limpiar y clasificar los materiales inorgánicos para su empaque. Trabajar con la materia orgánica en descomposición para producir abono a través de la lombriz coqueta roja.	Realizar adecuadamente el proceso productivo de la planta: recepción de desechos, separación en orgánicos e inorgánicos, acondicionamiento de materiales para reciclaje y la producción de abono.	Nivel básico completo	25	Lunes a viernes 8:00 a 16:00	Q 2,832.84
Encargado de garita	Manejar información sobre los vehículos que circulan dentro de la planta.	Supervisar el ingreso y salida de los vehículos del personal y compradores.	Nivel básico completo Manejo de armas.	1	Lunes a viernes 8:00 a 16:00	Q 2,832.84
Vigilante	Realizar supervisiones no programadas durante los horarios hábiles e inhábiles dentro de la planta.	Velar por la seguridad de las instalaciones físicas y bienes de la planta.	Nivel básico completo Manejo de armas y defensa personal.	3	Lunes a domingo 6:00 a 14:00 (turno 1) 14:00 a 22:00 (turno 2) 22:00 a 6:00 (turno 3)	Q 2,832.84

Puesto	Funciones	Responsabilidad	Requisitos	Número de plazas	Jornada laboral	Salario base
Encargado de limpieza	Efectuar el aseo en las instalaciones de la planta, a fin de mantener un adecuado nivel de higiene.	Asear las instalaciones, tanto del área productiva como administrativa, manteniéndolos en óptimas condiciones.	Nivel primario completo.	2	Lunes a viernes 8:00 a 16:00	Q 2,832.84

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en la propuesta de tratamiento de desechos sólidos.

Tal como indica la tabla 19, los operarios realizarán todo el proceso productivo de la planta, desde la recepción de desechos hasta la obtención del producto final (materiales para reciclaje, abono y fertilizante). Al tenerlos unificados en un solo puesto de trabajo, se pretende que cada cierto tiempo ocurra una rotación de personal entre las diferentes áreas de trabajo: recepción de desechos, clasificación en orgánicos e inorgánicos, acondicionamiento de materiales para reciclaje y producción de abono orgánico.

Esta rotación será útil para controlar y detectar errores que estén presenciando en las diferentes áreas. Asimismo, permitirá descubrir las habilidades, conocimientos y aptitudes específicas que son usadas para determinar quién debe mejorar en sus respectivas habilidades para desempeñarse mejor.

Aquellos operarios que durante la rotación de áreas de trabajo estén encargados de la recepción de los desechos sólidos tendrán un horario de 6:00 a 12:00, el resto de 8:00 a 16:00 horas.

4.4.4. Planilla de salarios

Con base en los salarios detallados en las descripciones de puestos, la tabla 20 presenta el cálculo de salarios y prestaciones del personal requerido para la planta de tratamiento.

Los salarios propuestos están fijados con base en el análisis de la planilla de salarios para empleados de la municipalidad de Asunción Mita, para el mes de mayo de 2021; la referencia de estos se encuentra en el anexo 7.

Tabla 20*Planilla de salarios (cifras en quetzales)*

Puesto	Salario base	Bonificación	Total mensual	Bono 14	Aguinaldo	Devengado anual	Plazas	Total anual
Mano de obra calificada								
Director de planta	7,000.00	250.00	7,250.00	7,250.00	7,250.00	101,500.00	1	101,500.00
Jefe de producción	6,000.00	250.00	6,250.00	6,250.00	6,250.00	87,500.00	1	87,500.00
Jefe administrativo	6,000.00	250.00	6,250.00	6,250.00	6,250.00	87,500.00	1	87,500.00
Secretaria	3,300.00	250.00	3,550.00	3,550.00	3,550.00	49,700.00	1	49,700.00
Contador	3,800.00	250.00	4,050.00	4,050.00	4,050.00	56,700.00	1	56,700.00
Bodeguero	3,000.00	250.00	3,250.00	3,250.00	3,250.00	45,500.00	2	91,000.00
Maquinista	3,000.00	250.00	3,250.00	3,250.00	3,250.00	45,500.00	1	45,500.00
Mano de obra no calificada								
Conductor	2,832.84	250.00	3,082.84	3,082.84	3,082.84	43,159.76	3	129,479.28
Operario	2,832.84	250.00	3,082.84	3,082.84	3,082.84	43,159.76	25	1,078,994.00
Vigilante	2,832.84	250.00	3,082.84	3,082.84	3,082.84	43,159.76	3	129,479.28
Encargado de garita	2,832.84	250.00	3,082.84	3,082.84	3,082.84	43,159.76	1	43,159.76
Encargado de limpieza	2,832.34	250.00	3,082.34	3,082.34	3,082.34	43,152.76	2	86,305.52
Total							42	1,986,817.84

Fuente: Elaboración propia (2021). Con base en las tablas 18,19 y Municipalidad de Asunción Mita (2021), Planilla de sueldos para empleados al mes de mayo del año 2021, pp. 1-21.

4.4.5. Constitución como Empresa Municipal

De acuerdo con el Código Municipal en el artículo 119 Criterios para la distribución de la asignación constitucional. “Los recursos financieros a los que se refiere este capítulo, serán distribuidos conforme el cálculo matemático que para el efecto realice la comisión específica ...La distribución se efectuará de acuerdo con los siguientes criterios, en el numeral 3 se indica: el 25% distribuido proporcionalmente a los ingresos propios per cápita de cada municipio... para los efectos de los establecido en el numeral tres del presente artículo, se entienden por ingresos propios per cápita de cada municipio, el resultado derivado de la sumatoria de los ingresos provenientes por concepto de arbitrios, tasas administrativas, servicios, rentas, empresa municipales...”

Este artículo da la apertura para que los gobiernos locales aumenten la asignación constitucional, incrementando sus ingresos propios. Derivado de esto, la Municipalidad de Asunción Mita puede constituir la planta de tratamiento de desechos sólidos como una Empresa Municipal.

Este modelo de desarrollo económico permite generar empleo para las habitantes de la comunidad, impactar positivamente la economía de los habitantes, mejorando su nivel de vida incrementando los ingresos municipales.

4.4.6. Marco legal

Como cualquier persona individual o jurídica estará sujeta a la normativa legal vigente del país. En tal sentido, todas las actuaciones serán enmarcadas dentro de lo preceptuado en las leyes y normas generales específicas que rigen actualmente, a partir de la Constitución Política de la República de Guatemala.

Todas las acciones de la Empresa Municipal estarán enmarcadas en el respecto de la ley, con derechos y obligaciones que se garantizan en el Código Civil y Penal, a los cuales esté sujeta.

Por su naturaleza de Empresa Municipal y de su gestión, su funcionamiento será tutelado según lo contenido en el Código Municipal, en el acuerdo de su creación y en su reglamento.

Sus relaciones laborales se van a regir básicamente por lo contemplado en el Código de Trabajo, Ley del Servicio Municipal, Ley Orgánica del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Ley de Probidad, Ley de Contrataciones del Estado y en algunos casos, leyes fiscales como la Ley del Impuesto sobre la Renta y la Ley del Impuesto al Valor Agregado.

La adquisición de bienes y servicios, compras y contrataciones deberá ser regulada por lo consignado en la Ley de Contrataciones del Estado y en la Ley de la Contraloría General de Cuentas de la Nación.

Asimismo, derivado del giro de actividades de la planta, deberá regirse también por lo dispuesto en la Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente y la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos.

4.5. Análisis ambiental

La implementación de la planta de tratamiento de desechos sólidos en Asunción Mita, contempla en el componente ambiental tres fases fundamentales (construcción, operación y abandono), presentando tanto impactos negativos como positivos.

4.5.1. Fase de construcción

Comprende todo lo relacionado con la construcción de las obras civiles hasta el inicio de su operación. Durante esta fase, la preparación del terreno que afectará la topografía natural del lugar; el zanjeo y el movimiento de tierra los cuales implican la remoción de altos volúmenes de tierra hacia otro lugar; solamente una parte se quedará cerca de la planta para cubrir aquellos desechos que deban enterrarse. En cuanto al uso, este cambiará debido a que se construirán las instalaciones de la planta de tratamiento de desechos sólidos. Actualmente, el lugar es un terreno sin ninguna ocupación.

La atmósfera también será afectada, ya que por el movimiento de tierra se elevarán partículas de polvo al ambiente y se producirán ruidos por el funcionamiento de la maquinaria utilizada para dichas operaciones.

En cuanto a la flora, esta se verá afectada debido a la preparación del terreno, la cual ocasionará la pérdida de árboles, arbustos y plantas. Aunque se deberá reforestar algunas áreas cercanas a la planta, esto será a largo plazo para restablecer totalmente

el área modificada. La fauna tendrá que migrar hacia otra área en busca de un ambiente similar donde puedan desarrollarse. El personal que trabajará en la construcción de las instalaciones generará desechos sólidos y líquidos.

Algunas medidas de mitigación que se pueden contemplar son principalmente buenas prácticas de construcción lo cual involucra el transporte de materiales de construcción al sitio de la planta en forma adecuada y segura, la disposición apropiada de los desechos sólidos de construcción y desechos sólidos comunes generados por las actividades de los trabajadores. Además, la disposición conveniente de las aguas residuales generadas por el uso de instalaciones sanitarias por parte del personal contratado, medidas de salud y seguridad industrial enfocadas en el uso de equipo de seguridad de acuerdo con las actividades realizadas, así como el buen estado de la maquinaria y equipo.

Se establece también la obligatoriedad de reforestar con especies nativas un área municipal como compensación por el cambio de uso de suelo necesario para construir la planta de tratamiento.

Los impactos positivos están proyectados principalmente hacia el factor humano, ya que se registrarán beneficios por la generación de empleos lo que sostendrá la calidad de vida de quienes participen en dicha construcción.

4.5.2. Fase de operación

En esta fase es donde se recibirán los desechos sólidos generados por los hogares, comercios, industrias y agricultura del municipio. El funcionamiento mismo de las instalaciones de la planta se establece como una medida de mitigación al impacto ambiental que se genera en el municipio de Asunción Mita, por los desechos que llegan al vertedero municipal y que no reciben el adecuado tratamiento.

Se producirán impactos negativos por las actividades diarias de la planta, afectando principalmente la atmósfera por olores, gases y ruidos, producto de las labores de producción. Asimismo, las actividades a realizar durante esta etapa pueden generar desechos sólidos y líquidos por la operación de las diferentes áreas de trabajo.

Las viviendas más cercanas²⁰ se verán afectadas por el tráfico diario de los camiones recolectores que transportarán los desechos a la planta, lo cual supone un aumento del ruido de la carretera. Asimismo, habrá un incremento en el nivel de polvo en suspensión, pero el mismo será el resultado de la resuspensión del polvo que se deposita en la carretera por el viento que lo traslada de áreas adyacentes sin vegetación o por el que aportan vehículos que ingresan a la carretera desde calles de terracería. Sin embargo, a pesar de ello el impacto no será mayor al que actualmente existe.

Derivado del manejo diario de los desechos en la planta de tratamiento, especialmente durante el proceso de producción de abono donde se generan compuestos orgánicos volátiles que podrán emitir olores desagradables para los pobladores cercanos; olores que se intensificarían con la llegada del verano. Asimismo, el funcionamiento de la maquinaria podría causar niveles de ruido molestos.

Sin embargo, existirán impactos positivos por la capacitación del personal para las diferentes áreas de trabajo dentro de la planta y por la labor de comunicación que se realice dentro y fuera de sus instalaciones para la formación de un enfoque de conciencia ambiental que beneficiará a los pobladores de Asunción Mita y sus alrededores. También será influencia positiva lo referente a los planes de limpieza que se preparen para los diferentes puntos del municipio abarcando sectores públicos y privados, además durante la operación se contribuirá con la calidad de vida generando trabajo durante el horizonte de la propuesta.

El mayor impacto positivo, será mejorar la calidad de vida de los habitantes de Asunción Mita, seguido por el aumento de educación ambiental que recibirán y que será de mucha importancia para ayudar al éxito de la planta de tratamiento.

En esta fase, las medidas de mitigación están encaminadas a la protección de la salud y seguridad del personal de la planta; también se hace énfasis en la necesidad de mantener protocolos de trabajo, especialmente debido al uso de maquinaria especializada. Se requiere además de capacitación constante al personal y mantenimiento constante y

²⁰ Se encuentran a una distancia entre 700 y 750 metros.

oportuno a las instalaciones, maquinaria y equipo utilizado, señalización en las diferentes áreas de trabajo.

Un proceso compostaje mal manejado se puede convertir en una fuente muy seria de olores ofensivos, por lo cual la técnica exige la adopción de buenas prácticas y la atención permanente para que el proceso se lleve de manera adecuada.

Para controlar la contaminación atmosférica provocada por la descomposición de la materia orgánica, se procurará que esta sea separada correctamente y procesada inmediatamente, para evitar que despidan malos olores y gases.

Como parte del diseño del área de producción de abono, se consideró el encerramiento de los lechos en una estructura tipo invernadero, para evitar que el viento arrastre los malos olores generados por el proceso de estabilización de la materia orgánica, cuidando que la orientación de las puertas de entrada no se encuentre en la dirección del viento.

Asimismo, será necesario vigilar que no hayan zonas con alta humedad ocasionadas por lluvia o escorrentía. Adicionalmente se debe airear con procesos manuales frecuentes teniendo en cuenta las horas de menor velocidad del viento.

Para el control de los olores hacia el exterior de la planta se pueden implementar barreras vivas. “Las barreras vivas son la inclusión de material vegetativo (arbustos y árboles) en el diseño de ingeniería” (Mora, 2020, p. 12).

Se ha demostrado el potencial de las barreras vivas para reducir el impacto ambiental causado por los malos olores para poblaciones aledañas a granjas porcícolas, plantas de tratamiento de aguas residuales y de desechos sólidos.

La cerca viva se realizaría con plantas que por sus características edafoclimáticas (suelo y clima) se adapten al municipio como herbáceas, arbóreas y otras. “Asunción Mita se caracteriza su flora constituida por diversidad de especies pero sobresalen las de conacaste negro y blanco, palo blanco, zapotón, matiliguete, cedro, ceiba, nogal, cuje, madre cacao, chaperno negro y blanco, ciprés entre otros” (Municipalidad de Asunción Mita, 2019, p. 30).

Al usar las especies vegetales mencionadas anteriormente como cercas vivas, permitirá delimitar áreas, ser cortinas rompe vientos, de uso paisajístico, como también el control

de olores, debido a que poseen hojas o flores que generan un aroma particular. La implementación de barreras con vegetación es una alternativa para mitigar o controlar los olores generados en el tratamiento de desechos sólidos, incluyendo la delimitación del área del proceso con la zona aledaña, evitando así molestias y dando una solución ambiental.

Para contrarrestar el impacto causado por el tráfico diario de los camiones recolectores, se puede realizar alianzas con la Dirección General de Caminos en la rehabilitación de la carretera, de manera que los niveles de ruido así como los niveles de polvo en suspensión se mantengan o disminuyan.

4.5.3. Fase de cierre

“Este tipo de proyectos tienen una vida útil entre 15 y 20 años” (A. R. Sandoval, comunicación personal, 15 de abril de 2021), por lo que al cumplir su vida útil la planta de tratamiento podrá ser ampliada para continuar con su funcionamiento. Sin embargo, de ocurrir el abandono de la misma, se deberá garantizar el cierre de las instalaciones en desuso, así como el mantenimiento de las mismas para evitar su deterioro y los impactos que ello conlleva.

La maquinaria y equipo se deberá retirar y de ser posible reusarse en actividades similares. Se deberá definir un nuevo uso para las instalaciones físicas abandonadas, no siendo recomendable la demolición de las mismas.

De considerarse un nuevo uso para las instalaciones, este deberá ser sometido a la aprobación de las autoridades ambientales de acuerdo con la legislación ambiental vigente.

4.6. Estudio financiero

Este estudio presenta el monto de la inversión necesaria para la implementación de la propuesta, los costos y gastos de los estudios presentados anteriormente, en un horizonte de diez años, así como los ingresos proyectados para el mismo período. Finalmente se hace un análisis de indicadores financieros para determinar la viabilidad de la propuesta.

4.6.1. Inversión inicial

Se refiere a todos los egresos iniciales que permitirán iniciar operaciones en la planta de tratamiento de desechos sólidos de dicha propuesta. Es decir, aquellos aspectos técnicos como la construcción de instalaciones, la compra del equipo necesario, la lombriz coqueta roja, capital de trabajo, entro otros.

La tabla 21 muestra la inversión inicial en las instalaciones necesarias para la planta de tratamiento, tales como edificio administrativo, garita, bodegas, áreas de clasificación de desechos, producción de abono orgánico, acondicionamiento de materiales inorgánicos, sistema de agua, drenajes, eléctrico y urbanización. Estos costos son de obra gris e incluyen materiales y mano de obra.

Tabla 21

Inversión inicial en obras civiles (cifras en quetzales)

Descripción	Medida	Cantidad	Costo unitario	Costo
Cerco de protección	Metro lineal	440	95.00	41,800.00
Garita de seguridad	Metro cuadrado	6	2,125.00	12,750.00
Galera de separación de desechos	Metro cuadrado	375	825.00	309,375.00
Galera de manejo de inorgánicos	Metro cuadrado	330	825.00	272,250.00
Mesas fundidas	Unidad	6	2,500.00	15,000.00
Lavaderos	Unidad	3	1,050.00	3,150.00
Galera de trituración	Metro cuadrado	50	825.00	41,250.00
Construcción de lechos	Unidad	20	8,175.00	163,500.00
Estructura resguardo de lechos	Unidad	4	21,875.00	87,500.00
Galera de empaque	Metro cuadrado	50	825.00	41,250.00
Bodega de orgánicos	Metro cuadrado	529	2,525.00	1,335,725.00
Bodega de material de reciclaje	Metro cuadrado	759	2,525.00	1,916,475.00

Descripción	Medida	Cantidad	Costo unitario	Costo
Edificio administrativo y vestuarios	Metro cuadrado	200	2,125.00	425,000.00
Garaje 1	Metro cuadrado	120	825.00	99,000.00
Garaje 2	Metro cuadrado	70	825.00	57,750.00
Pozo para lixiviados			3,360.00	3,360.00
Sistema de drenajes			26,650.00	26,650.00
Sistema de agua potable			17,920.00	17,920.00
Sistema eléctrico			23,830.00	23,830.00
Urbanización (pavimentado)	Metro cuadrado	6,451	305.71	1,972,135.21
Urbanización (instalaciones)			125,580.00	125,580.00
Total				6,991,250.21

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en información de constructora ubicada en el municipio de Jutiapa.

La tabla 22 presenta la inversión necesaria para la compra de maquinaria, mobiliario y equipo como básculas, mini cargador frontal, montacargas, herramientas, equipo de cómputo, mobiliario, entre otros.

La información de estos precios, se obtuvo a través de cotizaciones en diferentes empresas que comercializan dichos bienes. Por lo que, en la tabla 22 se presentan la mejor opción para cada equipo en cuestión de precio, entrega y facilidades de pago.

Tabla 22

Inversión inicial en maquinaria, mobiliario y equipo (cifras en quetzales)

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total	Proveedor
1	Báscula para vehículos	113,426.32	113,426.32	Prociencia
2	Básculas de suelo	13,654.00	27,308.00	
1	Ensacadora	238,387.52	238,387.52	Sipesa
1	Cosedora de sacos	138,418.56	138,418.56	
1	Banda transportadora	127,200.00	127,200.00	Recasa
1	Picadora	29,500.00	29,500.00	Tecnoagri

Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total	Proveedor
4	Montacargas	176,868.16	707,472.64	Gentrac
2	Minicargadores frontales	366,040.19	732,080.38	
1	Contenedor 20 m ³	25,000.00	25,000.00	Estructuras
9	Contenedores 2 m ³	3,300.00	29,700.00	
2	Contenedores 1 m ³	1,560.00	3,120.00	Airsa
10	Contenedores 10 m ³	12,500.00	125,000.00	
272	Pallets de madera	55.00	14,960.00	Carpinteria
8	Estantes metálicos	850.00	6,800.00	Logimerk
5	Computadoras	3,511.00	17,555.00	Intelaf
2	Impresoras multifuncionales	2,380.00	4,760.00	
2	Archivos metálicos	1,125.00	2,250.00	Muebles
6	Casilleros	665.00	3,990.00	Impulso
4	Bancas de madera	300.00	1,200.00	Carpinteria
7	Escritorios	925.00	6,475.00	Muebles de
7	Sillas secretariales	359.00	2,513.00	Oficina
6	Sillas de espera	250.00	1,500.00	Galileo
5	Rastrillos	90.00	450.00	Ferreterías
5	Horquillas	95.00	475.00	
5	Palas	85.00	425.00	
5	Manguera	95.00	475.00	
5	Aspersores	85.00	425.00	
10	Tamizadores	375.00	3,750.00	
Total			2,364,616.42	

Nota. Elaboración propia (2021). Con base información de constructora ubicada en el municipio de Jutiapa.

La tabla 23 muestra otras inversiones tales como la adquisición de la lombriz necesaria para la producción del abono, el equipo de seguridad laboral en la planta y el capital de trabajo²¹.

²¹ El capital de trabajo es la inversión que debe hacerse para cubrir los costos y gastos de operación durante el tiempo necesario, hasta que pueda generar ingresos suficientes y sea sostenible.

Tabla 23*Otras inversiones iniciales (cifras en quetzales)*

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Terreno (m ²)	11,100	175.00	1,942,500.00
Lombriz coqueta roja (kg)	10,000	75.00	750,000.00
Extinguidores	6	600.00	3,600.00
Señales de seguridad	26.00	40.00	1,040.00
Capital de trabajo (6 meses)	6	192,133.53	1,152,801.17
Total			3,849,941.17

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en descripción de la propuesta.

El terreno que será utilizado para ubicar la planta de tratamiento es propiedad de la Municipalidad de Asunción Mita. Sin embargo, se incluye su costo de oportunidad a precio de mercado (con base en el análisis del costo por metro cuadrado en el municipio) como referencia del costo para un terreno de similar tamaño y características, si existiera la necesidad de modificar la ubicación de la planta de tratamiento.

La lombriz necesaria para la producción del abono será comprada por peso dentro del país. FULIMAGRO es la empresa distribuidora, la cual se ubica en el municipio de El Tejar, en el departamento de Chimaltenango.

Para iniciar con el proceso trimestral de producción de abono se deben adquirir 10,000 kilogramos de lombrices a un costo de Q 75.00 cada uno. Esta cantidad permitirá incorporar 12.5 kg/m² en cada uno de los 20 lechos (500 kilogramos en cada lecho) para su mezcla con los desechos orgánicos triturados.

Para proteger la vida, salud e integridad del personal en la prestación de sus servicios, es necesaria la adquisición de extinguidores para la prevención de incendios; se comprarán 6 extinguidores de polvo químico seco (ABC) con capacidad de 20 libras a un precio de Q 600.00 cada uno, en Distribuidora Walter en la Ciudad Capital.

Asimismo, para comunicar actividades o situaciones determinadas a los colaboradores, se adquirirán 26 señales de seguridad de material PVC con tamaño de 20 x 30 centímetros a un precio de Q 40.00 cada una en Tecnografic en Asunción Mita.

El capital de trabajo permitirá cubrir los salarios de todo el personal, servicios e insumos de producción y administración, por los primeros seis meses del año 2022; tiempo en el cual la planta de tratamiento empezará a generar ingresos suficientes para poder cubrir los costos y gastos de operación (ver tablas 26 y 27).

La tabla 24 presenta el resumen de la inversión inicial total que se requiere para implementar la propuesta de la planta de tratamiento de desechos sólidos.

Tabla 24

Inversión inicial total de la planta de tratamiento (cifras en quetzales)

Descripción	Monto
Terreno	1,942,500.00
Obras civiles	6,991,250.21
Maquinaria, mobiliario y equipo	2,364,616.42
Lombriz coqueta roja	750,000.00
Seguridad laboral	4,640.00
Capital de trabajo	1,152,801.17
Total	13,205,807.80

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en las tablas 21, 22 y 23.

La inversión inicial necesaria para la puesta en marcha de la planta de tratamiento de desechos sólidos en Asunción Mita es de Q 13,205,807.80. Con lo cual se solventará la construcción de las instalaciones, la compra de la maquinaria, mobiliario y equipo necesarios, la lombriz para el proceso de producción de abono, implementos de seguridad laboral y se podrán cubrir los costos y gastos de los primeros seis meses de operación de la planta.

En este presupuesto de inversión no se consideró la adquisición de camiones para la recolección y transporte de los desechos, debido a que la Municipalidad cuenta en la actualidad con tres camiones. Estos fueron adquiridos por la administración municipal del período 2016-2020 y a los cuales se les proporciona mantenimiento constante para brindar el servicio de recolección de desechos de manera eficiente a los hogares del municipio. Por tanto, el servicio de recolección y transporte trabajará en conjunto con la planta de tratamiento al transportar los desechos hasta las instalaciones de la planta.

4.6.2. Análisis de costos y gastos

Este análisis contempla todas aquellas erogaciones que durante el horizonte de evaluación de la propuesta que permitirán el completo funcionamiento de la planta de tratamiento. Se contemplan los costos de producción, gastos de administración y depreciaciones.

Considerando el aumento generalizado en los precios de los bienes y servicios de la economía nacional en el período 2011-2020, el cual ha estado entre 2.31% y 6.20%, se prevé un incremento anual en los costos de producción y gastos de administración, tanto para mano de obra como para los otros gastos; los cuales se muestran en la tabla 25.

El incremento anual en salarios se determinó con una proyección a través de mínimos cuadrados, utilizando datos históricos del salario mínimo nacional y de esta forma determinar el posible incremento que presentaría anualmente.

El incremento en otros costos y gastos se determinó proyectando la inflación anual para los próximos años, utilizando el ritmo inflacionario de años anteriores. Los cálculos para determinar los incrementos se presentan en el anexo 8.

Tabla 25

Incremento anual de costos y gastos

Año	Incremento en salarios	Incremento en otros costos y gastos
2023	2.98%	3.43%
2024	2.90%	3.34%
2025	2.81%	3.26%
2026	2.74%	3.18%
2027	2.66%	3.09%
2028	2.60%	3.01%
2029	2.53%	2.93%
2030	2.47%	2.84%
2031	2.41%	2.76%

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en información obtenida de Banco de Guatemala y Ministerio de Trabajo y Previsión Social.

Al considerar estos aumentos en los costos y gastos de operación, la municipalidad podrá tomar decisiones correctas al momento de implementar la propuesta. De tal manera que, desde ya se estiman los precios ante los posibles aumentos esperados de los diferentes artículos en la economía nacional. Por ejemplo, los costos de materias primas e insumos se proyectan con base a los precios que se esperaría tengan para los siguientes años de operación, o la mano de obra de acuerdo con los aumentos del salario mínimo guatemalteco. Por tanto, los flujos de efectivo serán más adecuados a la realidad económica que estará atravesando el país.

4.6.2.1. Costos de producción

Estos costos están relacionados directamente con la cantidad de desechos a procesar, para ello se consideran: los salarios de producción, el mantenimiento y reparación, insumos.

La tabla 26 muestra los costos de producción para el horizonte de 10 años. Los cálculos detallados de cantidades necesarias y costos se encuentran en el anexo 9.

4.6.2.2. Gastos de administración

Los gastos administrativos serán los sueldos del personal del área, útiles de oficina, publicidad, servicios básicos y mantenimientos. La tabla 27 presenta los gastos de administración y los cálculos detallados de se encuentran en el anexo 9.

Tabla 26*Costos de producción de la planta de tratamiento (cifras en quetzales)*

Descripción	2022	2023	2024	2025	2026
Jefe de producción	87,500.00	90,107.50	92,720.62	95,326.07	97,938.00
Bodeguero	91,000.00	93,711.80	96,429.44	99,139.11	101,855.52
Salarios	45,500.00	46,855.90	48,214.72	49,569.55	50,927.76
Conductor	129,479.28	133,337.76	137,204.56	141,060.01	144,925.05
Operario	1,078,994.00	1,111,148.02	1,143,371.31	1,175,500.05	1,207,708.75
Camisa institucional	1,190.00	1,230.82	1,271.93	1,313.39	1,355.16
Uniforme overol	5,500.00	5,688.65	5,878.65	6,070.29	6,263.33
Botas	3,750.00	3,878.63	4,008.17	4,138.84	4,270.45
Mascarillas	750.00	775.73	801.63	827.77	854.09
Cascos	1,500.00	1,551.45	1,603.27	1,655.53	1,708.18
Insumos	1,500.00	1,551.45	1,603.27	1,655.53	1,708.18
Galones	50,700.00	52,439.01	54,190.47	55,957.08	57,736.52
Sacos para abono	66,144.00	66,658.46	70,697.64	73,002.54	75,324.21
Sacos reciclaje	30,876.50	32,107.77	33,348.25	34,619.17	35,899.13
Hilo	27,550.00	28,003.53	29,446.60	30,930.75	31,373.36
Combustible	62,100.00	64,230.03	66,375.31	68,539.15	70,718.69
Lubricante	2,280.00	2,358.20	2,436.97	2,516.41	2,596.44
Mantenimiento y reparación	17,500.00	18,100.25	18,704.80	19,314.57	19,928.78
Total	1,703,813.78	1,753,734.96	1,808,307.61	1,861,135.82	1,913,091.60

Descripción		2027	2028	2029	2030	2031
	Jefe de producción	100,543.15	103,157.27	105,767.15	108,379.60	110,991.55
	Bodeguero	104,564.88	107,283.56	109,997.84	112,714.79	115,431.21
Salarios	Maquinista	52,282.44	53,641.78	54,998.92	56,357.39	57,715.61
	Conductor	148,780.06	152,648.34	156,510.34	160,376.15	164,241.21
	Operario	1,239,833.80	1,272,069.48	1,304,252.84	1,336,467.88	1,368,676.76
	Camisa institucional	1,397.03	1,439.08	1,481.25	1,523.31	1,565.36
	Uniforme overol	6,456.87	6,651.22	6,846.10	7,040.53	7,234.85
	Botas	4,402.41	4,534.92	4,667.80	4,800.36	4,932.85
	Mascarillas	880.48	906.98	933.56	960.07	986.57
	Cascos	1,760.96	1,813.97	1,867.12	1,920.14	1,973.14
	Guantes	1,760.96	1,813.97	1,867.12	1,920.14	1,973.14
Insumos	Galones	59,520.58	61,312.15	63,108.59	64,900.88	66,692.14
	Sacos para abono	77,651.73	82,040.00	82,332.51	86,841.60	89,238.40
	Sacos reciclaje	37,203.88	38,525.07	39,861.10	41,206.30	42,562.61
	Hilo	32,900.17	33,890.19	35,474.40	36,481.80	37,488.60
	Combustible	72,903.90	75,098.31	77,298.69	79,493.97	81,688.00
	Lubricante	2,676.66	2,757.23	2,838.02	2,918.62	2,999.17
	Mantenimiento y reparación	20,544.58	21,162.97	21,783.04	22,401.68	23,019.97
	Total	1,966,064.55	2,020,746.50	2,071,886.38	2,126,705.22	2,179,411.14

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en descripción de la propuesta.

Tabla 27*Gastos de administración de la planta de tratamiento (cifras en quetzales)*

	Descripción	2022	2023	2024	2025	2026
Salarios	Director de planta	101,500.00	104,524.70	107,555.92	110,578.24	113,608.08
	Jefe administrativo	87,500.00	90,107.50	92,720.62	95,326.07	97,938.00
	Contador	56,700.00	58,389.66	60,082.96	61,771.29	63,463.82
	Secretaria	49,700.00	51,181.06	52,665.31	54,145.21	55,628.78
	Encargado de limpieza	86,305.52	88,877.42	91,454.87	94,024.75	96,601.03
	Encargado de garita	43,159.76	44,445.92	45,734.85	47,020.00	48,308.35
	Vigilante	129,479.28	133,337.76	137,204.56	141,060.01	144,925.05
		<hr/>				
Insumos	Camisa institucional	1,020.00	1,054.99	1,090.22	1,125.76	1,161.56
	Uniforme vigilancia	880.00	910.18	940.58	971.25	1,002.13
	Tinta c/negro	544.00	562.66	581.45	600.41	619.50
	Tinta color	882.00	912.25	942.72	973.45	1,004.41
	Resma papel	312.00	376.49	389.06	401.74	414.52
	Talonario facturas	720.00	744.70	769.57	794.66	819.93
	Folder con gancho	240.00	248.23	256.52	264.89	273.31
	Caja de lapiceros	216.00	223.41	230.87	238.40	245.98
	Botiquín	640.00	661.95	684.06	706.36	728.82
	<hr/>					
Publicidad	10,000.00	10,343.00	10,688.46	11,036.90	11,387.87	
Mantenimiento y reparaciones	4,890.00	5,057.73	5,226.66	5,397.04	5,568.67	
Agua, luz y teléfono	19,600.00	20,272.28	20,949.37	21,632.32	22,320.23	
Otros	7,500.00	7,757.25	8,016.34	8,277.67	8,540.90	
Total		601,788.56	619,989.14	638,184.98	656,346.42	674,560.96

	Descripción	2027	2028	2029	2030	2031
Salarios	Director de planta	116,630.06	119,662.44	122,689.90	125,720.34	128,750.20
	Jefe administrativo	100,543.15	103,157.27	105,767.15	108,379.60	110,991.55
	Contador	65,151.96	66,845.91	68,537.12	70,229.98	71,922.52
	Secretaria	57,108.51	58,593.33	60,075.74	61,559.61	63,043.20
	Encargado de limpieza	99,170.62	101,749.05	104,323.30	106,900.09	109,476.38
	Encargado de garita	49,593.35	50,882.78	52,170.11	53,458.72	54,747.07
	Vigilante	148,780.06	152,648.34	156,510.34	160,376.15	164,241.21
Insumos	Camisa institucional	1,197.46	1,233.50	1,269.64	1,305.70	1,341.74
	Uniforme vigilancia	1,033.10	1,064.20	1,095.38	1,126.48	1,157.58
	Tinta c/negro	638.64	657.87	677.14	696.37	715.59
	Tinta color	1,035.45	1,066.61	1,097.87	1,129.04	1,160.21
	Resma papel	427.33	440.19	453.09	465.96	478.82
	Talonario facturas	845.26	870.71	896.22	921.67	947.11
	Folder con gancho	281.75	290.24	298.74	307.22	315.70
	Caja de lapiceros	253.58	261.21	268.87	276.50	284.13
Botiquín	751.34	773.96	796.64	819.26	841.87	
Publicidad	11,739.76	12,093.13	12,447.45	12,800.96	13,154.27	
Mantenimiento y reparaciones	5,740.74	5,913.54	6,086.80	6,259.67	6,432.44	
Agua, luz y teléfono	23,009.93	23,702.53	24,397.01	25,089.88	25,782.37	
Otros	8,804.82	9,069.84	9,335.59	9,600.72	9,865.70	
Total		692,736.86	710,976.63	729,194.09	747,423.93	765,649.65

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en descripción de la propuesta.

4.6.2.3. Depreciaciones

La depreciación y la amortización son el tipo de gasto más común que no es en efectivo. Representan la pérdida del valor de los activos por su uso, derivado del desgaste físico que sufren los activos fijos durante un periodo determinado.

En las empresas privadas, la depreciación y la amortización constituyen un origen de fondos en estas, porque las protegen contra el pago de impuestos al disminuir el ingreso gravable sin que haya una salida real de efectivo.

La tabla 28 muestra el detalle de la depreciación anual, como registro del valor de los activos que están sujetos a una depreciación. Asimismo, debido a que el equipo de computación es el activo que se deprecia más rápido, se contempla realizar una reinversión en el año 5, al igual que con las herramientas.

Tabla 28*Depreciación anual de activos*

Activo	Valor inicial	Porcentaje de depreciación	2022	2023	2024	2025	2026
Edificios	6,991,250.21	5%	349,562.51	349,562.51	349,562.51	349,562.51	349,562.51
Equipo de computación	22,315.00	33.33%	7,438.33	7,438.33	7,438.33		
Equipo de computación (inversión 2)	25,473.56	33.33%					
Herramientas	6,000.00	25%	1,500.00	1,500.00	1,500.00	1,500.00	
Herramientas (inversión 2)	6,849.27	25%					
Mobiliario y equipo	222,508.00	20%	44,501.60	44,501.60	44,501.60	44,501.60	44,501.60
Maquinaria	674,240.40	20%	134,848.08	134,848.08	134,848.08	134,848.08	134,848.08
Vehículos	1,439,553.02	20%	287,910.60	287,910.60	287,910.60	287,910.60	287,910.60
Total			825,761.13	825,761.13	825,761.13	818,322.80	816,822.80

Activo	2027	2028	2029	2030	2031	Valor en libros
Edificios	349,562.51	349,562.51	349,562.51	349,562.51	349,562.51	3,495,625.11
Equipo de computación						0.00
Equipo de computación (inversión 2)	8,491.19	8,491.19	8,491.19			0.00
Herramientas						0.00
Herramientas (inversión 2)	1,712.32	1,712.32	1,712.32	1,712.32		0.00
Mobiliario y equipo						0.00
Maquinaria						0.00
Vehículos						0.00
Total	359,766.02	359,766.02	359,766.02	351,274.83	349,562.51	3,495,625.11

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en descripción de la propuesta.

El Decreto 26-92, Ley del Impuesto Sobre la Renta, en el artículo 6, Rentas exentas, inciso A indica que las entidades municipales y sus empresas gozan de toda clase de exoneración de impuestos y arbitrios, por lo que las depreciaciones no serán incorporadas en los estados de resultados proyectados.

4.6.3. Análisis de ingresos

El renglón de ingresos será establecido por los rubros donde la planta de tratamiento de desechos sólidos reciba aportes monetarios por la venta de los diferentes productos obtenidos a partir del proceso de tratamiento de desechos sólidos como abono orgánico, fertilizante foliar, lombrices y materiales para reciclaje (papel/cartón, vidrio, plástico, latas y metal) a los precios establecidos en la tabla 10 (tabla de precios).

La tabla 29 muestra los ingresos que la planta de tratamiento percibirá durante el horizonte de 10 años, por los conceptos antes mencionados. Los cálculos detallados de los ingresos (cantidades por producto y precios) se encuentran en el anexo 10.

Tabla 29*Ingresos de la planta de tratamiento (cifras en quetzales)*

Descripción	2022	2023	2024	2025	2026	
Venta de abono	3,819,152.00	3,847,084.00	3,867,104.00	3,887,212.00	3,907,392.00	
Venta de fertilizante foliar	780,000.00	780,000.00	780,000.00	780,000.00	780,000.00	
Venta de lombrices	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	
Venta de material separado	Papel/cartón	125,190.50	125,843.00	126,498.25	127,155.75	127,815.75
	Plástico	278,201.50	279,651.50	281,107.00	282,568.50	284,035.00
	Vidrio	19,474.10	19,575.60	19,677.50	19,779.80	19,882.45
	Latas	208,651.25	209,738.75	210,830.00	211,926.25	213,026.25
	Metal	83,460.00	83,895.00	84,331.50	84,771.00	85,210.50
Total	6,814,129.35	6,845,787.85	6,869,548.25	6,893,413.30	6,917,361.95	

Descripción	2027	2028	2029	2030	2031	
Venta de abono	3,927,724.00	3,948,136.00	3,968,704.00	3,989,276.00	4,010,072.00	
Venta de fertilizante foliar	780,000.00	780,000.00	780,000.00	780,000.00	780,000.00	
Venta de lombrices	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	
Venta de material separado	Papel/cartón	128,481.00	129,148.75	129,821.50	130,494.50	131,174.75
	Plástico	285,513.50	286,997.50	288,492.50	289,987.50	291,499.50
	Vidrio	19,985.95	20,089.80	20,194.45	20,299.15	20,404.95
	Latas	214,135.00	215,247.50	216,368.75	217,491.25	218,625.00
	Metal	85,654.50	86,098.50	86,547.00	86,997.00	87,450.00
Total	6,941,493.95	6,965,718.05	6,990,128.20	7,014,545.40	7,039,226.20	

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en descripción de la propuesta.

4.6.4. Supuestos financieros

Para realizar la evaluación financiera se han utilizado algunos supuestos elementales a fin de analizar mejor los resultados. Esto incluye información sobre la adquisición del presupuesto de inversión, el valor residual de la propuesta y el establecimiento de la tasa de descuento de los flujos.

4.6.4.1. Adquisición del presupuesto de inversión

El presupuesto para la inversión deberá ser adquirido con ayuda paralela de la Municipalidad de Asunción Mita a través de los Consejos de Desarrollo para que ingrese a la Unidad Técnica Departamental, quien se encargará de presentarlo a la SEGEPLAN para su análisis, y de ser aprobado, ingresará al sistema de Presupuesto de Ingresos y Gastos de la Nación.

El trabajo a realizar por los Consejos de Desarrollo de Asunción Mita, consiste en presentarlo como parte del programa de trabajo y al ser aprobado dentro del Presupuesto General tendrá que presentar la programación respectiva de acuerdo con las regulaciones vigentes del Gobierno. Al ser aprobada la programación, tendrá que sujetarse a las regulaciones de la Ley de Contrataciones del Estado, Ley de Presupuesto y a los Reglamentos correspondientes.

Previo a recibir la autorización del presupuesto, se deberán afinar las cotizaciones de equipos a instalar y/o proveedores adjudicatarios de algún contrato para compra de equipos o suministros. Un aspecto técnico muy importante durante ese año será trabajar en los detalles generando planos para la construcción de la planta y ajustando la inversión al presupuesto asignado y estipular el proyecto de infraestructura al oferente que cumpla con los requerimientos establecidos en las bases de licitación pública.

4.6.4.2. Valor de rescate

El valor residual de la inversión neta es el flujo de efectivo que se producirá al final del horizonte de evaluación de dicha propuesta, debido a la venta de los activos fijos y a la recuperación del capital de trabajo.

El valor de rescate para el minicargador frontal y montacargas será de 25% sobre el valor inicial, la maquinaria (básculas, picadora, banda transportadora, ensacadora y cosedora)

tendrá un valor de 20%, el mobiliario y equipo 10% y para el equipo de computación 15% sobre su valor inicial.

Tabla 30

Valor residual de los activos de la planta de tratamiento (Cifras en quetzales)

Activo	Valor inicial	Porcentaje de rescate	Valor de rescate
Mini cargadores	732,080.38	25%	183,020.10
Montacargas	707,472.64	25%	176,868.16
Banda transportadora	127,200.00	20%	25,440.00
Báscula para vehículos	113,426.32	20%	22,685.26
Basculas de suelo	27,308.00	20%	5,461.60
Ensayadora	238,387.52	20%	47,677.50
Cosedora	138,418.56	20%	27,683.71
Mobiliario	11,688.00	10%	1,168.80
Equipo de computación 1	22,315.00	15%	3,347.25
Equipo de computación 2	25,473.56	15%	3,821.03
Capital de trabajo	1,152,801.17	100%	1,152,801.17
Total			1,649,974.59

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en supuestos financieros.

Estos porcentajes se determinaron con base en el análisis del valor de dichos activos o similares en el mercado de activos usados.

El capital de trabajo permitió cubrir los costos y gastos de los primeros seis meses de operación de la planta. Sin embargo, “el capital de trabajo es un activo más y debe recuperarse al finalizar la evaluación de la propuesta” (Sapag, 2017, s.p.)

4.6.4.3. Tasa de descuento

De acuerdo con la Secretaría General de Planificación de Guatemala [SEGEPLAN] (2021), “una tasa de descuento muy común es del 12%, la cual sirve de parámetro o indicador para la toma de decisiones en proyectos de inversión pública” (p. 71).

En Guatemala, proyectos municipales como la Construcción Redes y Líneas Eléctricas de Distribución en la Comunidad Llano Grande Cerritos en el departamento de Santa Rosa (2014) y el proyecto de Mejoramiento de la carretera km 113 Cabecera Municipal hacia Aldea San Pedro km 123, Conguaco, en el departamento de Jutiapa (2017) han sido evaluados con una tasa de descuento de 12%.

Por tanto, se utilizará 12% como tasa para determinar el valor actual de los flujos de beneficios y costos generados durante los diez años de evaluación de la propuesta.

4.6.5. Estado de resultados

Como resultado de la recopilación de ingresos, costos y gastos indicados en los incisos anteriores, se presentan los estados de resultados proyectados para los diez años de evaluación.

Planta de tratamiento de desechos sólidos de Asunción Mita

Estado de Resultados Proyectado

Del 1 de enero al 31 de diciembre de cada año

(Cifras en quetzales)

Descripción	2022	2023	2024	2025	2026
INGRESOS					
Venta de abono orgánico	3,819,152.00	3,847,084.00	3,867,104.00	3,887,212.00	3,907,392.00
Venta de fertilizante foliar	780,000.00	780,000.00	780,000.00	780,000.00	780,000.00
Venta de lombrices	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00
Venta de material separado	714,977.35	718,703.85	722,444.25	726,201.30	729,969.95
<i>Total ingresos</i>	6,814,129.35	6,845,787.85	6,869,548.25	6,893,413.30	6,917,361.95
COSTOS DE PRODUCCIÓN					
Salarios producción	1,432,473.28	1,475,160.98	1,517,940.65	1,560,594.78	1,603,355.08
Insumos y materiales	253,840.50	260,473.73	271,662.16	281,226.46	289,807.74
Mantenimiento y reparación	17,500.00	18,100.25	18,704.80	19,314.57	19,928.78
<i>Total costos de producción</i>	1,703,813.78	1,753,734.96	1,808,307.61	1,861,135.82	1,913,091.60
Ganancia marginal	5,110,315.57	5,092,052.89	5,061,240.64	5,032,277.48	5,004,270.35
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN					
Salarios administración	554,344.56	570,864.03	587,419.08	603,925.56	620,473.12
Insumos y materiales	5,454.00	5,694.86	5,885.06	6,076.92	6,270.16
Publicidad	10,000.00	10,343.00	10,688.46	11,036.90	11,387.87
Mantenimiento	4,890.00	5,057.73	5,226.66	5,397.04	5,568.67
Agua, luz y teléfono	19,600.00	20,272.28	20,949.37	21,632.32	22,320.23
Otros	7,500.00	7,757.25	8,016.34	8,277.67	8,540.90
<i>Total gastos de administración</i>	601,788.56	619,989.14	638,184.98	656,346.42	674,560.96
Utilidad neta	4,508,527.01	4,472,063.75	4,423,055.66	4,375,931.06	4,329,709.39

Descripción	2027	2028	2029	2030	2031
INGRESOS					
Venta de abono orgánico	3,927,724.00	3,948,136.00	3,968,704.00	3,989,276.00	4,010,072.00
Venta de fertilizante foliar	780,000.00	780,000.00	780,000.00	780,000.00	780,000.00
Venta de lombrices	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00	1,500,000.00
Venta de material separado	733,769.95	737,582.05	741,424.20	745,269.40	749,154.20
<i>Total ingresos</i>	6,941,493.95	6,965,718.05	6,990,128.20	7,014,545.40	7,039,226.20
COSTOS DE PRODUCCIÓN					
Salarios producción	1,646,004.33	1,688,800.44	1,731,527.09	1,774,295.81	1,817,056.34
Insumos y materiales	299,515.64	310,783.09	318,576.25	330,007.73	339,334.83
Mantenimiento y reparación	20,544.58	21,162.97	21,783.04	22,401.68	23,019.97
Total costos de producción	1,966,064.55	2,020,746.50	2,071,886.38	2,126,705.22	2,179,411.14
Ganancia marginal	4,975,429.40	4,944,971.55	4,918,241.82	4,887,840.18	4,859,815.06
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN					
Salarios administración	636,977.71	653,539.13	670,073.67	686,624.49	703,172.14
Insumos y materiales	6,463.91	6,658.47	6,853.57	7,048.21	7,242.74
Publicidad	11,739.76	12,093.13	12,447.45	12,800.96	13,154.27
Mantenimiento	5,740.74	5,913.54	6,086.80	6,259.67	6,432.44
Agua, luz y teléfono	23,009.93	23,702.53	24,397.01	25,089.88	25,782.37
Otros	8,804.82	9,069.84	9,335.59	9,600.72	9,865.70
Total gastos de administración	692,736.86	710,976.63	729,194.09	747,423.93	765,649.65
Utilidad neta	4,282,692.54	4,233,994.92	4,189,047.72	4,140,416.25	4,094,165.41

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en información financiera.

Elaborados los estados de resultados proyectados para los diez años de evaluación, se puede observar que los ingresos generados por la venta del abono, fertilizante foliar, lombrices y material para reciclaje, son suficientes para solventar los costos de producción y gastos de administración que se deben incurrir anualmente para operar adecuadamente la planta de tratamiento en Asunción Mita.

Por tanto, se generarán utilidades durante los años evaluados, las cuales oscilan entre 58.16% y 66.16% en relación a los ingresos percibidos anualmente.

Se puede observar que no se incluyeron las depreciaciones, pues es usada por las empresas como un escudo fiscal. Sin embargo, como ya se mencionó las entidades municipales y sus empresas gozan de toda clase de exoneración de impuestos.

4.6.6. Evaluación financiera

Con los datos de los estados de resultados proyectados se construyeron los flujos netos de efectivo para los diez años de evaluación, lo cual se presenta en la tabla 31.

Los flujos netos de efectivo resultan de la diferencia entre los flujos totales de ingresos y los flujos totales de egresos para cada año de operación de la propuesta.

Los flujos totales de ingresos se integran por los ingresos anuales obtenidos de la venta de los diferentes productos que se obtendrán en la planta, así como del valor residual que se obtendrá al final por la venta de los activos fijos y la recuperación del capital de trabajo.

Los flujos totales de egresos se integran por la inversión inicial, la reinversión en herramientas y equipo de computación, así como los costos de producción y gastos de administración anuales.

Tabla 31*Flujo neto de efectivo de la planta de tratamiento (cifras en quetzales)*

Año	Flujos de ingresos			Flujos de egresos			Flujo neto de efectivo	
	Ingresos	Valor residual	Total	Costo de producción	Gastos de administración	Inversión		Total
0						13,205,807.80	13,205,807.80	- 13,205,807.80
1	6,814,129.35		6,814,129.35	1,703,813.78	601,788.56		2,305,602.34	4,508,527.01
2	6,845,787.85		6,845,787.85	1,753,734.96	619,989.14		2,373,724.10	4,472,063.75
3	6,869,548.25		6,869,548.25	1,808,307.61	638,184.98		2,446,492.59	4,423,055.66
4	6,893,413.30		6,893,413.30	1,861,135.82	656,346.42		2,517,482.24	4,375,931.06
5	6,917,361.95		6,917,361.95	1,913,091.60	674,560.96	32,322.83	2,619,975.39	4,297,386.56
6	6,941,493.95		6,941,493.95	1,966,064.55	692,736.86		2,658,801.41	4,282,692.54
7	6,965,718.05		6,965,718.05	2,020,746.50	710,976.63		2,731,723.13	4,233,994.92
8	6,990,128.20		6,990,128.20	2,071,886.38	729,194.09		2,801,080.48	4,189,047.72
9	7,014,545.40		7,014,545.40	2,126,705.22	747,423.93		2,874,129.15	4,140,416.25
10	7,039,226.20	1,649,974.59	8,689,200.79	2,179,411.14	765,649.65		2,945,060.79	5,744,140.00

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en el estado de resultados proyectado.

Como se puede observar con la tabla anterior, los resultados de los flujos netos de fondos son similares a las utilidades netas de los estados de resultados proyectados; con la excepción de algunos flujos donde se incorporó la inversión inicial, la reinversión y el valor residual de la propuesta.

La inversión inicial de Q 13,205,807.80 por ser un flujo de egreso, se convierte en un flujo neto negativo. El flujo neto para el año 5 es Q 32,322.83 menor a la utilidad neta de dicho año en el estado de resultados, por la reinversión realizada en equipo de computación y herramientas.

Asimismo, el flujo neto del año 10 es Q 1,649,974.59 mayor a la utilidad neta del mismo año, debido al importe que se espera obtener al vender activos, así como la recuperación del capital de trabajo.

Con base en la información de la tabla 31, donde se determinaron los flujos totales de ingresos y egresos, así como el flujo neto para cada año, se procede a la actualización de estos para obtener los indicadores financieros que permitirán determinar la rentabilidad de la propuesta.

La actualización permite traer los flujos de caja a valor actual, es decir, el dinero pierde valor con el tiempo, por lo que es necesario actualizarlo con un factor de descuento.

La actualización se realizó multiplicando los diferentes flujos por el factor de descuento. Dicho factor se obtuvo con la fórmula $1/(1+tasa)^n$, en donde tasa es igual a la tasa de descuento de 12% y “n” el periodo de tiempo.

Mediante la diferencia entre los flujos de ingresos y egresos actualizados se obtienen los flujos netos actualizados, los cuales sumados a la inversión inicial dan como resultado el flujo neto acumulado, donde al final de los diez años de evaluación se obtiene el valor actual neto de la propuesta.

La tabla 32 muestra la forma en que se descontaron los flujos, para obtener indicadores como Valor Actual Neto -VAN-, Tasa Interna de Retorno -TIR-, Relación Beneficio Costo y Período de Recuperación de la inversión para establecer la viabilidad de la propuesta.

Tabla 32*Actualización de flujos de efectivo (cifras en quetzales)*

Año	Flujo de ingresos	Flujo de egresos	Flujo anual	Factor	Ingreso actualizado	Egreso actualizado	Flujo anual actualizado	Flujo acumulado
0		(13,205,807.80)	(13,205,807.80)	1.0000		(13,205,807.80)	(13,205,807.80)	(13,205,807.80)
1	6,814,129.35	2,305,602.34	4,508,527.01	0.8929	6,084,044.06	2,058,573.52	4,025,470.54	(-9,180,337.26)
2	6,845,787.85	2,373,724.10	4,472,063.75	0.7972	5,457,420.16	1,892,318.32	3,565,101.84	(-5,615,235.42)
3	6,869,548.25	2,446,492.59	4,423,055.66	0.7118	4,889,608.76	1,741,365.10	3,148,243.65	(-2,466,991.76)
4	6,893,413.30	2,517,482.24	4,375,931.06	0.6355	4,380,888.77	1,599,905.48	2,780,983.30	313,991.53
5	6,917,361.95	2,619,975.39	4,297,386.56	0.5674	3,925,096.94	1,486,644.40	2,438,452.54	2,752,444.07
6	6,941,493.95	2,658,801.41	4,282,692.54	0.5066	3,516,776.86	1,347,031.54	2,169,745.32	4,922,189.40
7	6,965,718.05	2,731,723.13	4,233,994.92	0.4523	3,150,937.09	1,235,692.82	1,915,244.28	6,837,433.68
8	6,990,128.20	2,801,080.48	4,189,047.72	0.4039	2,823,195.54	1,131,309.43	1,691,886.12	8,529,319.79
9	7,014,545.40	2,874,129.15	4,140,416.25	0.3606	2,529,515.39	1,036,439.78	1,493,075.61	10,022,395.40
10	8,689,200.79	2,945,060.79	5,744,140.00	0.3220	2,797,690.10	948,230.75	1,849,459.35	11,871,854.75
					39,555,173.69	27,683,318.94	11,871,854.75	

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en Flujos netos de fondos.

VAN Q 11,871,854.75**TIR** 31.37%**R B/C** 1.43**PR** 3 años 11 meses

Al tener una inversión inicial de Q 13,205,807.80 y la actualización de los flujos a una tasa de descuento de 12%, los resultados del valor actual neto y la tasa interna de retorno son favorables, siendo de Q 11,871,854.75 y 31.37% respectivamente.

Al ser positivos estos resultados, conllevan a que la propuesta presente una relación beneficio-costos de 1.43, la cual es mayor que uno, por lo que la inversión generaría ganancias al final de los diez años evaluados.

Asimismo, la inversión se recupera en tres años y once meses. Por tanto, la propuesta es financieramente rentable durante el horizonte de evaluación.

4.6.7. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad permitirá a las autoridades municipales predecir los resultados ante modificaciones en una variable determinada de la cual depende directa o indirectamente la propuesta.

Para determinar la sensibilidad de esta propuesta y considerando los resultados financieros antes presentados como un escenario base, se presentan a continuación los siguientes escenarios en las variables de costos/gastos e ingresos.

4.6.7.1. Aumento de costos y gastos de operación

Se aplicará un aumento gradual de 10% a los costos de producción y gastos de administración. Estos incrementos permitirán determinar hasta qué punto la propuesta es financieramente rentable ante el cambio en dicha variable.

Debido a que el monto del capital de trabajo permitirá cubrir los costos y gastos los primeros cuatro meses del primer año de operación de la planta de tratamiento, la inversión inicial también aumenta.

La tabla 33, muestra los resultados que tendrán los indicadores financieros ante el incremento gradual en los costos y gastos de operación.

Tabla 33*Indicadores financieros por aumento de costos y gastos de operación*

Incremento en costos y gastos	Valor actual neto (Q)	Tasa interna de retorno	Relación beneficio costo	Período de recuperación
+10%	10,347,774.71	28.94%	1.35	4 años 3 meses
+20%	8,823,694.68	26.52%	1.29	4 años 8 meses
+30%	7,299,614.64	24.08%	1.23	5 años 2 meses
+40%	5,775,534.61	21.62%	1.17	5 años 9 meses
+50%	4,251,454.58	19.14%	1.12	6 años 7 meses
+60%	2,727,374.54	16.63%	1.07	7 años 8 meses
+70%	1,203,294.51	14.06%	1.03	9 años 3 meses
+77.89%	795.36	12.00%	1.00	10 años
+77.90%	-728.72	11.99%	0.99	No se recupera

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en flujos netos de fondos.

Tal como muestran los resultados de la tabla anterior, la propuesta es sensible a un incremento en los costos y gastos de operación hasta en un 77.89%, donde el valor actual neto es de Q 795.36, la tasa interna de retorno es igual a la tasa de descuento de 12%, la inversión se recupera en los 10 años de evaluación y se obtiene una relación beneficio costo de 1.00 lo que significa que la propuesta no genera ganancias.

Un incremento de costos y gastos de 77.90% en adelante, daría como resultado indicadores negativos. Por tanto, la inversión no se podría recuperar en los años de evaluación de la propuesta.

4.6.7.2. Disminución de ingresos

Se aplicará una disminución gradual de 5% en los ingresos percibidos durante el horizonte de la propuesta. Esta disminución determinará si la propuesta es viable financieramente ante el cambio en dicha variable.

La tabla 34, muestra los resultados que tendrán los indicadores financieros ante la disminución gradual en ingresos.

Tabla 34*Indicadores financieros por disminución de ingresos*

Disminución de ingresos	Valor actual neto (Q)	Tasa interna de retorno	Relación beneficio costo	Período de recuperación
5%	9,920,658.44	28.02%	1.36	4 años 4 meses
10%	7,969,462.14	25.39%	1.29	4 años 11 meses
15%	6,018,265.84	22.29%	1.22	5 años 7 meses
20%	4,067,069.54	19.09%	1.15	6 años 7 meses
25%	2,115,873.24	15.77%	1.08	8 años 1 mes
30%	164,676.94	12.02%	1.01	9 años 11 meses
30.42%	776.45	12.00%	1.00	10 años
30.43%	-3,125.94	11.99%	0.99	No se recupera

Nota. Elaboración propia (2021). Con base en flujos netos de fondos.

Al disminuir los ingresos gradualmente en un 5% como lo muestra la tabla anterior, se observa que la propuesta es sensible a una disminución en los ingresos de hasta un 30.42%. Con este porcentaje, el valor actual neto aún es positivo Q 776.45, la tasa interna de retorno es igual a la tasa de descuento de 12%, se obtiene una relación beneficio costo de 1.00, por lo que no hay ganancias al finalizar el horizonte de evaluación y la inversión se recupera al finalizar los 10 años de evaluación.

Un porcentaje de disminución en los ingresos de 30.43% en adelante daría como resultado indicadores negativos, donde la tasa interna de retorno sería menor a la tasa de descuento y la inversión no se recupera en diez años, por lo que la propuesta dejaría de ser rentable.

4.7. Análisis económico social

Este análisis mide la bondad de la implementación de la planta de tratamiento de desechos sólidos para la economía municipal en su conjunto. Es decir, la forma en que la propuesta contribuye al bienestar de la población del municipio.

Para identificar los beneficios que el municipio de Asunción Mita percibirá con la implementación de la planta de tratamiento de desechos sólidos, debe realizarse la comparación de lo que sucede con planta y sin planta.

4.7.1. Situación sin planta de tratamiento

Al no brindar en Asunción Mita tratamiento a los desechos sólidos que llegan al vertedero municipal, surgen efectos como enfermedades respiratorias y gastrointestinales, severos daños al ambiente y proliferación de la fauna nociva; asimismo, malos olores y deterioro de la imagen a las localidades y los terrenos aledaños a los tiraderos.

En cuanto al manejo que la población hace desde sus hogares, el 77% de los hogares no conoce el concepto de las 3R, reducir, reutilizar y reciclar (nivel básico en la jerarquía de la gestión integral de desechos sólidos), de tal forma que lo que hacen es esperar a que el camión la recolecte, sin intentar aprovechar sus desechos para otros usos.

Asimismo, en relación con la separación de los desechos en material orgánico e inorgánico, el 74% de los hogares no lo hace, debido a que desconocen la forma correcta de hacerlo.

Respecto a la generación de desechos, al vertedero municipal llega diariamente un aproximado de 107 toneladas de basura recolectadas, provenientes del 80% de los hogares del municipio, al año son alrededor de 5,535 toneladas de basura aproximadamente. En 10 años, esta cantidad se convertirá en aproximadamente 5,930 toneladas, las cuales no recibirán un adecuado tratamiento, intensificando los efectos antes mencionados.

4.7.2. Situación con planta de tratamiento

Con la implementación de la planta de tratamiento, se contará con una infraestructura con capacidad para aprovechar hasta el 82% de los desechos que se generan en el municipio.

La planta tendrá la capacidad para recibir diariamente un promedio diario de 21,908.10 kilogramos de desechos diarios (ver anexo 6). Los cuales serán clasificados para luego someterlos a diferentes procesos de aprovechamiento.

Del total recibido, el 52% es de origen orgánico, el cual a través de un proceso de compostaje con lombrices permitirá producir abono orgánico, el cual se comercializará en presentaciones de 100 libras. De este proceso, se obtendrá como subproductos

fertilizante foliar y lombrices disponibles, comercializados en galón y kilogramos respectivamente.

El 30% de los desechos recibidos son inorgánicos aprovechables. Estos serán enjuagados y drenados o clasificados según sea el desecho para comercializarlos en el mercado de reciclaje y que puedan ser aprovechados en otros procesos productivos.

La población tiene una buena aceptación hacia la implementación de la planta; por ello, el 92% considera que de esta forma mejoraría la calidad ambiental y de salud en el municipio.

4.7.3. Beneficios esperados

Este análisis engloba las diversas maneras de expresar la magnitud de beneficios que proporcionará la planta de tratamiento de desechos sólidos al municipio de Asunción Mita.

- a. **Beneficios ambientales:** El deterioro ambiental que actualmente existe en el municipio, tanto en el vertedero como en diferentes áreas del municipio disminuirá con la implementación de la planta de tratamiento al reducir la contaminación del aire, suelos, ríos cercanos y su entorno.

Con la planta de tratamiento se espera el nivel de contaminación en el municipio reduzca en un 15% luego de dos o tres años de implementada la propuesta.

- b. **Beneficios a la salud:** Esta propuesta prometerá mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio, ya que se verán reducidas las enfermedades ocasionadas por la contaminación que se genera por los tiraderos clandestinos, la quema de la basura a cielo abierto y la presencia de plagas y malos olores. Por tanto, se espera reducir en un 15% las enfermedades vinculadas con el mal manejo de los desechos sólidos.

- c. **Beneficios a la agricultura:** La agricultura es la principal actividad económica del municipio de Asunción Mita. Esta actividad se verá beneficiada debido a la producción de abono y fertilizante orgánicos, los cuales mejorarán la estructura y aportarán una gran cantidad de nutrientes con los cuales se podrá obtener un mayor rendimiento en la producción, plantas más fuertes y frutos con mayor uniformidad.

Se dispondrá de un promedio anual de 39,172 sacos de abono, 15,600 galones de fertilizante foliar y 20,000 kilogramos de lombrices. Tanto el abono como el fertilizante tendrán un precio más accesible para los agricultores y comerciantes.

- d. **Beneficios económicos:** Este beneficio se verá reflejado de forma significativa en la generación de empleo a 42 trabajadores para llevar a cabo las diferentes tareas para el tratamiento de los desechos, lo que sostendrá la calidad de vida de quienes participen en la planta.
- e. **Beneficios educativos:** Se proporcionará capacitación a la población en el manejo adecuado de los desechos sólidos y la importancia de conceptos como el reciclaje y los riesgos de su manejo inadecuado. Asimismo, la capacitación dirigida al personal municipal que realizará las actividades relacionadas con el manejo integral de los desechos sólidos.

Con las campañas de educación ambiental se espera que durante el primer año de realizadas, el 60% de pobladores (comunidades y establecimientos) cuente con conocimientos y prácticas para el manejo de desechos sólidos en sus hogares y que conforme se realicen posteriores capacitaciones dicho porcentaje aumente.
- f. **Beneficios estéticos:** Se podrán liberar los terrenos que en la actualidad son utilizados como diez basureros clandestinos, mejorando la imagen de los ubicados en el Casco Urbano de la Villa, Aldea Tiucal Arriba, Aldea Tiucal Abajo, Aldea Cerro Blanco, Aldea Trapiche Vargas, Aldea San Joaquín, entre otros.
- g. **Beneficios financieros:** Podría existir un ingreso adicional para la municipalidad de Asunción Mita, procedente de la venta de productos orgánicos (abono, fertilizante y lombrices), así como por la venta de material clasificado para reciclar. Se podría percibir una utilidad anual promedio de Q 4,304,960.37 luego de cubrir costos y gastos de operación.
- h. **Beneficios a la plusvalía:** El municipio de Asunción Mita está autorizado para recaudar IUSI desde diciembre de 2000, según Decreto 15-98 del Congreso de la República de Guatemala, el cual ha venido operando hasta la fecha. El mejoramiento de las condiciones de infraestructura y servicios en los diversos sectores permiten al municipio aumentar y disminuir su recaudación según la condición de los mismos.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con el desarrollo del presente trabajo de investigación, la hipótesis planteada se comprobó. Ya que con el tratamiento de los desechos sólidos se podrá reducir la contaminación causada por estos, logrando reducir a un 18% la cantidad de desechos generados que llegarán al vertedero municipal. Permitiendo un mejor manejo del área destinada para vuelco estos, sin necesidad de recurrir a la quema constante para disponer de espacio y con lo cual mejorarán las condiciones de salud y ambientales en el municipio.
2. La razón principal por la que en los hogares de Asunción Mita no realizan una disposición inicial clasificada de sus desechos es debido a la poca cultura en cuanto al manejo de los desechos que generan, ya que desconocen la forma correcta de hacerlo, las ventajas que dicha práctica conlleva, así como los usos alternativos que le pueden dar a su basura.
3. El constante crecimiento poblacional en Asunción Mita provoca un aumento en la cantidad de desechos sólidos generados. En la actualidad se producen 15.21 toneladas diarias, las cuales si continúan sin ser gestionadas adecuadamente pueden llegar a convertirse en 16.02 toneladas diarias para el año 2031, reduciendo cada vez más el espacio útil en el vertedero municipal.
4. La planta de tratamiento está diseñada para recibir diariamente 22.42 toneladas de desechos y con cuatro procesos importantes, pesado, clasificación, acondicionamiento de desechos inorgánicos y producción de abono. Con los cuales se obtendrán productos como material para reciclaje, fertilizante foliar, lombrices y abono orgánico. Con esto se permitirá aprovechar el 82% de los desechos generados en el municipio.
5. La legislación guatemalteca establece que el manejo de los desechos sólidos y el cuidado de los recursos naturales son obligaciones que deben ser atendidas por

los gobiernos municipales. Además, permite a las municipalidades la apertura de modelos económicos que incrementen los ingresos locales.

6. Ambientalmente, la propuesta tiene impactos positivos y negativos, para lo cual se establecieron medidas de mitigación para aquellos impactos negativos que resulten en las distintas fases de la propuesta. Sin embargo, se estableció que la planta de tratamiento permitirá mitigar el impacto ambiental generado por los desechos que llegan al vertedero municipal y que no reciben el tratamiento adecuado.
7. Se determinó la rentabilidad de invertir los recursos monetarios públicos en la implementación de la planta de tratamiento de desechos sólidos; ya que con una inversión inicial de Q 13,205,807.80 se obtiene un Valor Actual Neto de Q 11,871,854.75 y una Tasa Interna de Retorno de 31.37%, recuperándose la inversión en tres años y once meses. Asimismo se determinó que la propuesta puede soportar hasta un incremento de 77.89% en costos y gastos de operación, así como una disminución de 30.42% en ingresos para seguir siendo rentable.
8. La planta de tratamiento es una propuesta muy significativa para Asunción Mita, ya que contribuye al desarrollo del municipio brindando abono y fertilizante orgánicos que ayudarán al suelo y agricultura del lugar, oportunidad de empleo para pobladores, mejorando la calidad del medio ambiente y de la salud.

RECOMENDACIONES

1. Fomentar la participación ciudadana en el manejo de los desechos sólidos mediante la separación de los mismos desde los centros de generación, concientizando a nuevas generaciones sobre el aprovechamiento de los desechos mediante el reciclaje.
2. Socializar entre los vecinos de Asunción Mita guías educativas a través de trípticos o carteles ubicados en diferentes puntos del municipio, que orienten de manera sencilla la forma correcta separar los desechos generados en sus hogares, así como formas de reciclar algunos desechos, facilitando la separación de los desechos en la planta de tratamiento.
3. Implementar la propuesta de tratamiento de desechos sólidos como alternativa para reducir la contaminación en Asunción Mita, debido a la oportunidad que existe dada la ausencia de oferta de dicho servicio en el municipio, pudiéndose convertir en un ejemplo para los otros municipios del departamento donde aún no se desarrollan propuestas para el tratamiento de los desechos municipales.
4. Considerar las instalaciones, maquinaria, equipo e insumos propuestos para realizar el tratamiento de los desechos sólidos municipales. Para ello, es necesario afinar las cotizaciones de equipos a instalar y/o proveedores para compra de suministros. Cuanto mayor detalle exista en esta etapa, menor será el número de cambios y aumentos en el presupuesto de inversión.
5. Constituir la planta de tratamiento como una Empresa Municipal, formulando reglamentos internos de función, mantenimiento y operación de la misma; considerando la estructura organizacional y las descripciones de puestos que se han propuesto. Al mismo tiempo, formular una normativa para el manejo de los desechos en el municipio.

6. Considerar las medidas de mitigación propuestas para garantizar que no se generen daños al ambiente. Además, crear programas educativos hacia la población para generar conciencia del daño que el mal manejo de los desechos provoca al medio ambiente y la salud.
7. Buscar alternativas de producción con los materiales para reciclaje que se obtendrán en la planta de tratamiento, esto podría incrementar los ingresos y proporcionaría mayores fuentes de empleo.
8. Promover en la población civil y sus autoridades municipales, la formulación de propuestas para mejorar la calidad del medio ambiente y la calidad de vida de sus habitantes.

FUENTES

Bibliográficas

- Aguirre, L. A. (2016). *Proyectos, formulación y evaluación*. Editorial Macro.
- Baca Urbina, G. (2016). *Evaluación de proyectos*. McGraw Hill Interamericana.
- Cifuentes Medina, E. (2016). *La aventura de investigar: El plan y la tesis*. Magna Terra Editores.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Editorial McGraw Hill.
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente –IARNA–. (2009). *Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009: las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*. *Universidad Rafael Landívar*.
- Instituto de Incidencia Ambiental. (2004). *Perfil ambiental de Guatemala: Informe sobre el estado del ambiente y bases para su evaluación sistemática*. Universidad Rafael Landívar.
- Laboratorio Ecoinnovación. (2018). *Sector agroalimentario. Estrategia para un mundo agrario y una industria agroalimentaria más circulares*. Fundación Forum Ambiental.
- Piloña Ortiz, G. A. (2005). *Métodos y técnicas de investigación documental y de campo*. Litografía CIMGRA.
- Prieto – Sandoval, V., Jaca, C. y Ormazabal, M. (2017). *Economía circular: Relación con la evolución del concepto de sostenibilidad y estrategias para su implementación*. En Memoria investigaciones en energía. No. 15 ISSN 2301 109
- Reynoso Soto, S. R. M. y Villafuerte y Eudave, M. A. (2003). *Manual básico para la administración municipal*. Instituto de Administración Pública del Estado de México, A.C.
- Salazar Medina, J. (2009). *Elementos básicos de la administración municipal*. Instituto de Administración Pública del Estado de México, A.C.

Documentales

- Barrera, E., Chutá, C. Estrada, L., Morales, M. y Ruano, F. (2019). *Economía Circular*. Curso de Ingeniería de Proyectos. Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Consejo Municipal de Desarrollo de Asunción Mita. (2011). *Plan de Desarrollo Municipal de Asunción Mita 2011-2025*. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial.
- Escuela de Estudios de Postgrado. (2018). Instructivo de tesis para optar al grado académico de maestro en ciencias. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Instituto Nacional de Estadística. (2008). *Estimaciones de la población total por municipio, Período 2008-2020*.
- Instituto Nacional de Estadística -INE-. (2015). *Compendio Estadístico Ambiental 2014*.
- Oficina Municipal de Planificación de Asunción Mita. (2012). *Manejo de residuos sólidos*.
- Rondón Toro, E., Szantó Narea, M., Pacheco, J. F., Contreras, E. y Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Naciones Unidas.

Electrónicas

- Albert, L. A. (s.f.). *Contaminación ambiental: Origen, clases, fuentes y efectos*.
https://www.academia.edu/7045335/Contaminacion_ambiental_origen_clases_fuentes_y_efectos
- AgroFlor Lombricultura (s.f.) *Manual de Lombricultura*.
<http://agro.unc.edu.ar/~biblio/Manual%20de%20Lombricultura.pdf>
- Araya Pochet, J. A. (2002). *Contaminación sónica y su control*. <http://acusticacr.com/wp-content/uploads/2009/11/Informe-CICIMA-02.pdf>
- Banco Mundial (6 de marzo de 2019). *Convivir con basura: el futuro que no queremos*.
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/03/06/convivir-con-basura-el-futuro-que-no-queremos>
- Banco Mundial (20 de septiembre de 2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*.

- <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>
- Bermúdez, M. (2010). Contaminación y turismo sostenible. <http://galeon.com/mauriciobermudez/contaminacion.pdf>
- Bustos Flores, C. (2009). *La problemática de los desechos sólidos*. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30305/1/articulo5.pdf>
- Canal Alex Márquez Futurólogo. (5 de julio de 2017). *¿Cómo resolvió Suiza el problema de la basura?* [Archivo de video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=Es1YCxdT34U>
- Carón M. y Vicente P. (2012). *Análisis de la Tasa Social de Descuento*. <https://feparunsa.files.wordpress.com/2012/07/tsd.pdf>
- Centro de Información Oficial [IMPO]. (30 de septiembre de 2019). Ley No. 19,829. <https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/19829-2019>
- Data Export. (23 de abril de 2019). El manejo de los desechos sólidos: una prioridad pendiente para Guatemala. https://dataexport.com.gt/el-manejo-de-los-desechos-solidos-una-prioridad-pendiente-para-guatemala/?fbclid=IwAR1pnDVpAq8UQ3DYTO2hZGRnOP3n_iT5Y8Zbyhy-HEveLpVQK-mvU-TUN54
- De la Orden, E. A. (s.f.). *Contaminación*. <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/007-contaminacion.pdf> .
- Díaz Díaz, A. (17 de septiembre de 2019). Según datos del Banco Mundial, la región de Latinoamérica es la que menos recicla del mundo. <https://www.relato.gt/actualidad/segun-los-datos-del-banco-mundial-la-region-de-latinoamerica-es-la-que-menos-recicla-del-mundo/?fbclid=IwAR0m2V6cIT3Axs5NnecczuRTho9eF6SYrz6UsnTG3sX0q7fJXOmDfL3GSNE>
- Ellen MacArthur Foundation [EMF]. (s.f.). Hacia una economía circular: Motivos económicos para una transición acelerada. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf

- Fondo para la Infancia de las Naciones Unidas –UNICEF–. (2010). *Participación ciudadana y manejo de residuos sólidos*. Argentina. <http://www.unicef.org/argentina/spanish/EcoclubesbajaWEB.pdf>
- Fondo Social de Solidaridad. (2017). *Mejoramiento carretera km 113+000 cabecera municipal hacia Aldea San Pedro KM 123+000, Conguaco, Jutiapa*. [http://sistemas.segeplan.gob.gt/share/SCHE\\$SINIP/PLANOS_DISENOS/209289-HCEDHKASKK.pdf](http://sistemas.segeplan.gob.gt/share/SCHE$SINIP/PLANOS_DISENOS/209289-HCEDHKASKK.pdf)
- Guanche García, A. (2015). *Las lombrices y la agricultura*. http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20a%20agricultura2.pdf
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2019). Estadísticas de Desechos Sólidos 2018. [Libro de Excel]. <https://www.ine.gob.gt/ine/estadisticas/bases-de-datos/estadisticas-ambientales/>
- Instituto Nacional para el Federalismo y Desarrollo Municipal. (s.f.). *Guía de Servicios Públicos Municipales*. México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/171945/Guia_de_servicios_publicos_municipales_2015.pdf
- Iresiduo. (2016). Guatemala presenta la Política Nacional para la gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos. <https://iresiduo.com/noticias/guatemala/marn-guatemala/16/06/15/guatemala-presenta-politica-nacional-gestion-integral-residuosy#:~:text=La%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20para%20la%20Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20los%20Residuos,reducci%C3%B3n%20de%20la%20cantidad%20o>
- López de Uralde, J. (2016). *La economía circular*. <https://universidadverde.es/wp-content/uploads/2016/08/Que-es-la-economia-circular.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (18 de febrero de 2021). San Pedro Sacatepéquez, #SanMarcos cuenta con una planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos, con el apoyo del #MARN. [Video]. Facebook. <https://www.facebook.com/marngtambiente/videos/4046992192001694/?t=26>

- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2018). Guía para la Identificación Gráfica de los Residuos Sólidos Comunes. <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/18566.pdf>
- Mora Hernández, J. S. (2020). Alternativa de barrera con vegetación para la disminución de olores en un frigorífico. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37808/MoraHernandezJuanSebastian2020.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial –ONUUDI–. (2007). *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos*. https://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf
- Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (s.f.). Módulo 3: Municipalidad y Territorios Indígenas. <http://www.fao.org/in-action/herramienta-administracion-tierras/modulo-3/marco-conceptual/rol-gobiernos-municipales/es/>
- Rettally, F. A. y Heurtematte, E. (29 de junio de 2018). Panamá avanza en la gestión de residuos sólidos gracias a Ley Basura Cero. <http://latamlex.com/es/panama-avanza-en-la-gestion-de-residuos-solidos-gracias-a-ley-basura-cero/>
- Secretaría General de Planificación de Guatemala. (2012). *Normas del Sistema Nacional de Inversión Pública para el ejercicio fiscal 2013*. [http://sistemas.segeplan.gob.gt/sche\\$sinip/documentos/Manual_de_Formulacion.pdf](http://sistemas.segeplan.gob.gt/sche$sinip/documentos/Manual_de_Formulacion.pdf)
- Sam, E. (16 de septiembre de 2020). Proponen proyecto de planta de tratamiento para limpiar el lago Petén Itzaá. <https://crnnoticias.com/proponen-un-proyecto-de-una-planta-de-tratamiento-para-el-lago-peten-itza/>
- Sim Levante (3 de octubre de 2016). Ciudades a la cabeza en la gestión de residuos urbanos. <http://www.simlevante.com/medioambiente/item/67-gestion-residuos-urbanos.html>

Legales

- Acuerdo Ministerial No. 199-2016. Listado taxativo de proyectos, obras, industrias o actividades. 2016 (Guatemala).

Constitución Política de la República de Guatemala [Const.]. 1985. Reformada por Acuerdo legislativo No. 18-93 (Guatemala).

Decreto 68-86. Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. 1986 (Guatemala).

Decreto 26-92. Ley del Impuesto Sobre la Renta. 1992 (Guatemala).

Decreto 27-92. Ley del Impuesto al Valor Agregado. 1992 (Guatemala).

Decreto 90-97. Código de Salud. 1997 (Guatemala).

Decreto 12-2002. Código Municipal. 2002 (Guatemala).

Decreto 281-2015. Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos y Desechos Sólidos. 2015 (Guatemala).

Tesis

Alvarado Chay, E. J. (2010). Evaluación y propuesta de mejora de la situación actual del manejo de los desechos sólidos en el Municipio de Palencia, Departamento de Guatemala. [Tesis de Ingeniería]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Alvarado Wong, M. C. (2015). Guía de reutilización de botellas plásticas dirigida a vecinos del Barrio La Democracia, municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa. [Informe de Ejercicio Profesional Supervisado]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cifuentes Morales, J. O. (2006). Estudio de prefactibilidad para la implementación municipal de un programa de recolección de residuos sólidos urbanos en Sanarate, El Progreso. [Tesis de Maestría]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Duarte Díaz, F. A. (2008). Caracterización de los desechos sólidos del Municipio de San Antonio La Paz, Departamento de El Progreso y propuesta para relleno sanitario. [Tesis de Ingeniería]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estrada Herrarte, C. J. (2005). Programa de higiene y seguridad en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

González Paz, S. I. y Miranda Carrillo, O. M. (2017). Impacto de los desechos sólidos en el ambiente y la salud de la población. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua

Palma Posadas, K. J. (2012). *Tratamiento de residuos sólidos orgánicos, para la protección al medio ambiente, por medio de la producción de abono orgánico, en el municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa*. [Tesis de Ingeniería]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Puz Usén, J. I. (2011). *Guía de Educación Ambiental para la Recolección y Manejo de Desechos Sólidos, dirigido a los alumnos y maestros del Instituto de Educación Básica de Telesecundaria de la Aldea Chimachoy, del municipio de San Andrés Itzapa, departamento de Chimaltenango*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala.

ÍNDICE DE TABLAS

1. Generación de desechos anuales por departamentos, año 2018.....	4
2. Desechos sólidos según su composición.....	24
3. Desechos sólidos según su origen.....	26
4. Matriz de marco lógico.....	46
5. Proyección de población en Asunción Mita (2022-2031).....	73
6. Desechos sólidos recolectados en hogares del municipio de Asunción Mita..	74
7. Desechos generados en el año 2021 en el municipio de Asunción Mita.....	74
8. Proyección de desechos generados en Asunción Mita (2022-2031).....	76
9. Oferta diaria y anual (en toneladas) de recolección de la Municipalidad de Asunción Mita.....	77
10. Precios de productos ofrecidos en la planta de tratamiento.....	78
11. Escala de recepción de desechos de la planta de tratamiento.....	80
12. Método Cualitativo de Puntos para determinar localización.....	82
13. Producción anual de abono orgánico de la planta de tratamiento.....	96
14. Inventario diario disponible de diversos materiales para reciclaje (en quintales)	98
15. Herramientas necesarias.....	122
16. Insumos y materiales anuales para el área de producción.....	123
17. Insumos y materiales anuales para el área administrativa.....	124
18. Descripción de puestos y salarios de la mano de obra calificada.....	127
19. Descripción de puestos y salarios de la mano de obra no calificada.....	130
20. Planilla de salarios.....	133
21. Inversión inicial en obras civiles.....	140
22. Inversión inicial en maquinaria, mobiliario y equipo.....	141
23. Otras inversiones iniciales.....	143
24. Inversión inicial total de la planta de tratamiento.....	144
25. Incremento anual de costos y gastos de operación.....	145
26. Costos de producción de la planta de tratamiento.....	147

27. Gastos de administración de la planta de tratamiento.....	149
28. Depreciación anual de activos.....	152
29. Ingresos de la planta de tratamiento.....	155
30. Valor residual de los activos de la planta de tratamiento.....	157
31. Flujo neto de efectivo de la planta de tratamiento.....	162
32. Actualización de flujos de efectivo.....	164
33. Indicadores financieros por aumento de costos y gastos de operación.....	166
34. Indicadores financieros por disminución de ingresos.....	167

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Generación de desechos a nivel mundial.....	1
2. Principal forma de eliminación de los desechos en Guatemala, Año 2018.....	6
3. Flujo de la producción lineal.....	15
4. Flujo de la economía circular.....	16
5. Marco RESOLVE.....	21
6. Jerarquía en el manejo de los desechos sólidos.....	31
7. Proceso de la gestión de desechos sólidos.....	32
8. Árbol de problemas sobre los desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita.....	43
9. Árbol de objetivos sobre los desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita.....	44
10. Estimación de desechos generados por hogar en kilogramos en el municipio de Asunción Mita.....	57
11. Desecho sólido más generado en hogares del municipio de Asunción Mita.....	58
12. Forma de almacenamiento de desechos sólidos en hogares del municipio de Asunción Mita.....	59
13. Motivos que dificultarían la clasificación de los desechos en los hogares del municipio de Asunción Mita.....	60
14. Destino de los desechos en los hogares del municipio de Asunción Mita.....	61
15. Práctica de reciclaje en los hogares del municipio de Asunción Mita.....	62
16. Destino de desechos no recolectados por servicio municipal en el municipio de Asunción Mita.....	64
17. Número de veces que pasa el servicio de recolección en los hogares del municipio de Asunción Mita.....	65

18. Participación ciudadana en actividades de manejo de desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita.....	67
19. Disposición de hogares a pagar cuota mensual por tratamiento de desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita.....	69
20. Cuota mensual para el funcionamiento de la planta de tratamiento de desechos en el Municipio de Asunción Mita.....	70
21. Composición física de los generados en el municipio de Asunción Mita.....	75
22. Macrolocalización de la planta de tratamiento.....	81
23. Microlocalización de la planta de tratamiento en el municipio de Asunción Mita.....	83
24. Diagrama del proceso de manejo de desechos sólidos.....	84
25. Diagrama del proceso de producción de abono.....	87
26. Diagrama del proceso acondicionamiento de materiales.....	91
27. Proceso de compra-venta del abono orgánico.....	93
28. Proceso de compra-venta de materiales inorgánicos clasificados.....	94
29. Abono y lombrices obtenidos en el año 2022.....	95
30. Vista general de la planta de tratamiento de desechos sólidos.....	99
31. Área de clasificación de desechos.....	100
32. Área de acondicionamiento de desechos inorgánicos.....	101
33. Área de trituración y empaçado.....	103
34. Dimensiones de lechos o aboneras.....	104
35. Estructura de resguardo de lechos o aboneras.....	105
36. Bodega para productos orgánicos.....	106
37. Bodega para materiales de reciclaje.....	108
38. Edificio administrativo y garajes.....	109
39. Báscula para vehículos.....	110
40. Báscula de suelo.....	111
41. Banda transportadora (referencia)	112
42. Picadora.....	113
43. Ensacadora automática.....	115

44. Sistema de costura simple.....	116
45. Montacargas.....	117
46. Minicargador frontal.....	119
47. Contenedores.....	120
48. Pallets.....	121
49. Racks metálicos.....	121
50. Estructura organizacional de la planta de tratamiento de desechos sólidos...	126

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta a población del municipio de Asunción Mita



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ciencias Económicas
 Escuela de Estudios de Postgrado
 Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos



Encuesta No.: _____

Comunidad: _____

Objetivo: Conocer la percepción de los habitantes de **Asunción Mita** con respecto a la situación de los desechos sólidos en el municipio y sobre la necesidad de brindarles tratamiento a los mismos.

Instrucciones: Responda a cada una de las interrogantes con la respuesta que considere adecuada.

1. ¿Cuánto estima que se genera de basura en su vivienda al día?

- Menos de 1 kg 1 kg - 2kg Más de 2 kg
 (entre 0 y 2.19 lb) (entre 2.2 y 4.4 lb) (de 4.4 lb en adelante)

2. ¿Cuál es el desecho que más generan en su hogar?

- Restos de alimentos Aluminio (latas) Plástico
 Papel/cartón Vidrio Otros

3. ¿Qué tipo de recipiente utiliza para almacenar sus desechos?

- Bolsa plástica Costal Caja Otra (indique)

4. ¿Los desechos sólidos que se generan en su vivienda son separados según su clase: plásticos, papel, aluminio, vidrio y orgánicos?

- Sí No

5. ¿Qué aspectos cree que dificultan la clasificación de desechos sólidos?

- Falta de espacio/recipientes Desconocimiento de sus ventajas
 Desconocimiento de la forma de Pérdida de tiempo

hacerlo

6. ¿Qué hacen en su casa con los siguientes desechos?

	Se botan	Se venden	Se usan
Papel/cartón			
Latas			
Plástico			
Vidrio			

7. ¿En su hogar se utiliza el servicio de recolección de basura que presta la Municipalidad?

Sí

No

8. Si no utiliza el servicio de recolección municipal, ¿qué hace con su basura?

La quema

La deposita en contenedores del municipio

Recicla

Otro _____

9. ¿Cuántas veces a la semana pasa el tren de aseo recolectando la basura de su casa?

1 vez

2 veces

3 veces

10. ¿Cuál es el daño ambiental por la disposición de desechos sólidos en las calles, terrenos baldíos y basurero, podría escribir en que considera que puede afectar en los siguientes aspectos?

Medio ambiente	
Salud	
Paisaje	

11. ¿En qué área se da la principal afectación derivado de los desechos sólidos?

Enumere de 1 a 3 en orden de importancia, siendo 1 el más importante.

Calles, parque	
Salud	
Medio ambiente	

12. ¿Llevan a cabo el reciclaje de sus desechos o parte de sus desechos, para un manejo de desechos sólidos en su hogar?

Sí

No

13. ¿Qué beneficios conoce de reciclar los desechos que se generan?

14. ¿Cuáles son las razones por la que las prácticas más comunes para deshacerse de los desechos son la recolección municipal, quemarla o arrojarla a ríos y calles en vez de reciclar?

15. ¿Ha participado en alguna actividad pro-solución a los problemas de los desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita?

Sí

No

¿Cuáles? ¿Quién lo ha promovido?

16. ¿Qué acciones se pueden implementar para evitar la contaminación por los desechos sólidos?

17. ¿Cómo apoyaría para mejorar el manejo de los desechos sólidos?

18. ¿Conoce si las autoridades municipales han realizado actualmente acciones para solucionar el problema de los desechos sólidos?

Sí

No

¿Cuáles?

19. ¿Quién cree que debería ser el encargado de brindar tratamiento a los desechos sólidos generados en el municipio para reducir su volumen?

20. ¿De qué forma la implementación de una planta de tratamiento de desechos sólidos en el municipio contribuirá al bienestar del municipio?

21. ¿Estaría dispuesto(a) a pagar una cuota al mes para que la municipalidad opere una planta de tratamiento de desechos sólidos?

Si

No

Tal vez

22. ¿Cuánto estaría dispuesto(a) a pagar para que la Municipalidad pueda implementar y operar una planta de tratamiento?

Q 5.00

Q 10.00

Q 15.00

Anexo 2: Entrevista a autoridades de la municipalidad de Asunción Mita



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ciencias Económicas
 Escuela de Estudios de Postgrado
 Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos



Objetivo: Conocer la situación actual en el tratamiento de desechos sólidos en el municipio de Asunción Mita desde el punto de vista de la Municipalidad.

Puesto: _____

1. ¿Cuántos basureros oficiales y clandestinos existen en el municipio? ¿Dónde?
2. ¿Quiénes recolectan? ¿Dónde?
3. ¿Cuánto cobra la municipalidad por el servicio de recolección de basura? ¿Existen diferentes tarifas?
4. ¿Considera que existe demanda insatisfecha en el servicio de recolección de desechos sólidos? ¿Qué ha hecho la municipalidad al respecto?
5. ¿La municipalidad ha determinado la cantidad de basura que se genera en el municipio en años recientes?
6. ¿Quiénes se encargan del tema de los desechos sólidos en la municipalidad?
7. ¿Han realizado algún estudio para determinar los impactos en el ambiente y salud por los desechos sólidos? ¿Qué ha hecho la municipalidad al respecto?
8. ¿Cuál es el efecto más directo que ocasiona la acumulación de desechos en el vertedero municipal?
9. ¿Conoce el significado de las 3R en el manejo de desechos sólidos?

10. ¿Qué efectos tendría el uso de Reducir, Reutilizar y Reciclar los desechos sólidos?
11. ¿Qué normativa tiene relación con el manejo de los desechos sólidos y en qué consiste?
12. ¿Se han coordinado esfuerzos con otras instituciones para tratar el tema de los desechos sólidos?
13. ¿Qué manejo considera que debería dársele a los desechos sólidos?
14. ¿Se le brinda algún proceso de tratamiento o destino final a los desechos sólidos municipales?
15. Antes de que se termine el período de gobierno ¿Está considerado el proyecto de una planta de tratamiento de desechos sólidos?
16. ¿Cómo sería el financiamiento de dicha inversión?
17. ¿Se le cobraría una tarifa/cuota mensual a los hogares, comercios, escuelas, etc., o la municipalidad correría con los gastos para el funcionamiento de la misma?

Anexo 3: Muestreo de barrios y aldeas

El municipio de Asunción Mita está conformado por 20 barrios y 36 aldeas, los cuales formaron el universo para calcular una sub muestra, para determinar en cuantos sitios se realizaría la encuesta.

$$n = \frac{N z^2 p q}{(N - 1) E^2 + z^2 p q}$$

N = 56 (20 barrios y 36 aldeas)

Z = 1.96 (95% de confianza)

p (factor de éxito) = 50%

q (factor de fracaso) = 50%

E (margen de error permitido) = 5%

$$n = \frac{(56) (1.96)^2 (0.5) (0.5)}{(56 - 1) (0.05)^2 + (1.96)^2 (0.5) (0.5)} = 48.98 \approx 49 \text{ sitios}$$

Los barrios y aldeas fueron enumerados, eligiendo de forma aleatoria a través de excel, aquellos donde se encuestó a los 373 jefes o encargados de hogar.

Los numerales sombreados representan los 49 elementos seleccionados aleatoriamente, de la nueva muestra donde se efectuó la encuesta. Para lo cual se realizó entre siete u ocho encuestas a jefes o encargados de hogar en cada barrio o aldea seleccionada.

1 Barrio Hielera	11 Barrio Dos de Abril
2 Barrio El Vallecito	12 Barrio El Calvario
3 Barrio Nueva Democracia	13 Barrio La Paz
4 Barrio Los Padros	14 Barrio San Francisco
5 Barrio Modelo	15 Barrio La Federal
6 Barrio La Libertad	16 Barrio Cielito Lindo
7 Barrio Prolac	17 Barrio La Suiza
8 Barrio Central	18 Barrio Tultepeque
9 Barrio San Sebastián	19 Barrio Maya
10 Barrio Democracia	20 Barrio Buenos Aires

- | | | | |
|----|---------------------------|----|-----------------------------|
| 21 | Aldea Sitio de Las Flores | 39 | Aldea Las Pozas |
| 22 | Aldea San Joaquín | 40 | Aldea San Rafael |
| 23 | Aldea Asunción Grande | 41 | Aldea Tablón Bartolo |
| 24 | Aldea Estanzuela | 42 | Aldea San Rafael El Rosario |
| 25 | Aldea Tiucal Arriba | 43 | Aldea San Juan Las Flores |
| 26 | Aldea San Miguelito | 44 | Aldea El Tamarindo |
| 27 | Aldea San Juan Las Minas | 45 | Aldea El Tule |
| 28 | Aldea Tiucal | 46 | Aldea El Izote |
| 29 | Aldea Santa Elena | 47 | Aldea Trapiche Vargas |
| 30 | Aldea Quebrada Honda | 48 | Aldea Santa Cruz |
| 31 | Aldea El Trapiche | 49 | Aldea San Jerónimo |
| 32 | Aldea El Sauce | 50 | Aldea Guevara |
| 33 | Aldea San Matías | 51 | Aldea Girones |
| 34 | Aldea El Cerrón | 52 | Aldea Los Amates |
| 35 | Aldea Cerro Blanco | 53 | Aldea Las Animas |
| 36 | Aldea El Pito | 54 | Aldea Anguiatú |
| 37 | Aldea Los Amates | 55 | Aldea Loma Larga |
| 38 | Aldea Valle Nuevo | 56 | Aldea El Ciprés |

Anexo 4: Procedimiento de caracterización de desechos

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN] en la Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos establece el procedimiento para la medición del peso de las muestras, determinar la producción per cápita, así como la composición física de los desechos.

A cada una de las viviendas elegidas se les indicó las instrucciones para apoyar en el estudio de caracterización, siendo principalmente las siguientes:

- a. Se identificó con un código la vivienda para realizar un adecuado control de los datos.
- b. Se entregó a las viviendas una bolsa plástica negra cada día para disponer de los desechos sólidos.
- c. Se solicitó que en la bolsa colocaran solo desechos domiciliarios generados en la vivienda y no proveniente de otros lados.
- d. Se les explicó que es un estudio que durará cuatro días especificando el día de la semana que sería la recolección. Esto debido a la cantidad de viviendas y no se podrían todos en un mismo día.

1. Medición del peso de las muestras

Para llevar a cabo este proceso, se registró en un cuadro el peso de cada bolsa con base a la identificación de cada vivienda; esto permitió tabular los datos del peso adecuadamente durante los cuatro días.

Para realizar el peso de las muestras en se consideró lo siguiente:

- a. La pesa debió estar calibrada en cero.
- b. Se colocó el recipiente vacío donde sería colocada la bolsa o los desechos para obtener el peso del mismo.
- c. Finalmente, se colocó la bolsa dentro del recipiente. Al dato obtenido se le restó el peso del recipiente, dando como resultado el peso real de los desechos.

Al final de este anexo se presenta el Boleta de campo para muestreo de generación de desechos sólidos.

2. Producción per cápita por día (PPC)

Para obtener la producción de desechos generados por persona en el lapso de un día, se registró la muestra diaria de cada vivienda del día dos al cuatro; el primer día no se contempló para efectos de tabulación de datos, puesto que hay una variación destacada dentro de ese plazo.

El dato de PPC se obtuvo mediante el registro del peso de la muestra por vivienda según el método mencionado anteriormente. Se sumó el peso de todas las muestras de las viviendas participantes y este fue dividido por el número de habitantes que residen en las viviendas. Este dato, fue dividido por el número de días que fueron recolectadas las muestras.

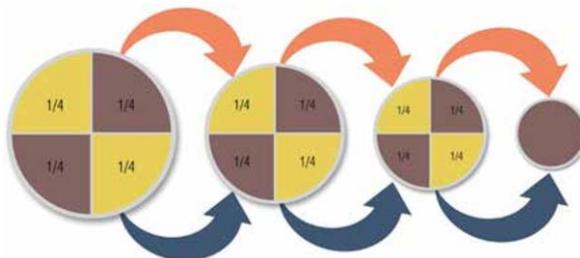
$$\text{PPC} = \frac{\text{Peso total de las muestras (libras o kilos)}}{\text{Número total de personas de la muestra}} * 1/3 \text{ días}$$

3. Composición física de los desechos

El procedimiento empleado para establecer la composición física de los desechos sólidos fue el siguiente:

- Se extrajo el contenido de todas las bolsas recolectadas durante un día y fueron vertidas en un área donde se mezclaron.
- Después de mezclar los desechos sólidos, se dividió en cuatro partes lo más equitativamente posibles.
- Se seleccionan dos cuartetos opuestos y se retiran los otros dos restantes, a modo de reducir la muestra.

Método de cuarteo



Fuente. MARN (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes* p. 16.

- d. Se mezclaron de nuevo los desechos sólidos para realizar un nuevo cuarteo, y extraer nuevamente dos cuarteros opuestos de la muestra.
- e. El procedimiento de cuarteo se repitió hasta obtener una muestra fácil de manejar, la cual se utilizó para realizar la composición de los desechos sólidos.
- f. Al contar con la muestra se clasificó según el tipo de desecho, utilizando la siguiente clasificación:
- Material orgánico: Restos de alimentos, jardinería y huesos.
 - Papel y cartón: Papel, cartón y envase de cartón encerado.
 - Plástico: Plástico película y rígido, PET, poliuretano y poliestireno expandido.
 - Vidrio: Vidrio de color y transparente.
 - Latas: Latas de aluminio.
 - Metal: Hierro, cobre, acero.
 - Desechos sanitarios: Papel sanitario y pañales desechables.
 - Peligrosos: Pilas alcalinas, pilas de mercurio, pilas recargables, insecticidas, medicamentos caducos, gasas y algodones con restos de sangre, aceites y lubricantes, fotos incandescentes y fotos ahorradores.
 - Varios: Loza y cerámica, hule, madera, cuero, tetrapack, trapo, algodón, residuo fino.
- g. Al clasificar según el tipo de desecho se pesó cada uno por separado.
- h. Luego de obtener el peso de cada desecho y con base al peso inicial de la muestra de cuarteo, se obtuvo el porcentaje de cada desecho.

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

Este cálculo se realizó durante los días de estudio y luego se obtiene un promedio para obtener un dato representativo por tipo de desecho.



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ciencias Económicas
 Escuela de Estudios de Postgrado
 Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos



Objetivo: Realizar una caracterización de los desechos generados en el municipio Asunción Mita (casco urbano y aldeas).

Barrio o localidad: _____

Código de vivienda: _____ Habitantes: _____

INVENTARIO DE LA GENERACIÓN POR DÍA

Día	Fecha	Peso total de los desechos (kg)	Generación per cápita	Observaciones
1				
2				
3				
4				

Anexo 5: Desechos sólidos generados por día en viviendas de Asunción Mita

Hogar No.	Día 1	Día 2	Día 3	Habitantes por hogar
1	1.80	1.25	0.80	5
2	2.85	0.00	3.15	7
3	0.50	0.00	2.80	4
4	1.50	3.35	2.45	6
5	2.50	2.00	2.20	6
6	0.65	0.25	0.50	2
7	0.80	1.00	0.75	4
8	1.65	1.65	1.40	4
9	2.50	0.00	3.00	6
10	0.90	2.60	1.75	5
11	1.70	1.50	2.05	5
12	0.80	0.75	0.50	3
13	3.70	0.00	4.10	9
14	0.60	2.20	1.10	4
15	2.80	1.80	1.70	5
16	0.35	0.25	0.45	2
17	1.00	2.35	2.00	5
18	0.50	2.80	1.40	4
19	1.10	1.00	0.00	3
20	1.00	2.65	1.40	6
21	1.05	1.50	0.85	4
22	2.80	4.50	0.00	7
23	1.20	3.15	1.25	5
24	2.80	2.15	1.20	8
25	0.40	0.25	0.55	3
26	2.90	2.40	1.60	6
27	0.65	0.50	0.65	3
28	1.90	1.15	1.85	4
29	2.75	2.75	1.75	6
30	1.05	4.00	1.20	5
31	2.00	3.60	1.75	6
32	2.15	2.60	2.40	6
33	0.90	0.75	0.50	3
34	2.45	1.25	1.70	5
35	0.90	1.50	1.40	4
36	0.80	0.75	0.50	3
37	1.90	1.25	0.80	5
38	2.00	2.65	2.20	6
39	0.40	0.25	0.45	2
40	1.80	1.00	1.75	4

Hogar No.	Día 1	Día 2	Día 3	Habitantes por hogar
41	0.65	0.25	0.50	3
42	2.85	2.90	1.80	6
43	2.00	1.20	2.80	8
44	1.70	3.60	1.90	6
45	1.30	1.55	0.85	4
46	2.25	2.70	1.90	6
47	0.00	3.15	2.55	5
48	1.70	2.80	2.20	6
49	1.85	1.75	2.15	5
50	0.90	0.75	0.50	3
51	1.25	3.60	2.25	6
52	1.15	3.10	1.65	5
53	2.05	0.00	3.40	5
54	0.90	0.75	0.50	3
55	1.05	1.90	0.85	4
56	1.00	0.75	1.50	5
57	2.65	2.15	2.20	6
58	0.45	0.25	0.55	2
59	1.25	2.35	3.25	6
60	1.80	1.85	2.55	5
61	2.00	2.70	1.25	6
62	0.80	1.00	1.50	5
63	1.00	0.75	1.50	5
64	2.25	3.35	1.75	6
65	1.00	1.40	1.50	5
66	4.00	2.00	2.50	7
67	1.60	0.00	1.25	4
68	1.90	1.00	0.00	4
69	3.80	0.00	3.60	9
70	1.45	2.35	2.00	5
71	0.40	0.25	0.55	2
72	1.95	2.15	1.95	5
73	0.35	0.25	0.45	3
74	3.65	2.75	3.25	6
75	1.00	0.75	1.50	5
76	3.45	1.65	2.30	5
77	2.95	3.15	2.55	6
78	1.90	1.00	0.00	4
79	1.10	1.00	0.00	3
80	1.10	1.85	1.15	4
81	1.40	0.50	1.75	4
82	1.10	0.90	1.15	4

Hogar No.	Día 1	Día 2	Día 3	Habitantes por hogar
83	0.40	0.25	0.55	2
84	1.50	2.40	1.65	5
85	1.50	1.00	1.50	5
86	1.30	0.80	1.20	4
87	0.75	0.60	0.80	3
88	3.50	2.50	3.00	7
89	0.65	0.25	0.50	3
90	2.75	2.00	2.30	6
91	3.00	0.00	3.05	6
92	3.00	2.25	3.00	6
93	2.00	1.25	0.80	5
94	1.75	2.20	1.65	5
95	0.50	0.00	2.65	4
96	2.10	1.65	1.75	5
97	2.45	1.25	1.50	5
98	1.40	2.30	2.05	5
99	1.50	2.40	0.60	4
100	2.45	1.25	2.65	6
101	0.75	0.55	0.75	3
102	1.50	1.50	2.00	6
103	1.00	1.50	1.50	4
104	1.50	2.65	3.00	6
105	1.75	2.30	1.75	6
106	0.40	0.25	0.45	2
107	2.00	1.25	0.80	5
108	0.40	0.25	0.45	2
109	2.65	3.55	2.00	7
110	2.60	2.60	3.00	6
111	1.85	1.75	2.05	6
112	1.80	1.50	1.75	5
113	0.65	0.50	0.65	3
114	1.50	1.50	2.00	5
115	2.85	0.75	3.20	6
116	1.75	1.25	3.80	7
117	2.25	2.00	2.25	6
118	0.80	1.00	0.75	3
119	2.60	2.95	1.25	6
120	2.15	3.00	1.75	5
121	0.35	0.25	0.40	3
122	3.75	1.75	2.80	7
123	2.55	1.25	1.70	5
124	1.00	0.75	1.50	5

Hogar No.	Día 1	Día 2	Día 3	Habitantes por hogar
125	1.50	0.60	2.05	5
126	1.65	1.75	1.00	5
127	1.25	1.55	0.70	5
128	0.80	0.75	0.50	3
129	2.00	2.55	2.55	6
130	0.75	0.40	0.60	3
131	0.50	1.25	1.40	4
132	0.50	0.00	2.65	4
133	0.00	0.65	1.85	3
134	1.90	1.80	1.65	5
135	0.45	0.00	0.55	2
136	1.90	3.00	2.50	6
137	0.35	0.25	0.45	2
138	0.50	1.25	1.40	4
139	2.90	1.00	2.75	6
140	2.50	2.90	1.75	6
141	1.00	0.75	0.50	3
142	1.90	1.00	0.00	4
143	1.40	1.50	1.25	4
144	0.65	0.50	0.65	4
145	1.75	1.75	1.00	5
146	2.80	3.00	2.00	7
147	2.75	1.25	2.45	5
148	2.65	2.80	1.75	6
149	2.00	1.20	2.25	5
150	3.20	0.00	3.50	6
151	0.50	1.30	1.90	4
152	1.25	2.10	2.40	5
153	0.65	0.00	1.70	3
154	0.75	0.55	0.50	4
155	0.80	1.00	0.75	3
156	3.65	1.20	2.40	6
157	1.15	0.00	2.30	4
158	2.25	1.75	2.95	6
159	2.50	0.00	4.00	6
160	1.00	0.75	0.50	3
161	0.75	0.60	0.80	3
162	1.25	1.65	0.75	4
163	1.75	2.00	1.50	5
164	0.65	0.50	0.65	3
165	3.10	3.00	2.70	7
166	2.25	2.20	2.75	5

Hogar No.	Día 1	Día 2	Día 3	Habitantes por hogar
167	0.90	0.75	0.50	3
168	1.80	0.00	3.75	5
169	0.75	0.65	1.00	3
170	1.00	2.50	3.60	6
171	1.75	2.40	2.25	5
172	3.15	1.00	1.50	6
173	1.25	0.85	1.90	4
174	1.75	2.00	3.00	5
175	1.55	1.75	1.50	5
176	1.00	2.65	1.90	5
177	2.00	2.40	2.50	6
178	1.00	0.75	1.50	5
179	1.20	2.15	2.00	5
180	1.00	0.75	1.50	5
181	1.00	0.75	1.50	5
182	2.25	2.50	2.25	8
183	1.20	1.75	1.15	4
184	2.00	1.00	2.80	6
185	0.60	0.70	1.10	4
186	2.15	3.00	0.00	5
187	1.80	1.20	2.40	5
188	1.20	2.40	2.75	8
189	0.80	1.25	1.00	5
190	1.50	1.00	1.50	5
191	2.75	2.80	2.00	8
192	2.80	3.20	1.20	8
Total	306.75	288.60	282.20	929

Anexo 6: Desechos recibidos en la planta de tratamiento y producto a obtener

- Desechos generados en kilogramos**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Producción per cápita	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Habitantes	49,309	49,566	49,824	50,083	50,343	50,605	50,868	51,133	51,398	51,666
Desechos generados Diario	15,285.79	15,365.46	15,445.44	15,525.73	15,606.33	15,687.55	15,769.08	15,851.23	15,933.38	16,016.46
Desechos generados semanalmente	107,000.53	107,558.22	108,118.08	108,680.11	109,244.31	109,812.85	110,383.56	110,958.61	111,533.66	112,115.22

- Desechos recibidos en planta de tratamiento (en kilogramos)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Diariamente	21,400.11	21,511.64	21,623.62	21,736.02	21,848.86	21,962.57	22,076.71	22,191.72	22,306.73	22,423.04
Semanalmente	107,000.53	107,558.22	108,118.08	108,680.11	109,244.31	109,812.85	110,383.56	110,958.61	111,533.66	112,115.22
Trimestralmente	1,391,006.89	1,398,256.86	1,405,535.04	1,412,841.43	1,420,176.03	1,427,567.05	1,434,986.28	1,442,461.93	1,449,937.58	1,457,497.86
Anualmente	5,564,027.56	5,593,027.44	5,622,140.16	5,651,365.72	5,680,704.12	5,710,268.20	5,739,945.12	5,769,847.72	5,799,750.32	5,829,991.44

- Desechos anuales por composición física (en kilogramos)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Orgánicos 52%	2,893,294.33	2,908,374.27	2,923,512.88	2,938,710.17	2,953,966.14	2,969,339.46	2,984,771.46	3,000,320.81	3,015,870.17	3,031,595.55
Inorgánicos 48%										
Papel 9%	500,762.48	503,372.47	505,992.61	508,622.91	511,263.37	513,924.14	516,595.06	519,286.29	521,977.53	524,699.23
Plástico 10%	556,402.76	559,302.74	562,214.02	565,136.57	568,070.41	571,026.82	573,994.51	576,984.77	579,975.03	582,999.14
Vidrio 7%	389,481.93	391,511.92	393,549.81	395,595.60	397,649.29	399,718.77	401,796.16	403,889.34	405,982.52	408,099.40
Metal 1%	55,640.28	55,930.27	56,221.40	56,513.66	56,807.04	57,102.68	57,399.45	57,698.48	57,997.50	58,299.91
Latas 3%	166,920.83	167,790.82	168,664.20	169,540.97	170,421.12	171,308.05	172,198.35	173,095.43	173,992.51	174,899.74
Otros 18%	1,001,524.96	1,006,744.94	1,011,985.23	1,017,245.83	1,022,526.74	1,027,848.28	1,033,190.12	1,038,572.59	1,043,955.06	1,049,398.46
Total	5,564,027.56	5,593,027.44	5,622,140.16	5,651,365.72	5,680,704.12	5,710,268.20	5,739,945.12	5,769,847.72	5,799,750.32	5,829,991.44

- **Material para reciclaje anual (en quintales)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Papel/cartón	5,007.62	5,033.72	5,059.93	5,086.23	5,112.63	5,139.24	5,165.95	5,192.86	5,219.78	5,246.99
Plástico	5,564.03	5,593.03	5,622.14	5,651.37	5,680.70	5,710.27	5,739.95	5,769.85	5,799.75	5,829.99
Vidrio	3,894.82	3,915.12	3,935.50	3,955.96	3,976.49	3,997.19	4,017.96	4,038.89	4,059.83	4,080.99
Metal	556.40	559.30	562.21	565.14	568.07	571.03	573.99	576.98	579.98	583.00
Latas	1,669.21	1,677.91	1,686.64	1,695.41	1,704.21	1,713.08	1,721.98	1,730.95	1,739.93	1,749.00
Total quintales	16,692.08	16,779.08	16,866.42	16,954.11	17,042.10	17,130.81	17,219.83	17,309.53	17,399.27	17,489.97

- **Abono orgánico anual en kilogramos**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Desechos orgánicos trimestrales	723,324.00	727,094.00	730,878.00	734,678.00	738,492.00	742,335.00	746,193.00	750,080.00	753,968.00	757,899.00
Abono trimestral (60%)	433,994.40	436,256.40	438,526.80	440,806.80	443,095.20	445,401.00	447,715.80	450,048.00	452,380.80	454,739.40
Abono anual (kg)	1,735,977.60	1,745,025.60	1,754,107.20	1,763,227.20	1,772,380.80	1,781,604.00	1,790,863.20	1,800,192.00	1,809,523.20	1,818,957.60

- **Abono por lecho**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Abono trimestral kg	433,994.40	436,256.40	438,526.80	440,806.80	443,095.20	445,401.00	447,715.80	450,048.00	452,380.80	454,739.40
Abono trimestral tonelada	433.99	436.26	438.53	440.81	443.10	445.40	447.72	450.05	452.38	454.74
Abono por grupo de 5 lechos	108.50	109.06	109.63	110.20	110.77	111.35	111.93	112.51	g	113.68
Abono por lecho	21.70	21.81	21.93	22.04	22.15	22.27	22.39	22.50	22.62	22.74

- **Sacos de abono anuales (presentación de 100 libras)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Abono kg (trimestre)	433,994.40	436,256.40	438,526.80	440,806.80	443,095.20	445,401.00	447,715.80	450,048.00	452,380.80	454,739.40
Abono libras	954,787.68	961,770.86	966,776.18	971,802.67	976,847.68	981,931.04	987,034.25	992,175.82	997,318.71	1,002,518.48
Sacos por trimestre	9,548	9,618	9,668	9,718	9,768	9,819	9,870	9,922	9,973	10,025
Sacos anuales	38,192	38,471	38,671	38,872	39,074	39,277	39,481	39,687	39,893	40,101

Anexo 7: Referencia de salarios para planta de tratamiento de desechos sólidos

- **Director de planta**

Directora Financiera Municipal	Municipalidad de Asunción Mita	Q -	Q 7,000.00	Q -	Q -	Q -	Q 250.00
--------------------------------	--------------------------------	-----	------------	-----	-----	-----	----------

- **Jefe administrativo y Jefe de producción**

Tesorero	Municipalidad de Asunción Mita	Q -	Q 6,000.00	Q -	Q -	Q -	Q 250.00
----------	--------------------------------	-----	------------	-----	-----	-----	----------

- **Secretaria**

Secretaria de Oficina	Municipalidad de Asunción Mita	Q -	Q 3,300.00	Q -	Q -	Q -	Q 250.00
-----------------------	--------------------------------	-----	------------	-----	-----	-----	----------

- **Contador**

Encargado de Contabilidad	Municipalidad de Asunción Mita	Q -	Q 3,800.00	Q -	Q -	Q -	Q 250.00
---------------------------	--------------------------------	-----	------------	-----	-----	-----	----------

- **Bodeguero**

Guardalmacén	Municipalidad de Asunción Mita	Q -	Q3,000.00	Q -	Q -	Q -	Q 250.00
--------------	--------------------------------	-----	-----------	-----	-----	-----	----------

- **Maquinista**

Asistente Técnico en Servicios Públicos	Municipalidad de Asunción Mita	Q -	Q 3,000.00	Q -	Q -	Q -	Q 250.00
---	--------------------------------	-----	------------	-----	-----	-----	----------

- **Conductor**

Piloto Municipal	Municipalidad de Asunción Mita	Q -	Q 2,832.84	Q -	Q -	Q -	Q 250.00
------------------	--------------------------------	-----	------------	-----	-----	-----	----------

- **Operario**

Ayudante del Tren de Aseo Municipal	Oficina de Servicios Públicos	Q -	Q2,832.84	Q -	Q -	Q -	Q250.00
-------------------------------------	-------------------------------	-----	-----------	-----	-----	-----	---------

- **Vigilante**

Guardian Municipal	Municipalidad de Asunción Mita	Q -	Q 2,832.84	Q -	Q -	Q -	Q 250.00
--------------------	--------------------------------	-----	------------	-----	-----	-----	----------

- **Encargado de garita**

Encargado de Garita Municipal	Dirección Financiera Municipal	Q -	Q2,832.84	Q -	Q -	Q -	Q250.00
-------------------------------	--------------------------------	-----	-----------	-----	-----	-----	---------

- **Encargado de limpieza**

Conserje Municipal	Municipalidad de Asunción Mita	Q -	Q 2,832.84	Q -	Q -	Q -	Q 250.00
--------------------	--------------------------------	-----	------------	-----	-----	-----	----------

Anexo 8: Cálculo del incremento anual de costos de producción y gastos de administración

Realizando una proyección a través de mínimos cuadrados se podrá determinar el incremento anual que tendrán los salarios así como los demás costos y gastos.

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{N\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{N}$$

- **Salarios (mano de obra)**

Salario mínimo nacional 2011- 2021 (en quetzales)

Año	Salario mensual
2012	2,074.00
2013	2,171.75
2014	2,280.34
2015	2,394.40
2016	2,497.04
2017	2,643.21
2018	2,742.37
2019	2,742.37
2020	2,825.10
2021	2,825.10

Fuente: Ministerio de Trabajo y Asistencia Social (2021).

N	x	y	x ²	y ²	x*y
1	2012	2,074.00	4,048,144	4,301,476.00	4,172,888.00
2	2013	2,171.75	4,052,169	4,716,498.06	4,371,732.75
3	2014	2,280.34	4,056,196	5,199,950.52	4,592,604.76
4	2015	2,394.40	4,060,225	5,733,151.36	4,824,716.00
5	2016	2,497.04	4,064,256	6,235,208.76	5,034,032.64
6	2017	2,643.21	4,068,289	6,986,559.10	5,331,354.57
7	2018	2,742.37	4,072,324	7,520,593.22	5,534,102.66
8	2019	2,742.37	4,076,361	7,520,593.22	5,536,845.03
9	2020	2,825.10	4,080,400	7,981,190.01	5,706,702.00
10	2021	2,825.10	4,084,441	7,981,190.01	5,709,527.10
	20,165	25,195.68	40,662,805	64,176,410.26	50,814,505.51

$$b = \frac{(10 * 50,814,505.51) - (25,195.68 * 20,165)}{(10 * 40,662,805) - (20,165)^2} = 89.9$$

$$a = \frac{25,195.68 - (89.9 * 20,165)}{10} = -178,765$$

Incremento en salarios, años 2022-2031

Año	Salario mensual	Incremento
2,022	3,014.02	
2,023	3,103.92	2.98%
2,024	3,193.82	2.90%
2,025	3,283.72	2.81%
2,026	3,373.62	2.74%
2,027	3,463.52	2.66%
2,028	3,553.42	2.60%
2,029	3,643.32	2.53%
2,030	3,733.22	2.47%
2,031	3,823.13	2.41%

- **Otros costos y gastos**

Inflación, años 2011 – 2020 (porcentajes)

Año	Ritmo inflacionario
2011	6.20
2012	3.45
2013	4.39
2014	2.95
2015	3.07
2016	4.23
2017	5.68
2018	2.31
2019	3.41
2020	4.82

Fuete: Banco de Guatemala

N	x	y	x²	y²	x*y
1	2011	6.20	4,044,121	38.44	12,468.20
2	2012	3.45	4,048,144	11.90	6,941.40
3	2013	4.39	4,052,169	19.27	8,837.07
4	2014	2.95	4,056,196	8.70	5,941.30
5	2015	3.07	4,060,225	9.42	6,186.05
6	2016	4.23	4,064,256	17.89	8,527.68
7	2017	5.68	4,068,289	32.26	11,456.56
8	2018	2.31	4,072,324	5.34	4,661.58
9	2019	3.41	4,076,361	11.63	6,884.79
10	2020	4.82	4,080,400	23.23	9,736.40
	20,155	40.51	40,622,485	178.09	81,641.03

$$b = \frac{(10 * 81,641.03) - (20,155 * 40.51)}{(10 * 40,622,485) - (40.51)^2} = -0.08$$

$$a = \frac{40.51 - (-0.08 * 20,155)}{10} = 932.88$$

Inflación proyectada, años 2011 – 2020 (porcentajes)

Año	Ritmo inflacionario
2023	3.43
2024	3.34
2025	3.26
2026	3.18
2027	3.09
2028	3.01
2029	2.93
2030	2.84
2031	2.76

Anexo 9: Cálculo detallado de costos de producción y gastos de administración

COSTOS DE PRODUCCIÓN• **Camisa institucional**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Camisas	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Costo	85.00	88.44	92.02	95.75	99.63	103.66	107.86	112.23	116.78	121.51
Total	1,190.00	1,238.20	1,288.34	1,340.52	1,394.81	1,451.30	1,510.08	1,571.24	1,634.87	1,701.08

• **Uniforme tipo overol**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Uniformes	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Costo	110.00	114.46	119.09	123.91	128.93	134.15	139.59	145.24	151.12	157.24
Total	5,500.00	5,722.75	5,954.52	6,195.68	6,446.60	6,707.69	6,979.35	7,262.02	7,556.13	7,862.15

• **Botas**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Botas	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Costo	75.00	78.04	81.20	84.49	87.91	91.47	95.17	99.03	103.04	107.21
Total	3,750.00	3,901.88	4,059.90	4,224.33	4,395.41	4,573.43	4,758.65	4,951.38	5,151.91	5,360.56

• **Guantes**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Guantes	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Costo	30.00	31.22	32.48	33.79	35.16	36.59	38.07	39.61	41.22	42.88
Total	1,500.00	1,560.75	1,623.96	1,689.73	1,758.16	1,829.37	1,903.46	1,980.55	2,060.76	2,144.22

- **Cascos**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Cascos	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Costo	30.00	31.22	32.48	33.79	35.16	36.59	38.07	39.61	41.22	42.88
Total	1,500.00	1,560.75	1,623.96	1,689.73	1,758.16	1,829.37	1,903.46	1,980.55	2,060.76	2,144.22

- **Mascarillas**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Mascarillas	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Costo	15.00	15.61	16.24	16.90	17.58	18.29	19.03	19.81	20.61	21.44
Total	750.00	780.38	811.98	844.87	879.08	914.69	951.73	990.28	1,030.38	1,072.11

- **Galones**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Galones	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600
Costo	3.25	3.38	3.52	3.66	3.81	3.96	4.12	4.29	4.46	4.65
Total	50,700.00	52,753.35	54,889.86	57,112.90	59,425.97	61,832.72	64,336.95	66,942.60	69,653.77	72,474.75

- **Sacos para abono**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Producción	38,192	38,471	38,671	38,872	39,074	39,277	39,481	39,687	39,893	40,101
Necesidad	38,192	37,662	38,333	38,206	38,279	38,557	39,038	38,725	39,618	39,719
Compra	39,000	38,000	39,000	39,000	39,000	39,000	40,000	39,000	40,000	40,000
Excedente	808	338	667	794	721	443	962	275	382	281
Miles de sacos	39	38	39	39	39	39	40	39	40	40

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Sacos (miles)	39	38	39	39	39	39	40	39	40	40
Costo millar	1,696.00	1,764.69	1,836.16	1,910.52	1,987.90	2,068.41	2,152.18	2,239.34	2,330.03	2,424.40
Total	66,144.00	67,058.22	71,610.24	74,510.28	77,528.10	80,667.99	86,087.20	87,334.26	93,201.20	96,976.00

- **Sacos para material de reciclaje**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Sacos	3,338	3,356	3,373	3,391	3,408	3,426	3,444	3,462	3,480	3,498
Costo	9.25	9.62	10.01	10.42	10.84	11.28	11.74	12.21	12.71	13.22
Total	30,876.50	32,300.24	33,778.65	35,334.24	36,949.59	38,649.11	40,425.68	42,282.77	44,223.96	46,253.04

- **Conos de hilo**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Conos	58	57	58	59	58	59	59	60	60	60
Costo	475.00	494.24	514.26	535.09	556.76	579.31	602.77	627.18	652.58	679.01
Total	27,550.00	28,171.68	29,827.08	31,570.31	32,292.08	34,179.29	35,563.43	37,630.80	39,154.80	40,740.60

GASTOS DE ADMINISTRACIÓN

- **Camisa institucional**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Camisas	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Costo	85.00	88.44	92.02	95.75	99.63	103.66	107.86	112.23	116.78	121.51
Total	1,020.00	1,061.31	1,104.29	1,149.02	1,195.55	1,243.97	1,294.35	1,346.77	1,401.32	1,458.07

- **Uniforme de vigilancia**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Uniforme	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Costo	110.00	114.46	119.09	123.91	128.93	134.15	139.59	145.24	151.12	157.24
Total	880.00	915.64	952.72	991.31	1,031.46	1,073.23	1,116.70	1,161.92	1,208.98	1,257.94

- **Frascos de tinta negra**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Frasco 500 ml	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Costo	34.00	35.38	36.81	38.30	39.85	41.47	43.15	44.89	46.71	48.60
Total	544.00	566.03	588.96	612.81	637.63	663.45	690.32	718.28	747.37	777.64

- **Frascos de tinta color (tres colores)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Frasco 500 ml	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Costo	42.00	43.70	45.47	47.31	49.23	51.22	53.30	55.46	57.70	60.04
Total	882.00	917.72	954.89	993.56	1,033.80	1,075.67	1,119.23	1,164.56	1,211.73	1,260.80

- **Talonario de facturas**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Talonarios	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Costo	60.00	62.43	64.96	67.59	70.33	73.17	76.14	79.22	82.43	85.77
Total	720.00	749.16	779.50	811.07	843.92	878.10	913.66	950.66	989.17	1,029.23

- **Cajas de lapiceros**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Cajas	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Costo	18.00	18.73	19.49	20.28	21.10	21.95	22.84	23.77	24.73	25.73
Total	216.00	224.75	233.85	243.32	253.18	263.43	274.10	285.20	296.75	308.77

- **Botiquín**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Botiquín	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Costo	160.00	166.48	173.22	180.24	187.54	195.13	203.04	211.26	219.81	228.72
Total	640.00	665.92	692.89	720.95	750.15	780.53	812.14	845.03	879.26	914.87

Anexo 10: Cálculo detallado de ingresos

- **Ingreso por abono orgánico (sacos de 100 libras)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Sacos	38,192	38,471	38,671	38,872	39,074	39,277	39,481	39,687	39,893	40,101
Precio/saco	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Ingreso	3,819,152.00	3,847,084.00	3,867,104.00	3,887,212.00	3,907,392.00	3,927,724.00	3,948,136.00	3,968,704.00	3,989,276.00	4,010,072.00

- **Ingreso por fertilizante foliar (galones)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Galones	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600	15,600
Precio/galón	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Ingreso	780,000.00									

- **Ingreso por lombrices (kilogramos)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Kilogramos	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Precio/kg	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00
Ingreso	1,500,000.00									

- **Ingreso por papel/cartón (quintales)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Quintales	5,007.62	5,033.72	5,059.93	5,086.23	5,112.63	5,139.24	5,165.95	5,192.86	5,219.78	5,246.99
Precio/quintal	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Ingreso	125,190.50	125,843.00	126,498.25	127,155.75	127,815.75	128,481.00	129,148.75	129,821.50	130,494.50	131,174.75

- **Ingreso por plástico (quintal)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Quintales	5,564.03	5,593.03	5,622.14	5,651.37	5,680.70	5,710.27	5,739.95	5,769.85	5,799.75	5,829.99
Precio / quintal	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Ingreso	278,201.50	279,651.50	281,107.00	282,568.50	284,035.00	285,513.50	286,997.50	288,492.50	289,987.50	291,499.50

- **Ingreso por vidrio (quintales)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Quintales	3,894.82	3,915.12	3,935.50	3,955.96	3,976.49	3,997.19	4,017.96	4,038.89	4,059.83	4,080.99
Precio / quintal	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Ingreso	19,474.10	19,575.60	19,677.50	19,779.80	19,882.45	19,985.95	20,089.80	20,194.45	20,299.15	20,404.95

- **Ingreso por latas (quintales)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Quintales	1,669.21	1,677.91	1,686.64	1,695.41	1,704.21	1,713.08	1,721.98	1,730.95	1,739.93	1,749.00
Precio / quintal	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00	125.00
Ingreso	208,651.25	209,738.75	210,830.00	211,926.25	213,026.25	214,135.00	215,247.50	216,368.75	217,491.25	218,625.00

- **Ingreso por metal (quintales)**

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Quintales	556.40	559.30	562.21	565.14	568.07	571.03	573.99	576.98	579.98	583.00
Precio / quintal	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00	150.00
Ingreso	83,460.00	83,895.00	84,331.50	84,771.00	85,210.50	85,654.50	86,098.50	86,547.00	86,997.00	87,450.00