



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**“MODELO DE GESTION INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS
SÓLIDOS DOMICILIAR, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN OPICO,
DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD.”**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO/A INDUSTRIAL**

PRESENTADO POR:

BR. JULIO ALEXANDER GUZMÁN GARCÍA.

BR. TATIANA ABIGAIL AYALA GALDÁMEZ.

BR. JOSÉ ANTONIO RUIZ GUARDADO.

SANTA TECLA, SEPTIEMBRE DE 2025



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

ING. ROSENDO MAURICIO SERMEÑO PALACIOS
RECTOR

ING. FRANCISCO ALFREDO CARRILLO LARREYNAGA
VICE-RECTOR

ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS ALBERTO COCA MUÑOZ
FISCAL

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. JOSE MAURICIO MEJIA ALAS
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SANTA TECLA, SEPTIEMBRE DE 2025



ASESOR

Ing. Leonel Arévalo Valladares

JURADO EVALUADOR

Ing. Cecilio Raúl Guinea Amaya

Inga. Violeta Hurí Herrera

Ing. José Mauricio Mejía Alas

SANTA TECLA, SEPTIEMBRE DE 2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y UNO

A las ocho horas, del sábado cinco de julio de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por JULIO ALEXANDER GUZMAN GARCIA en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

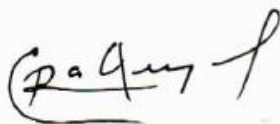
"MODELO DE GESTION INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIAR, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN OPICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD."

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de ~~SISTE PUNTO CERO (7.0)~~, el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado, obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO INDUSTRIAL.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.

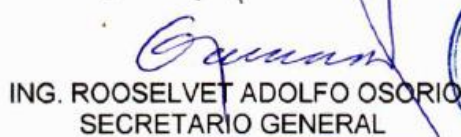


ING. CECILIO RAUL GUINEA AMAYA

INGA. VIOLETA HURI HERRERA



ING. JOSE MAURICIO MEJIA ALAS



ING. ROOSELVEY ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y TRES

A las ocho horas, del sábado cinco de julio de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por JOSE ANTONIO RUIZ GUARDADO en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

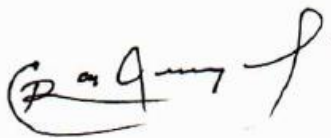
"MODELO DE GESTION INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIAR, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN OPICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD."

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de **SIETE PUNTO CERO (7.0)**, el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado, obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO INDUSTRIAL.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.



ING. CECILIO RAUL GUINEA AMAYA

INGA. VIOLETA HURI HERRERA



ING. JOSE MAURICIO MEJIA ALAS



ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS

A las ocho horas, del sábado cinco de julio de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por TATIANA ABIGAIL AYALA GALDAMEZ en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

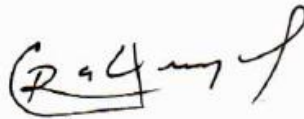
"MODELO DE GESTION INTEGRAL PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIAR, EN EL MUNICIPIO DE SAN JUAN OPICO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD."

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de ~~SEIS PUNTO CERO A.O~~ **SEIS PUNTO CERO A.O**), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado, obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO INDUSTRIAL.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.

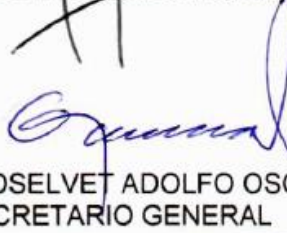


ING. CECILIO RAUL GUINEA AMAYA

INGA. VIOLETA HURI HERRERA



ING. JOSE MAURICIO MEJIA ALAS



ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



Resumen

El Municipio de San Juan Opico no cuenta con un sistema eficiente y sostenible que garantice la protección del medio ambiente, la salud pública y el bienestar de la comunidad sobre el manejo de los desechos sólidos, por eso es importante desarrollar un modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliarios en el municipio de San Juan Opico.

Además de la contaminación por residuos sólidos, la calidad de las aguas dentro de los ríos también está afectada por vertidos incontrolados de aguas residuales, tanto domésticas como eventualmente industriales. Con referencia a la calidad de aire, la situación ambiental está afectada mayoritariamente por los gases de combustión de los coches, existiendo también, emisiones de plantas industriales y alguna forma de incineración incontrolada de residuos que influyen en menor medida. Sin embargo, esto está compensado en gran parte por los vientos, la alta presencia de áreas verdes y la existencia de abundantes árboles en casi todas las zonas urbanizadas.

Dentro del modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliarios en el municipio de San Juan Opico, se realizarán propuestas de mejora sobre los diferentes procesos que se utilizan a la recolección de desechos sólidos, tendremos apoyo por parte de la alcaldía y el personal asignado a brindarnos la información necesaria para poder mejorar los modelos que ellos utilizan para el manejo los desechos sólidos. De igual manera es importante que se puedan crear comisiones en las diferentes comunidades que permitan a los ciudadanos conocer e involucrarse en las actividades a implementar por la Alcaldía Municipal de San Juan Opico, como también fortalecer la cultura en la comunidad a través de programas que permitan concientizar y modificar sus hábitos en el trabajo en equipo en beneficio del Municipio y el Medio Ambiente.

Contenido

Resumen	7
Glosario	1
Introducción.....	6
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
CAPÍTULO I – Planteamiento del problema.....	9
1.1 Título descriptivo del proyecto	10
1.2 Planteamiento del problema	10
1.3 Enunciado del problema	10
1.4 Justificación	11
1.5 Delimitación	11
1.5.1 Delimitación temporal.....	11
1.5.2 Delimitación espacial.....	11
1.5.3 Delimitación teórica	12
1.6 Alcance	13
1.7 Limitaciones.....	13
CAPÍTULO II - Fundamentación teórico.....	15
2.1 Antecedentes del tema.....	16
2.1.1 Situación del manejo de los residuos sólidos urbanos en Municipio de Opico	16
2.1.2 Antecedentes del tema.....	18
2.1.3 Situación actual en el municipio de San Juan Opico	19
2.1.3 Aspectos administrativos del municipio	19
2.1.4 Aspectos técnicos/operativos	20
2.1.5 Aspectos legales	21
2.1.6 Servicio de limpieza pública	22
2.2 Marco teórico conceptual	22
2.2.1 ¿Qué son los desechos sólidos?	22
2.2.2 Clasificación de los desechos sólidos.....	23
2.2.3 Tipos del servicio de recolección de desechos sólidos.....	24
2.2.4 Composición de los desechos sólidos.....	25
2.3 Caracterización de los desechos sólidos	26
2.3.1. Características Físicas.....	27
2.3.2 Características químicas.....	28

2.3.3 Características biológicas	29
2.3.4 Biodegradabilidad de los componentes de residuos orgánicos.....	30
2.4 Métodos para la evacuación final de desechos sólido.....	30
2.4.1 Sistema de manejo integrado de desechos sólidos	31
2.4.2 Métodos de tratamientos de los desechos sólidos	34
2.4.3 Disposición final de los desechos sólidos	35
2.5 Sistema de gestión integral	36
2.5.1 Componentes del sistema de gestión para el tratamiento de desechos sólidos	37
2.6 Gestión de desechos sólidos	39
2.7 Modelo de gestión (Modelo de gestión de calidad, por procesos, ambiental y por objetivos)	40
2.8 Aspectos administrativos del municipio	42
CAPÍTULO III - Metodología de investigación	45
3.1 Marco metodológico de investigación.....	46
3.1.1 Análisis de información.	46
3.1.2 Variables y mediciones para la investigación	47
3.1.3 Matriz de definición de las variables	48
3.2 Tipos de investigación.	51
3.2.1 Instrumentos de medición	51
3.2.2 Procesamiento y análisis de la información	52
3.2.3 Materiales impresos	52
3.2.4 Representaciones gráficas de la información.....	54
3.2.5 Evidencias de la situación actual en el municipio de San Juan Opico	56
3.3 Observación directa de la recolección de desechos sólidos en el Municipio de San Juan Opico.....	58
3.3.1 Objetivos de la Observación.....	59
3.3.2 Diseño y Método de Observación.....	59
3.3.3 Protocolo de Observación.....	59
3.3.4 Valores obtenidos por medio de la ficha de observación directa.....	62
3.3.5 Resultados de la Observación.....	64
3.3.6 Consideraciones Éticas	64
3.4 Diseño de la investigación.	64
3.4.1 Observación documental.	65
3.5 Universo y muestra.....	66
3.5.1 Universo.....	66

3.5.2 Muestras.....	67
3.6 Producción estimada de desechos sólidos.....	67
3.7 Datos de recolección de desechos en El Salvador	69
3.7 Evaluación de la muestra.....	73
3.7.1 Composición de las preguntas de la encuesta	74
3.7.2 Generalidades de los habitantes del municipio.....	74
3.7.3 Entrega de desechos	74
3.7.4 Servicio de recolección	74
3.7.5 Reciclaje	75
3.7.6 Aspectos financieros.....	75
3.7.7 Cooperación pública.	75
3.8 Desarrollo y análisis de la encuesta	76
3.9.1 Conclusión de resultados de las encuestas	88
3.9.1.1 Matriz resumen de resultados.....	88
CAPÍTULO IV – Caracterización del municipio de San Juan Opico y análisis de la información	91
4.1 Aspectos generales del municipio.....	92
4.2 Marco historio	95
4.3 Situación del manejo de los residuos sólidos urbanos en El Salvador.....	96
4.4 Servicio de limpieza pública	99
4.5 Indicadores de valoración del servicio	102
4.5.1 Gestión Municipal de San Juan Opico	102
4.6 Producción estimada de desechos sólidos en San Juan Opico	103
4.7 Metodología de trabajo de la recolección de desechos en la municipalidad	105
4.8 Condiciones actuales de manejo integrado de desechos sólidos.....	108
4.9 Determinación de las nuevas áreas urbanizadas que requieren el servicio de recolección de desechos sólidos	110
4.10 Diagnóstico sobre el manejo actual de los desechos sólidos en la comunidad	112
4.11 FODA de la Municipalidad de San Juan Opico	113
4.12 PESTEL.....	118
4.12.1 Análisis PESTEL	122
CAPÍTULO V - Propuesta modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliar	123
5.1 Descripción del Modelo Propuesto	124
5.2 Utilización de una lista de cotejo.....	130

5.2.1 Lista de cotejo aplicada a la municipalidad.....	131
5.2.2 Análisis e interpretación de la lista de cotejo.....	133
5.3 Modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliar	136
5.4 Generalidades del modelo de gestión integral para el manejo de desechos domiciliarios	137
5.4.1 Participantes	138
5.5 Planteamiento del plan de gestión integral	138
5.6 Etapas de la creación del sistema de gestión.....	139
5.6.1 Diagnóstico.....	139
5.6.2 Proceso de Planificación	140
5.6.3 Proceso del diseño de mapa de actores.....	142
5.6.4 Conocimiento del entorno.....	142
5.7 Situación de los desechos sólidos en el municipio.....	143
5.7.1 Variable técnica	143
5.7.2 Variable caracterización de los desechos sólidos.....	143
5.8 Funciones de la municipalidad enfocada en la Gestión integrada de desechos sólidos.	145
5.8 Estructura de las funciones del Sistema de gestión de desechos solidos	147
5.9 Colaboradores para el sistema	148
5.9.1 Conceptualización de los elementos del organigrama de la unidad de gestión de desechos sólidos propuesto	149
5.9.2 Almacenamiento	151
5.9.3 Traslado.....	152
5.9.4 Equipo propuesto	156
5.9.5 Personal capacitado.....	157
5.9.6 Proceso de recolección y separación	158
5.9.6.1 Nuevo itinerarios de recolección de desechos sólidos.....	160
5.9.6.2 Monitoreo del sistema de gestión de recolección	162
5.9.6.4 Propuesta de mejora de las rutas de recolección.....	163
5.9.7.5 Rediseño del recorrido de los vehículos recolectores	164
5.10 Tratamiento y disposición final.....	166
5.10.1 Unidad de separación de los desechos solidos.....	167
5. 11 Unidad de Reciclaje.....	168
5.12 Planta de compostaje.	168
5.12.1 Mantenimiento y Limpieza de las pilas de compostaje.....	169

5.12.2 Recepción de residuos	170
5.12.3 Selección del material inorgánico	170
5.12.4 Diseño físico de las pilas de compostaje.....	170
5.12.5 Personal y equipo destinado a la propuesta.....	171
5.12.5.1 Perfil de los trabajadores.....	172
5.12.6 Operación de la planta de compostaje.....	173
5.13 Determinación del número de vehículos para la recolección de desechos sólidos....	175
5.13.1 Costos de uso de camiones computadores.....	175
5.13.2 Frecuencias y turnos de recolección	176
5.14 Propuesta de implementación	177
5.15 Estrategias para la implementación del modelo de gestión integral	180
5.16 Establecimiento de políticas	181
5.17 Objetivos del sistema de gestión de desechos sólidos domiciliarios	181
5.18 Esquema conceptual.....	181
5.18.1 Diseño del sistema de gestión de desechos sólidos municipales.....	184
5.19 Ventajas del sistema propuesto versus actual.....	185
5.20 Propuesta de utilización de PACK de clasificación de desperdicios	186
5.21 Alcance del plan de manejo de residuos sólidos	187
5.22 Evaluación por métricas	188
5.23 Plan de implementación.....	192
Costo-Beneficio.	193
Conclusión.....	195
Recomendaciones	197
Bibliografía	199
Anexo	201
Anexo # 1 Encuesta Habitantes.....	202

índice de imágenes

Ilustración 1 - Mapa geográfico de la ubicación del municipio	12
Ilustración 2 - Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos.....	31
Ilustración 3 - plan de manejo de residuos sólidos.....	33
Ilustración 4 - imágenes de limpieza por parte del municipalidad de San Juan Opico.....	¡Error!
Marcador no definido.	
Ilustración 5 - Imágenes de la instalación de basureros	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 6 - Esquema del modelo de gestión de desechos solidos	129
Ilustración 7 - Funciones del sistema de gestión de desechos sólidos	147
Ilustración 8 - Organigrama de la Unidad de Gestión de Desechos Sólidos.....	148
Ilustración 9 - esquema del diseño de rutas.....	165
Ilustración 10 - Esquema del diseño del Sistema de gestión de desechos sólidos municipales...	184
Ilustración 11 - propuesta de Pack	186

índice de tablas

Tabla 1 - Matriz de recursos actuales de la alcaldía de San Juna Opico para la recolección de desechos solidos	109
Tabla 2 - Matriz de variables de la investigación.....	48
Tabla 3 - Lista de cotejo aplicada.....	131
Tabla 4 - Estrato socioeconómico	143
Tabla 5 - Matriz de tipos de residuos	144
Tabla 6 - Costos de equipamiento del personal de limpieza.	157
Tabla 7 - Horarios de recolección domiciliar propuestos para el nuevo sistema	162
Tabla 8 - Matriz comparativo de la rutas de recolectores de desechos solidos.....	166
Tabla 9 - Herramientas y equipos utilizados en la planta de compostaje	172
Tabla 10 – Función y ejecución de la planta de compostable	174
Tabla 11 - comparativa entre el sistema actual y el sistema propuesto.....	185

Glosario

Algas: Organismos fotosintéticos acuáticos, que pueden ser microscópicos o macroscópicos, y desempeñan un papel importante en los ecosistemas acuáticos.

Auditoría: Evaluación sistemática e independiente de las actividades, procesos o sistemas de una organización para determinar su conformidad con los estándares establecidos y las prácticas recomendadas.

Baranda: Estructura de protección o barra colocada en el borde de una plataforma, pasillo o camión recolector para evitar caídas o accidentes.

Basura: Residuos sólidos generados por las actividades humanas, generalmente de naturaleza indeseable y que requieren una gestión adecuada para minimizar su impacto ambiental.

Bienes intermedios: Productos semielaborados que se utilizan como insumos en la producción de otros bienes o productos finales.

Biodegradabilidad: Capacidad de un material para descomponerse y ser absorbido por los procesos naturales, como la acción de microorganismos, en un período de tiempo razonable.

Biodegradable: Capaz de descomponerse y desintegrarse en componentes naturales a través de procesos biológicos.

Bioinfecciosos: Materiales o residuos contaminados con organismos vivos o agentes infecciosos, como bacterias o virus.

Celulosa: Polímero natural compuesto por unidades de glucosa y que constituye el principal componente de las paredes celulares de las plantas.

Combustión: Proceso de reacción química exotérmica en la cual una sustancia se combina con oxígeno y produce calor, luz y productos de combustión.

Compostaje: Proceso controlado de descomposición de materiales orgánicos, como restos de comida o residuos vegetales, en condiciones adecuadas de humedad y temperatura, para obtener compost, un fertilizante natural rico en nutrientes.

Concientizar: Generar o aumentar la conciencia y comprensión sobre un tema o problema específico, con el fin de fomentar cambios de actitud y comportamiento.

Degradación: Proceso de descomposición o deterioro de un material o sustancia debido a factores físicos, químicos o biológicos.

Derivados del petróleo: Productos obtenidos a partir del petróleo crudo, como gasolina, Diesel, plásticos, lubricantes, entre otros.

Desechos sólidos: Materiales no deseados o descartados que incluyen residuos domésticos, comerciales, industriales o de construcción.

Dióxido de carbono: Gas compuesto por dos átomos de oxígeno y un átomo de carbono, uno de los principales gases de efecto invernadero que contribuye al cambio climático.

Dioxinas: Compuestos químicos tóxicos y persistentes que se forman durante procesos de combustión o en la fabricación de ciertos productos químicos.

Estándares: Normas o criterios establecidos para medir, evaluar o regular la calidad, seguridad, eficiencia u otras características de productos, servicios o procesos.

Furanos: Compuestos químicos tóxicos y persistentes que pueden formarse durante la combustión o la producción de algunos productos químicos.

Gestión: Proceso de planificación, organización, supervisión y control de los recursos, actividades y procesos para lograr los objetivos establecidos.

Hemicelulosa: Polímero complejo de azúcares que se encuentra en las paredes celulares de las plantas y se considera un componente de la biomasa vegetal.

Holística: Enfoque que considera a un sistema o fenómeno en su totalidad, tomando en cuenta las interacciones y conexiones entre sus diferentes partes o aspectos.

Humus: Materia orgánica descompuesta y estabilizada que se forma a partir de la descomposición de residuos vegetales y animales en el suelo.

Impacto Ambiental: Los efectos positivos o negativos que una acción, proyecto o actividad tiene sobre el medio ambiente, incluyendo los recursos naturales, los ecosistemas y los seres vivos.

Industrialización: Proceso de transformación de la producción basada en la mano de obra a una producción basada en maquinaria y tecnología, caracterizado por el aumento de la producción y la eficiencia.

Inerte: Que carece de actividad química o biológica y no reacciona con otros materiales.

Inorgánico: Relacionado con sustancias que no contienen carbono y que no son de origen biológico.

Integración económica: Proceso en el que varios países acuerdan eliminar las barreras comerciales y económicas entre ellos, promoviendo la libre circulación de bienes, servicios y capitales.

Integral: Que considera y abarca todos los aspectos o componentes de un sistema o fenómeno.

Membranas: Capas delgadas y flexibles que actúan como barreras selectivas para el transporte de moléculas o la separación de sustancias en diversos procesos.

Metano: Gas incoloro e inflamable, principal componente del gas natural, que se produce a partir de la descomposición de materia orgánica en condiciones de ausencia de oxígeno.

MIDES: Organización encargada del manejo integral de desechos sólidos.

No biodegradable: Que no puede ser descompuesto o desintegrado por procesos biológicos naturales.

Optimización: Mejora o ajuste sistemático de un proceso, sistema o recurso con el fin de maximizar la eficiencia, rendimiento u otros objetivos deseados.

Orgánico: Relacionado con sustancias o materiales que contienen carbono y son de origen biológico, como plantas, animales o residuos vegetales.

pH: Medida de acidez o alcalinidad de una solución, que va desde 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino).

Reciclaje: Proceso de recolección, clasificación, procesamiento y reutilización de materiales o productos previamente desechados, con el objetivo de reducir el consumo de recursos naturales y minimizar el impacto ambiental.

Recolección: Recopilación y retiro de residuos o materiales específicos de un área determinada para su posterior tratamiento o disposición adecuada.

RSU: Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Los residuos generados en áreas urbanas o poblaciones, que incluyen residuos domésticos, comerciales e industriales no peligrosos

Salinidad: Concentración de sales disueltas en un medio, como el agua, que puede influir en la calidad y usabilidad de ese medio.

Sostenible: Capaz de mantenerse a largo plazo sin agotar o dañar los recursos naturales, los sistemas ecológicos o las necesidades de las generaciones futuras.

Tóxico: Sustancia o agente que puede causar daño o efectos adversos en los seres vivos cuando se ingiere, inhala o entra en contacto con ellos.

Vertederos: Lugares designados para la disposición final de residuos sólidos, donde se depositan y se cubren con tierra u otros materiales para su aislamiento y minimización del impacto ambiental.

Introducción

En la actualidad, la gestión adecuada de los desechos sólidos domiciliarios se ha convertido en un desafío crucial para muchas localidades, incluido el municipio de San Juan Opico, ubicado en el Departamento de La Libertad. El manejo inadecuado de los residuos sólidos conlleva impactos negativos tanto para el medio ambiente como para la salud pública, lo que requiere una atención inmediata y eficaz.

El presente trabajo tiene como objetivo principal desarrollar un modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliarios en el municipio de San Juan Opico. Se busca establecer un enfoque holístico que aborde los diferentes aspectos relacionados con la generación, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos, con el fin de mejorar la situación actual y promover prácticas sostenibles en el manejo de desechos.

Esta investigación surge de la necesidad de aportar a la municipalidad una alternativa del manejo de los desechos sólidos domiciliar que garantice la protección del medio ambiente, la salud pública y el bienestar de la comunidad, fomentando la participación de los actores involucrados, como los residentes, las autoridades locales y las instituciones pertinentes, para lograr una gestión integra efectiva.

La composición de este documento consta de cinco capítulos de los cuales se describen a continuación:

Capítulo I, se presenta la introduce del problema de los desechos sólidos domiciliarios en San Juan Opico, explicando su importancia, las consecuencias de su mal manejo y la necesidad de un modelo de gestión integral.

Capítulo II, presenta los conceptos clave relacionados con la gestión de desechos sólidos, teorías relevantes, y posiblemente ejemplos de modelos exitosos implementados en otros lugares.

Capítulo III, En este capítulo se describe los métodos utilizados para recopilar y analizar datos sobre la situación actual de los desechos sólidos en San Juan Opico, incluyendo posibles encuestas, entrevistas o análisis de documentos.

Capítulo IV, Se presenta la información detallada sobre el municipio, incluyendo datos demográficos, geográficos y socioeconómicos, así como un análisis de la situación actual del manejo de desechos sólidos domiciliarios.

Capítulo V, Interpretación de resultados, la información fue recolectada de primera mano a través de encuesta y entrevista de clima laboral tanto a nivel gerencial como los colaboradores, visitas de la planta donde se realizan las operaciones aplicando las técnicas de observación.

Capítulo VI, Este capítulo es el último y en donde se presentaría el modelo propuesto, detallando sus componentes, estrategias de implementación, y cómo abordaría los problemas identificados en los capítulos anteriores.

Con esta propuesta se busca el desarrollo en el municipio de San Juan Opico, una propuesta que permita proponer un modelo de gestión que sea enfocado en el lugar de la investigación y que ayude a gestionar los desechos sólidos en el municipio.

Objetivo general

Proponer un modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliar, en el municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad.

Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de los factores que influyen en el buen manejo de los desechos sólidos en los domicilios en el municipio de San Juan Opico.
- Identificar los desafíos y áreas de mejora en la gestión de la recolección de desechos sólidos en la municipalidad.
- Proponer herramientas que permitan mejorar la eficiencia de la gestión de la recolección de desechos sólidos domiciliarios en el casco urbano de San Juan Opico.
- Proponer indicadores de gestión para el manejo de los desechos sólidos en el municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad
- Analizar y caracterizar los tipos de residuos sólidos generados en el municipio de San Juan Opico, así como las prácticas de manejo asociadas, con el propósito de determinar el porcentaje de producción de estos y su posible aprovechamiento.

CAPÍTULO I – Planteamiento del problema

1.1 Título descriptivo del proyecto

“Modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliar, en el municipio de San Juan Opico, departamento de la Libertad”

1.2 Planteamiento del problema

La sobreproducción de residuos sólidos resulta ser una problemática que afecta significativamente a todas los municipios de El Salvador, según el Centro Salvadoreño de Tecnología Apropiable (CESTA)¹ esto es debido al mal manejo de residuos sólidos domiciliarios ha incrementado la vulnerabilidad para muchas municipalidades y sus habitantes, por lo que es importante realizar una propuesta de un programa eficiente de manejo de desechos sólidos en la municipalidad de San Juan Opico, Logrando así reducir los desperdicios que son generados en el municipio y disponer de estos en la forma adecuada, aplicando prácticas de reciclado que permitan obtener una reducción significativa en el impacto ambiental y evitar que se generen más problemas de contaminación en la zona donde se encuentren.

1.3 Enunciado del problema

¿Cómo pueden mejorarse la frecuencia, cobertura y calidad del sistema de recolección de desechos sólidos domiciliarios en el casco urbano de San Juan Opico, por medio de una gestión integral de manejo de desechos sólidos domiciliar?

¹YSUCA, (2023), <https://ysuca.org.sv/2022/07/el-salvador-tiene-mal-manejo-de-desechos-solidos/>

1.4 Justificación

En la actualidad en San Juan Opico se generan un promedio de 10,000 (según el portal de transparencia de EL Salvador) toneladas diarias, alrededor de 300,000 toneladas en el mes y 3,600,000 en el año, siendo provocada por la gran cantidad de habitantes que esta tiene dicho municipio, y esta la razón principal por lo que se realizar la Investigación de este proyecto con el fin de proponer un modelo de gestión integral de residuos sólidos urbanos en el municipio de San Juan Opico, lo que beneficiara directamente la ciudadanía, ya que reducirá la contaminación ambiental y por ende evitará afectaciones a su salud, además ayudará a reducir la contaminación visual, y a la municipalidad le beneficiaria atrayendo a turistas y podrá manejar los residuos sólidos de mejor manera y reutilizarlos creando así posiblemente fuentes de trabajo.

1.5 Delimitación

1.5.1 Delimitación temporal

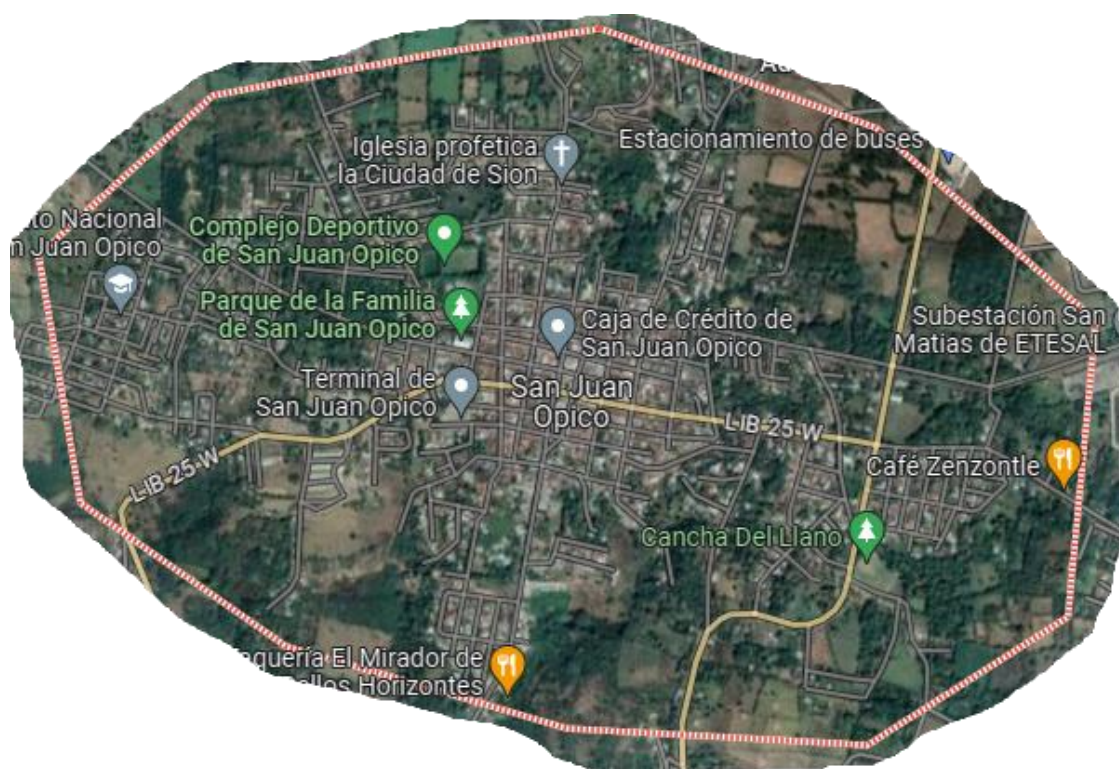
El tiempo de duración del desarrollo de este proyecto será de 8 meses, iniciando en el mes de abril y finalizando en noviembre del año 2023.

1.5.2 Delimitación espacial

El proyecto será desarrollado en la municipalidad de San Juan Opico, Departamento de La Libertad, ubicada en la siguiente dirección:

Dirección	Está ubicado a 42 kilómetros de San Salvador, capital de la república.
Localización	noR9uyMQAdsyJxfc6
Población	74,280 habitantes

Ilustración 1 - Mapa geográfico de la ubicación del municipio



Fuente: Google maps

1.5.3 Delimitación teórica

Desde la perspectiva de Carrasco (2012), la delimitación teórica consiste en organizar en secuencia lógica, orgánica y deductiva, los temas ejes que forman parte del marco teórico en la que circunscriben las variables del problema de investigación. Dicho de otro modo, se debe establecer un dominio teórico donde los temas que explican y definen cada una de las categorías propias del problema que se investiga, y que estén plenamente relacionados unos con otros

1.6 Alcance

El alcance del "Modelo de Gestión Integral para el Manejo de los Desechos Sólidos Domiciliarios en el Municipio de San Juan Opico, Departamento de La Libertad" se centra en el desarrollo de un marco sostenible y eficaz que abarque todas las fases del ciclo de gestión de residuos, desde la generación hasta la disposición final. Este modelo se implementará a nivel municipal e incluirá un análisis exhaustivo de la situación actual de la gestión de residuos sólidos domiciliarios en San Juan Opico, identificando las deficiencias y oportunidades de mejora.

El modelo propondrá estrategias específicas para la recolección, clasificación, transporte, tratamiento, reciclaje, y disposición final de los desechos, con un énfasis particular en la minimización de los impactos ambientales y en la promoción de la participación comunitaria. Además, se desarrollará un plan educativo para sensibilizar a los habitantes sobre la importancia de la separación en la fuente y el reciclaje, así como un sistema de monitoreo y evaluación para asegurar el cumplimiento de los objetivos. Este modelo buscará no solo optimizar los procesos existentes, sino también fomentar la sostenibilidad a largo plazo y la mejora continua del manejo de los desechos sólidos en el municipio, alineándose con las políticas nacionales y los estándares internacionales de gestión ambiental.

1.7 Limitaciones

- La investigación puede verse limitada por la falta de datos estadísticos precisos y actualizados sobre la generación y disposición de desechos sólidos en el municipio. Esto podría afectar la precisión del diagnóstico inicial y, en consecuencia, la formulación de estrategias adecuadas dentro del modelo de gestión.

- La implementación de un modelo de gestión integral requiere recursos financieros y humanos significativos, por lo tanto, el presupuesto disponible y la escasez de personal capacitado pueden restringir la viabilidad y el alcance del modelo propuesto
- La aceptación y participación de la comunidad son fundamentales para el éxito del modelo de gestión de desechos sólidos.
- La investigación puede verse limitada por la falta de un marco legal robusto o políticas gubernamentales adecuadas a nivel local que respalden la gestión integral de desechos sólidos.
- Dado que los beneficios de un modelo de gestión integral de desechos sólidos se manifiestan a lo largo del tiempo, la investigación podría estar limitada en su capacidad para evaluar plenamente el impacto a largo plazo del modelo propuesto.

CAPÍTULO II - Fundamentación teórico

2.1 Antecedentes del tema

En El Salvador, la prioridad para la gestión de residuos sólidos se ha concentrado en las áreas urbanas, dada la alta densidad poblacional y la consiguiente concentración de generación de desechos y riesgos que afectan a la salud humana y el medio ambiente. Considerando el último censo realizado en el 2021, en El Salvador se identifica aproximadamente 1.4 millones de hogares a nivel urbano y alrededor de 524,000 hogares a nivel rural, obteniendo un porcentaje del 73% urbano y 27% rural. (Según datos de la Digestyc 2018)

Según la escala nacional el 51.1% de los hogares entrega los desechos a la recolección pública un 0.98% a servicios privados, un 3.13% deposita en contenedores y un 0.04% recicla, por lo que se dice que en El País el 55.25% dispone los desechos sólidos de forma adecuadamente generando un 45% el mal uso y la mala recolección de los desechos sólidos en hogares en El Salvador, las diferentes formas de desechos que El Salvador aplica o en este caso que por medios informativos aplica el municipio de San Juan Opico donde el 36.01% lo quema, el 6.59% lo tiran en cualquier lugar y el 1.82% lo entierra, teniendo un porcentaje significativo de 0.26% que generan el desecho de forma ambulante.

2.1.1 Situación del manejo de los residuos sólidos urbanos en Municipio de Opico

Para la década de los años 1960 a 1970, la industrialización en El Salvador aumenta y por medio de la creación del Mercado Común Centroamericano (MCCA), inició la integración económica entre las distintas ramas industriales y con un aumento en la integración económica aplicado en la agricultura y la industria. Para el caso de la agricultura la cual produjera materias primas a ser utilizadas en las diferentes organizaciones industriales y a su procesamiento.

Durante los años 60's, surgen diferentes ramas industriales como petróleo, maquinaria eléctrica y no eléctrica, plástico y minerales no metálicos.

En la década de los 70'S, al desarrollarse la industria en El Salvador, que en ese entonces tuvo un crecimiento significativo, esto se debió a la situación muy compleja que se presentaba en la industria manufacturera, la cual fue causada por el deterioro del Mercado Común Centroamericano (MCCA). Sin embargo, en dicha época se produce un aumento en la producción de bienes intermedios tales como textiles productos químicos, papel, cartón y derivados del petróleo.

Para la década de los 80'S se caracterizó por la crisis económica, política y social provocada por factores como la confrontación bélica, el desplazamiento de los recursos humanos al exterior, la emigración de la población de la zona rural y la subutilización de la capacidad instalada de las empresas.

Pasando algunos años se ve que la importación de maquinaria y nuevas tecnologías aplicadas a las organizaciones logra sostenerse la industria en El Salvador. Para los años 90'S después de la firma de los Acuerdos de Paz, la industria salvadoreña experimenta un crecimiento con respecto a la década anterior, logrando así aumentar la actividad del capital extranjero en el país.

En los inicios de los años 2000, se vio afectada la industrialización en el país por acontecimientos negativos en la economía nacional ocasionados por los terremotos ocurridos en enero y febrero del año 2001, ocasionaron considerables pérdidas económicas sociales y ambientales. Pasando los años la industria manufacturera, principalmente la desarrollada por las maquilas, ha tenido tasas de crecimiento lentas, pero con un margen positivo para estos años.

A partir de los siguientes años se volvió muy amplio la cantidad de desperdicios generados por las diferentes empresas, instituciones y el público en general entre estos se pueden mencionar los siguientes.

- Distintos tipos de Papeles encerados o con recubrimientos químicos
- Desechos industriales dañinos a la salud (ejemplo metales pesados)
- Desechos plásticos como empaques de alimentos y bebidas
- Artículos plásticos diversos como mueble, juguetes, etc.
- Envoltorios metálicos especiales para alimentos
- Desechos no biodegradables de embalajes
- Artículos de espumas de poliestireno
- Llantas de hule vulcanizado
- Baterías
- Entre otros

2.1.2 Antecedentes del tema

En El Salvador, la prioridad para la gestión de residuos sólidos se ha concentrado en las áreas urbanas, dada la alta densidad poblacional y la consiguiente concentración de generación de desechos y riesgos que afectan a la salud humana y el medio ambiente. Considerando el último censo realizado en el 2021, en El Salvador se identifica aproximadamente 1.4 millones de hogares a nivel urbano y alrededor de 524,000 hogares a nivel rural, obteniendo un porcentaje del 73% urbano y 27% rural.

Según la escala nacional investigada por CONAMYPE en el 2019 el 51.1% de los hogares entrega los desechos a la recolección pública un 0.98% a servicios privados, un 3.13% deposita en contenedores y un 0.04% recicla, por lo que se dice que en El País el 55.25% dispone los desechos sólidos de forma adecuadamente generando un 45% el mal uso y la mala recolección de los desechos sólidos en hogares en El Salvador, las diferentes formas de desechos que El Salvador aplica o en este caso que por medios informativos aplica el municipio de San Juan Opico donde el 36.01% lo quema, el 6.59% lo tiran en cualquier lugar y el 1.82% lo entierra, teniendo un porcentaje significativo de 0.26% que generan el desecho de forma ambulante.

2.1.3 Situación actual en el municipio de San Juan Opico

La quema de desechos es una práctica que representa riesgos para la salud y el medio ambiente, principalmente por estar asociada a la liberación de dioxinas y furanos, estas sustancias son altamente tóxicas y generan combustión a bajas temperaturas, conteniendo elementos con cloro, siendo esta otra forma habitual de generar problemas que impactan en el ambiente siendo un desecho de forma ambulante; el cual consiste en desechar los desechos sólidos en cualquier lugar del El Salvador generando una contaminación en los ríos, lagos, mares, entre otros aspectos los cuales pueden dañar o afectar en el impacto ambiental y la forma de vivir de cada habitante en el municipio de San Juan Opico.

2.1.3 Aspectos administrativos del municipio

La municipalidad de San Juan Opico pondrá a la disposición cierta información de importancia que ayude a la recopilación de datos al proceso investigativo para la implementación de un modelo de gestión integral para los desechos sólidos domiciliar en el municipio de San Juan Opico Departamento de La Libertad.

Actualmente, la alcaldía maneja un servicio domiciliario de recolección el cual hace referencia al momento en que los residuos pasan del productor a las personas encargadas del transporte y la disposición final donde se llevará la descarga de los desechos sólidos.

El manejo domiciliario de desechos sólidos consiste en el traslado de los residuos desde los distintos puntos de producción hasta el lugar donde se dispondrán. Es así que la Alcaldía Municipal de Juan Opico utiliza el transporte de los residuos una serie de variables, entre las más importantes se tienen: el tipo y la cantidad de basura a transportar, la topografía del área a cubrir con el servicio, el ancho y estado de las vías, el clima de la región (especialmente la fuerza con que soplan los vientos, la humedad y la salinidad del ambiente), el tipo de recipiente en que se realiza la presentación de la basura por parte de los productores, la velocidad de recolección, y la facilidad de lavado.

2.1.4 Aspectos técnicos/operativos

Prestación del servicio de aseo

Tren de aseo de barrido de calles, limpieza de tragantes, barrido de las calles de las colonias, recolección de desechos sólidos con transporte, quemado de desechos sólidos, selección de los desechos sólidos.

Maquinaria y equipo de recolección de desechos sólidos

Tipo de unidad vehicular (camión con baranda, camión con semi baranda, compactador, camión volquete) y su capacidad. Compactadores, volteos y camión de semi baranda, barriles móviles de recolección.

Costo/Tonelada recolectada del municipio

Cantidad de desechos sólidos recolectada (barrenderos) son 3 toneladas aproximadamente y la Cantidad de desechos recolectados (al día) son de 50 toneladas aproximadamente.

2.1.5 Aspectos legales

Art. 4. – numerales 19-28

19. La prestación del servicio de aseo, barrido de calles, recolección, tratamiento y disposición final de basuras. Se exceptúan los residuos sólidos peligrosos y bioinfecciosos. En caso de los residuos peligrosos y bioinfecciosos los municipios actuaran en colaboración del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de acuerdo con la legislación vigente.

28. Contratar, y concurrir a contribuir sociedades locales o intermunicipales o para cualquier otro fin lícito.

Legislación Ambiental de El Salvador

La legislación salvadoreña cuenta con herramientas legales para proteger el Medio Ambiente, entre las que se pueden mencionar: Constitución Política de El Salvador, (Ministerio de Medio Ambiente, 2012).

Constitución de El Salvador

La Constitución de la República de El Salvador en los artículos 65 y 117, regula el buen Manejo de los desechos sólidos desde la recolección hasta la disposición final. (Asamblea Legislativa de El Salvador, 2011)

Ley del Medio Ambiente

El Salvador cuenta con instrumentos legales que presentan las bases para instaurar un adecuado manejo de los desechos sólidos en el país. La Ley del Medio Ambiente, en su artículo 52, otorga la responsabilidad de formular un Programa Nacional para el Manejo Integral de los desechos sólidos, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los Gobiernos Municipales y otras organizaciones competentes, generando hábitos y prácticas de consumo sostenibles, reduciendo al mínimo la generación de desechos sólidos y aumentar al máximo la reutilización y el reciclaje de estos servicios de manejo de desechos sólidos en base a sistemas de manejo integral y sostenible a fin de prevenir significativamente el impacto ambiental y proteger la salud de la población.

2.1.6 Servicio de limpieza pública²

Considerando: Que de conformidad al Decreto 1018 del código municipal de El Salvador Art. 2 numeral 19, Art. 6-A y 7 numeral 1, facultad al Municipio a prestar los servicios públicos municipales de aseo, barrido de calles, recolección, tratamiento y disposición final de desechos sólidos, la regulación de estos por medio de ordenanzas, así como el cobro de tasas por servicios prestados.

2.2 Marco teórico conceptual

2.2.1 ¿Qué son los desechos sólidos?³

Son aquellos materiales no peligrosos, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza, y que, no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables.

² Código municipal de El Salvador

³ Reglamento Especial Sobre El Manejo Integral De Los Desechos Sólidos Y Sus Anexos.

2.2.2 Clasificación de los desechos sólidos

Los desechos sólidos se clasifican de diferentes maneras, a continuación, se muestran las principales clasificaciones de estos.

Por su origen se pueden clasificar en:

- **Desechos domiciliarios:** basura proveniente de los hogares y/o comunidades
- **Desechos industriales:** su origen es producto de la manufactura o proceso de transformación de la materia prima.
- **Desechos hospitalarios:** desechos que son catalogados por lo general como residuos peligrosos y pueden ser orgánicos e inorgánicos
- **Desechos comerciales:** provenientes de ferias, oficinas, tiendas, etc., y cuya composición es orgánica, tales como restos de frutas, verduras, cartones, papeles, etc.
- **Desechos urbanos:** correspondiente a las poblaciones, como desechos de parques y jardines, mobiliario urbano inservible, etc.
- **Basura espacial:** satélites y demás artefactos de origen humano que estando en órbita terrestre ya han agotado su vida útil.
- **Desechos orgánicos:** todo desecho de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, etc.
- **Desechos inorgánicos:** todo desecho de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, etc.
- **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, por ejemplo: material médico infeccioso, residuo radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas, etc.

2.2.3 Tipos del servicio de recolección de desechos sólidos.

Los métodos más comunes de recolección de residuos son el de parada fija, el de acera y el de contenedores.

Método de parada fija o de esquina.

Este método consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles, en donde previamente por medio de una campana se comunica la llegada del camión y los usuarios acuden a entregar sus residuos.

Método de acera.

Consiste en que simultáneamente al recorrido del camión por su ruta, los colaboradores de la alcaldía van recogiendo los residuos, previamente colocados por los residentes en el frente de sus casas.

Este método debe tener un horario y una frecuencia cumplida, y los residentes deben estar informados de ello, para sacar sus bolsas con residuos en el momento adecuado evitando así que los perros u otros animales rompan las bolsas y derramen los residuos cuando se colocan con demasiada anticipación al paso del vehículo.

El transporte de los desechos sólidos debe estar integrada por un conductor y dos colaboradores, los cuales se encargarán de ir recogiendo las bolsas plásticas con los residuos y depositarlas en el vehículo, cada colaborador tendrá a su cargo una acera.

El conductor de cada camión tiene como obligaciones cumplir con las rutas, horarios y frecuencias que se le hayan asignado, así como accionar el mecanismo de compactación cada vez que sea necesario. Los residentes de la vivienda tienen como única obligación el colocar sus residuos en el frente de su casa.

Método de contenedores

La recolección mediante contenedores requiere de empleo de camiones especiales y que los contenedores estén ubicados en forma accesible al vehículo recolector.

Este método es ideal para centros de gran generación de residuos sólidos hoteles, mercados, hospitales, industrias, tiendas de autoservicio, etc.

El método exige que la recolección se dé con la debida oportunidad, ya que de lo contrario puede ocasionar focos de contaminación, al mantener almacenados grandes cantidades de residuos, en diferentes departamentos o colonias del país.

2.2.4 Composición de los desechos sólidos

La composición de los desechos sólidos se refiere a la proporción de diferentes tipos de materiales que se encuentran en los residuos sólidos generados por una determinada comunidad o región. El conocimiento de la composición de los desechos es importante para diseñar e implementar programas de gestión de residuos sólidos adecuados y efectivos.

Un ejemplo de la composición de los desechos sólidos podría ser: un estudio realizado en el municipio de San Juan Opico el cual según datos obtenidos por la alcaldía posee un 40% de los residuos sólidos son restos de alimentos y materia orgánica, el 30% son plásticos, el 20% son papeles y cartones, y el 10% restante son vidrios, metales y otros materiales. Esto significa que la

ciudad tendría que enfocar sus esfuerzos en implementar programas de compostaje y reciclaje de plásticos para reducir la cantidad de desechos que van a los vertederos y maximizar el aprovechamiento de los recursos.

2.3 Caracterización de los desechos sólidos

La caracterización de los desechos sólidos se refiere al proceso de identificación y evaluación de las características físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos generados por una determinada comunidad o región. La caracterización de los desechos es importante para diseñar e implementar programas de gestión de residuos sólidos adecuados y efectivos, y para evaluar el impacto ambiental y económico de estos programas.

Durante la caracterización de los desechos sólidos, se recolectan muestras representativas de los residuos sólidos en diferentes puntos de generación, como hogares, comercios, instituciones y áreas industriales. Luego, estas muestras son analizadas en un laboratorio para determinar su composición, densidad, humedad, pH, contenido de materia orgánica, contenido de nutrientes, contenido de metales pesados y otros parámetros.

La caracterización de los desechos sólidos puede ayudar a identificar las oportunidades para reducir la cantidad de residuos que van a los vertederos, maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar el impacto ambiental y económico de la gestión de residuos. Por ejemplo, si la caracterización de los desechos muestra que una gran cantidad de materia orgánica está siendo enviada a los vertederos, esto podría sugerir la implementación de un programa de compostaje para recuperar los nutrientes y producir fertilizante orgánico en lugar de enviar estos materiales a un vertedero.

2.3.1. Características Físicas

Las características físicas de los desechos sólidos se refieren a las propiedades físicas que pueden ser medidas u observadas sin alterar la naturaleza química o biológica de los residuos.

A continuación, se describen algunas de las características físicas comunes de los desechos sólidos:

1. **Densidad:** Se refiere a la masa de los residuos por unidad de volumen. La densidad de los desechos sólidos puede variar según el tipo de material y el grado de compactación.
2. **Humedad:** Se refiere a la cantidad de agua presente en los residuos sólidos. Los residuos orgánicos suelen tener una mayor humedad que los residuos inorgánicos.
3. **Tamaño y forma:** Los residuos sólidos pueden tener diferentes tamaños y formas, desde pequeñas partículas hasta grandes objetos. La forma y el tamaño pueden influir en la facilidad de manejo y transporte de los residuos.
4. **Color:** Los residuos sólidos pueden tener diferentes colores según el tipo de material y su estado de degradación.
5. **Composición:** Se refiere a los diferentes tipos de materiales que se encuentran en los residuos sólidos, como restos de alimentos, papel, cartón, plásticos, vidrio, metales y otros materiales.
6. **Estado físico:** Los residuos sólidos pueden estar en diferentes estados físicos, como sólidos, líquidos o semisólidos. Los residuos líquidos o semisólidos requieren un manejo especializado para su tratamiento y disposición adecuados.

La comprensión de las características físicas de los desechos sólidos es importante para diseñar e implementar programas de gestión de residuos sólidos adecuados y efectivos, y para evaluar el impacto ambiental y económico de estos programas.

2.3.2 Características químicas

Las características químicas de los desechos sólidos se refieren a las propiedades químicas que pueden ser medidas o evaluadas en los residuos sólidos. A continuación, se describen algunas de las características químicas comunes de los desechos sólidos:

1. pH: El pH se refiere al grado de acidez o alcalinidad de los residuos sólidos. Los residuos orgánicos suelen tener un pH más bajo que los residuos inorgánicos.
2. Contenido de materia orgánica: Los residuos sólidos pueden contener diferentes cantidades de materia orgánica, como restos de alimentos, papel, cartón y otros materiales biodegradables.
3. Contenido de nutrientes: Los residuos orgánicos pueden contener nutrientes importantes como nitrógeno, fósforo y potasio, que pueden ser recuperados y utilizados como fertilizantes si se tratan adecuadamente.
4. Contenido de metales pesados: Los residuos sólidos pueden contener metales pesados como el plomo, el mercurio y el cadmio, que son tóxicos para los humanos y los ecosistemas.
5. Contenido de compuestos orgánicos persistentes: Los residuos sólidos pueden contener compuestos orgánicos persistentes (COP), que son sustancias químicas sintéticas que pueden persistir en el medio ambiente durante décadas y causar efectos tóxicos en los organismos vivos.

La comprensión de las características químicas de los desechos sólidos es importante para diseñar e implementar programas de gestión de residuos sólidos adecuados y efectivos, y para evaluar el impacto ambiental y económico de estos programas.

2.3.3 Características biológicas

La fracción orgánica de la mayoría de los residuos sólidos se clasifican así: constituyentes salubres en agua, hemicelulosa, celulosa, grasas, aceites y ceras y proteínas.

Algunas de las fracciones que componen los residuos sólidos urbanos son de naturaleza inerte. Las fracciones orgánicas son las que están sometidas a procesos biológicos. La biodegradabilidad de estas origina la producción natural de biogases y de productos prácticamente inertes que se integran en el medio natural.

La biodegradabilidad de los productos orgánicos, componentes del ecosistema, están sometidos a la acción de otros organismos que producen en ellos transformaciones fundamentales de su naturaleza. Según estas transformaciones ocurran en presencia o en ausencia de distintos microorganismos, los productos serán diferentes, con una dinámica de tiempo, olores y otros parámetros muy variados.

Las transformaciones biológicas precisan de unas determinadas condiciones y materia orgánica con los suficientes nutrientes para que se desarrollen las bacterias y los microorganismos. Las fracciones más biodegradables son los restos de comida y de jardinería, y los menos biodegradables son el papel y el cartón. Los procesos de transformación biológica van acompañados de la producción de biogás y de las reacciones secundarias que pueden producir sulfuros metálicos y otros compuestos que, con el paso del tiempo, son foco de los olores característicos de la fermentación de los residuos sólidos urbanos.

2.3.4 Biodegradabilidad de los componentes de residuos orgánicos

La biodegradabilidad es la capacidad que tienen las sustancias y los materiales orgánicos de descomponerse en sustancias más sencillas debido a la actividad enzimática de microorganismos. Cuando se completa el proceso biológico, se obtiene la transformación total de las sustancias orgánicas iniciales en moléculas inorgánicas simples como agua, dióxido de carbono y metano.

El fenómeno de la biodegradación forma parte del ciclo natural de la vida en la tierra, basado en el carbono. Gracias a la actividad de fotosíntesis de plantas y algas, y a la inagotable energía solar, el dióxido de carbono de la atmósfera se absorbe para sintetizar los azúcares y las demás sustancias utilizadas por los vegetales para crecer y desarrollarse. A través de la cadena alimentaria, el flujo de materia y de energía pasa de las plantas a los herbívoros y de estos a los carnívoros. Cuando los organismos vegetales y animales mueren, los microorganismos -presentes siempre en el medio ambiente- se nutren del material orgánico mediante procesos de biodegradación que liberan agua y dióxido de carbono a la atmósfera, cerrándose así el ciclo.

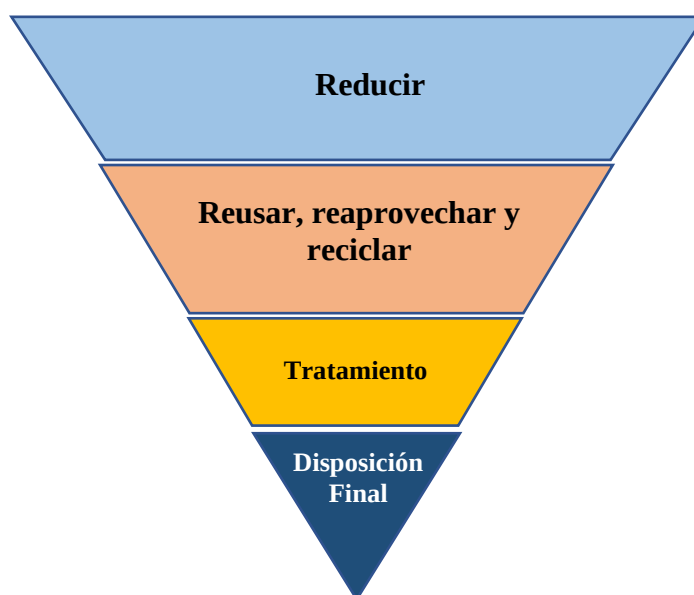
2.4 Métodos para la evacuación final de desechos sólido

La disposición final es la última etapa en el manejo de RSU y comprende al conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los residuos sólidos urbanos, producto de las fracciones de rechazo inevitables resultantes de los métodos de valorización adoptados.

La solución de relleno sanitario para la disposición final de RSU tiene en cuenta principios de ingeniería sanitaria para la adecuada disposición final de residuos a fin de evitar riesgos a la salud pública y el ambiente. Los rellenos sanitarios difieren mucho del simple enterramiento de los residuos y sus actuales características reducen significativamente el riesgo de impactos adversos al

ambiente. Mediante esta tecnología los residuos quedan encapsulados entre los materiales de la cubierta superior y un sistema de membranas, lo que permite implementar sistemas de recolección y control de las emisiones líquidas y gaseosas.

Ilustración 2 - Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos



2.4.1 Sistema de manejo integrado de desechos sólidos

La gestión integral es un sistema de manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) que, basado en el desarrollo sostenible, tiene como objetivo primordial la reducción de los residuos enviados a disposición final. Es así como la preservación de la salud humana y la mejora de la calidad de vida de la población para esta investigación realizada en el municipio de San Juan Opico será de mucha relevancia, así también el cuidado del ambiente y la conservación de los recursos naturales que posee la municipalidad.

Generación

El concepto refiere a la generación de residuos como consecuencia directa de cualquier tipo de actividad desarrollada por el hombre, provenientes de diverso origen: residencial, comercial, industrial, etc. Se vincula a las prácticas de consumo cotidiano.

La reducción en origen está comprendida en el concepto de Producción Limpia y Consumo Sustentable, el cual requiere de una significativa transformación de los modelos de producción y consumo para lograr la utilización sostenible de los recursos y prevenir la contaminación generada por los procesos de producción de los bienes, por su uso, consumo y disposición final o la prestación de servicios.

Almacenamiento

Este concepto se basa en la reelección y colocación de los desechos sólidos en un lugar específico para ser recolectado por el tren de aseo municipal.

Recolección y transporte

La recolección es la actividad consistente en recoger los residuos dispuestos en los sitios indicados y su carga en los vehículos recolectores. La recolección se diferencia de la siguiente manera:

- General: sin discriminar los distintos tipos de residuos.
- Diferenciada: discriminando por tipo de residuo en función de su posterior tratamiento y valoración.
- El transporte comprende el traslado de los residuos entre los diferentes sitios comprendidos en la gestión integral.

Tratamiento

Las plantas de tratamiento son instalaciones a las cuales llegan los residuos provenientes de la recolección, sea esta diferenciada o no, para su clasificación y envasado según el tipo de material, para su posterior venta e ingreso a nuevos procesos productivos.

Disposición final

La disposición final es la última etapa en el manejo de RSU y comprende al conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los residuos sólidos urbanos, producto de las fracciones de rechazo inevitables resultantes de los métodos de valorización adoptados.

Ilustración 3 - plan de manejo de residuos sólidos



Fuente: <https://ecoduo.org/plan-de-manejo-de-residuos-solidos/>

2.4.2 Métodos de tratamientos de 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.

Los principales métodos de tratamiento de basuras son: incineración, compactación o compostaje, recuperación; tienen como propósito reducir el volumen de los desechos. Sin embargo, se requiere de un relleno sanitario para disponer los residuos que se producen.

Incineración

Con este método se logra una reducción de volumen, dejando un material inerte, alrededor del 10 por ciento de la inicial, y emitiendo gases durante la combustión. La reducción es obtenida en hornos especiales en los que se puede garantizar aire de combustión, turbulencia, tiempos de retención y temperaturas adecuadas.

Compostificación

Es el sistema en el cual los componentes orgánicos de los desechos son degradables biológicamente. El producto es parecido al humus y es un excelente acondicionador de suelo, pero un fertilizante pobre. Inicialmente, las bacterias psicrófilos y mesofílicas descomponen aún más los desechos. Esto genera más calor hasta que la temperatura y los nutrientes limitan el crecimiento de las bacterias termófilas. Luego la temperatura empieza a descender y las bacterias mesofílicas vuelven a atacar, hasta completar la descomposición. La destrucción de los organismos patógenos se logra manteniendo la temperatura entre 60° y 70° durante 24 horas.

Lombricomposta

Es un sistema de descomposición por medio de lombrices ya que debido a su composición natural contribuyen a liberar los elementos esenciales y ponerlos a disposición de nuevo para las plantas.

La influencia de esta importante población de lombrices puede resumirse en las tres funciones que desempeña:

Uso constructivo y transformación

Es la transformación de desechos en diferentes productos (recuperación de tierras por relleno sanitario, conversión de abono orgánico producido por la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos, recuperación de calor proveniente de la incineración de las basuras.

2.4.3 Disposición final de los desechos sólidos

Los principales métodos de adquisición final de desechos sólidos son:

1. Relleno sanitario
2. Vertido a corriente de agua o al mar
3. Vertedero a cielo abierto
4. Quema al aire libre
5. Alimentación de animales

El relleno sanitario es el único admisible, de los métodos antes mencionados, ya que no representa mayores molestas ni peligros a la salud pública; por esto, será el único que se definirá, pues cumple con los requerimientos del método científico.

Definición de relleno sanitario

Técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia, ni peligro para la salud y seguridad pública, tampoco perjudica el ambiente durante su operación, ni después de terminado del mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola diariamente con capas de material impermeable (preferiblemente) que puede ser tierra (material de cobertura) y compactándola para reducir su volumen.

2.5 Sistema de gestión integral

Un sistema de gestión integrado es un sistema único diseñado para gestionar múltiples aspectos de las operaciones de una organización en consonancia con múltiples normas, como las relativas a la gestión de la calidad, el medioambiente y la salud y la seguridad laboral.

La mayoría de las empresas ya cuentan con sistemas - tanto formales como informales - para tratar estos temas; Sin embargo, lo que muchos responsables desconocen es el grado en el que están duplicando los procesos o la creación de trabajo extra innecesario para su personal. Por si no lo sabía, la seguridad, la gestión medioambiental y el control de la calidad tienen muchos puntos en común, y todos trabajan hacia el objetivo final de hacer su organización más eficaz y eficiente. En la práctica, un sistema integrado de gestión implica la fusión de los sistemas formales existentes y la aplicación de mejores prácticas específicas en toda la organización.

¿Cómo funciona?

Esta herramienta permite a la empresa establecer la metodología y procesos a seguir en el día a día de su actividad. Los Sistemas de Gestión se suelen Implantar en una empresa en base a los requisitos de una norma, como por ejemplo ISO 9001 de gestión de calidad, y disponer de dicho

Sistema será garantía de que los procesos que se siguen en la empresa cumplen con los estándares marcados por dicha norma, la vez gestiona distintas disciplinas como pueden ser calidad, medio ambiente, seguridad y está diseñado en base a varias normas, dos, tres o incluso más. Por ejemplo, un sistema integrado de gestión en calidad y medio ambiente es aquel que cumple tanto con los requisitos establecidos por la norma ISO 9001 como los de la norma ISO 14001, y que se integran en un mismo Sistema de Gestión. Los fines que tienen estos sistemas de gestión están relacionados con mejorar el rendimiento, reducir los gastos y conseguir que la empresa funcione de una manera más equilibrada.

Dentro de las etapas de la gestión integral de residuos sólidos tenemos:

- Diagnóstico.
- Separación en la fuente.
- Recolección.
- Comercialización.
- Disposición final.
- Sitios de disposición final.

2.5.1 Componentes del sistema de gestión para el tratamiento de desechos sólidos

La palabra proceso proviene del latín processus que significa avance y progreso. Un proceso es el conjunto de actividades de trabajo interrelacionadas que se caracterizan por requerir ciertos insumos y tareas particulares que implican valor añadido, con miras a obtener ciertos resultados. Otra definición es la gestión de todas las actividades de la empresa que generan un valor añadido; o bien, conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados. Proceso no es lo mismo que procedimiento, ya que los procedimientos son conjuntos de reglas e instrucciones que determinara la manera de

proceder o de obrar para conseguir un resultado. Un proceso define que es lo que se hace y un procedimiento, cómo hacerlo.

El proceso de gestión se considera integrado, por regla general, por las funciones de gestión básicas. En el proceso tradicional de gestión se identifican las funciones de: planificar, organizar y controlar que se vinculan entre sí mediante la función del liderar. La planificación determina que resultados han de lograr la organización; la organización especifica cómo se lograrán los resultados planificados y el control comprueba si se han logrado o no los resultados previos.

Para planificar el proceso de planeación debe contar con la participación de todos los administradores y empleados de toda la organización. Lo importante es que todos los jefes planifiquen y que se involucren en el proceso para propiciar la comprensión y el compromiso de los empleados. La planificación permite que la organización identifique y aproveche las oportunidades externas y que minimice las consecuencias de las amenazas externas, también incluye elaborar una misión, pronosticar las tendencias y los hechos futuros, establecer objetivos y elegir las estrategias que se seguirán. La planificación permite que la empresa se adapte a los mercados cambiantes y, por consiguiente, de forma a su propio destino. Se puede decir que la gestión es un proceso formal de planificar que permite a la organización seguir estrategias proactivas en lugar de reactivas.

La Organización es el proceso mediante el cual se estructuran los recursos humanos y físicos con el fin de alcanzar los objetivos que se han marcado. Así pues, organizar implica dividir las tareas en actividades de trabajo, delegar la autoridad y decidir el número óptimo de puestos de trabajo que cada departamento deberá englobar. La función de organizar engloba las tareas identificadas en el proceso de planificación y las asigna a determinados individuos y grupos dentro

de la empresa, de manera que puedan lograrse los objetivos establecidos en la planificación. Organizar significa, por tanto, la conversión de los planes en acción.

Dirigir la función de dirigir, llamada algunas veces función de motivación supone influir en los miembros de la organización para que actúen de tal modo que puedan lograrse los objetivos establecidos. La función de liderazgo centra directamente su atención en los empleados de la organización, ya que su propósito principal es canalizar la conducta humana hacia objetivos de la organización.

Controlar el encargado de la gestión, finalmente debe asegurarse de que el rendimiento actual de la organización se ajuste a lo planificado. La función de controlar requiere tres elementos Normas definidas de rendimiento: Información que señale las desviaciones entre el rendimiento real y las normas definidas Acción de corrección del rendimiento que no se ajuste a las normas. La finalidad del control de la gestión es asegurar que la organización permanezca en la senda de los objetivos que planea seguir.

2.6 Gestión de desechos sólidos

La logística en el manejo de recursos para la recolección de desechos sólidos de la Municipalidad de San Juan Opico, se basa en agrupar las actividades que ordenan los flujos de materiales; planificación de rutas de recolección de desechos sólidos , coordinando los recursos utilizados, como los equipos de recolección, recursos humanos y por ultimo demanda requerida; en la cantidad de desechos sólidos a recolectar para asegurar un nivel determinado de servicio al menor costo posible llamándose así logística de recolección.

Una de las principales actividades de la logística de recolección de desechos sólidos es la aplicación de los diferentes tipos de procesos de planificación de las rutas a través de métodos que permitan el mejoramiento de la recolección de los desechos sólidos domiciliar, con el modelo de gestión integral de recolección de desechos sólidos domiciliar.

Esto consiste en términos generales, en transportarlos desde la fuente generadora hasta el vehículo recolector y luego trasladarlos hasta el sitio de disposición final o la estación de transferencia, tomando en cuenta la optimización de los recursos para llevar a cabo dicha actividad.

2.7 Modelo de gestión (Modelo de gestión de calidad, por procesos, ambiental y por objetivos)

Entre las variables más comunes a considerar en la logística de recolección de desechos sólidos tenemos las siguientes:

1. Vehículos recolectores de basura para el municipio.
2. Estaciones y camiones de transferencia para mejorar el nivel del servicio y disminuir el costo de recolección y transporte.
3. Vehículos recolectores del lodo séptico y sistemas especiales de tratamiento y eliminación.
4. Equipo de taller e instalaciones para un mejor mantenimiento y reparación de las zonas afectadas en el municipio.
5. Tapado de los basureros abiertos no sanitarios.
6. Eliminación de basura en un botadero sanitario.
7. Presupuesto asignado al servicio de recolección.

8. Prueba piloto para métodos alternativos de recolección de la basura en zonas marginales con residentes de bajos ingresos y condiciones de difícil acceso.
9. Asistencia técnica en la planificación de rutas y métodos de recolección.
10. Asistencia técnica en el diseño y operación de los sistemas de eliminación.
11. Fortalecimiento institucional y financiero de los organismos autorizados para brindar servicios municipales de manejo de desechos sólidos

Almacenamiento por procesos

El almacenamiento de los desechos sólidos debe considerar los siguientes aspectos:

1. Almacenamientos sanitarios: los almacenamientos deben ser sanitarios para no permitir la proliferación de vectores dañinos a la salud humana.
2. De bienestar: deben ser diseñados con un fin de comodidad de traslado y estética.

El almacenamiento de los desechos sólidos puede ser realizado en recipientes normalizados, tambos o barriles, plásticas y contenedores. La elección de este depende de las características de los residuos, los cuales pueden ser: cantidad, localización del domicilio, y la frecuencia de recolección. En ciertas ocasiones puede existir una combinación de estos recipientes, como, por ejemplo: bolsas plásticas con contenedores.

En el caso de los establecimientos comerciales con elevada generación de desechos sólidos, como: empresas, hospitales, edificios de apartamento, barrido de calles y colonias con accesos usualmente utilizan contenedores metálicos. Los centros urbanos que generan menos el tipo de almacenamiento de estos son las bolsas plásticas, guacales, cestos y cajas.

2.8 Aspectos administrativos del municipio

Aspectos legales.

Aspectos legales (Legislación ambiental nacional, constitución, ley de medio ambiente, Reglamento de desechos sólidos, problemática actual de desechos sólidos).

La gestión de los desechos sólidos en El Salvador es una responsabilidad compartida entre las autoridades nacionales y locales. Las autoridades nacionales tienen como principal responsabilidad facilitar y estandarizar la gestión de los desechos sólidos. Mientras que los actores locales tienen como responsabilidad la operación del sistema de manejo de desechos sólidos.

La legislación aplicable de El Salvador para el manejo de los desechos sólidos es la siguiente:

Constitución de la República de El Salvador

En los artículos 65 y 117 establece la responsabilidad del estado en cuanto a la preservación del medio ambiente y la salud de los ciudadanos.

Ley del Medio Ambiente

En el artículo 52 se establece la formulación y aprobación de un programa nacional para el manejo Integral de los desechos sólidos, y establece que las actividades, obras y proyectos tales como sistemas de tratamiento, confinamiento y eliminación, instalaciones de almacenamiento y disposición final de residuos sólidos y desechos peligrosos deben someterse a la evaluación ambiental para obtener su permiso ambiental de ubicación y operación.

Código de salud

En el artículo 56 literal C se establece la obligación de desarrollar programas para la eliminación de basura y otros desechos. Los artículos 74 al 78 establecen al Ministerio de Salud Pública como autoridad responsable de la ubicación de botaderos públicos de basura. En el artículo 76 establece la obligación a los propietarios, poseedores de predios baldíos y de sitios abiertos de cerrarlos para evitar que se conviertan en basureros públicos.

Código Municipal

En el artículo 3 se establece la autonomía del municipio en cuanto al decreto de ordenanzas y reglamentos locales y en cuanto a la elaboración de sus tarifas de impuestos y reformas a las mismas para proponerlas como ley a la Asamblea Legislativa. En el artículo 4 numeral 5 establece la promoción y desarrollo de programas de salud como saneamiento ambiental.

En el artículo 4 numeral 19 se establece la prestación del servicio de aseo, barrido de las calles, recolección y disposición final de basura. Los artículos 6,7 y 18 describen el poder del municipio de ejecutar ellos mismos o por medio de empresas privadas los servicios de aseo público.

Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos.

En el artículo 1 se establece la regulación del manejo de los desechos sólidos de origen domiciliar, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos 44 sanitarios que no sean peligrosos. En el artículo 2 se establece la ampliación de las disposiciones del reglamento en todo el territorio nacional y serán de observancia general y de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica. En el resto de los artículos se desarrollan las disposiciones para el manejo integral de cada una de las etapas del proceso.

Gestión 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 residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas.

Dentro de su ámbito, la gestión de desechos sólidos incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los desechos sólidos. Las soluciones pueden implicar relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones, la conservación, así como, la ingeniería y la ciencia de los materiales.

Los problemas asociados a la gestión de desechos sólidos en la sociedad actual son complejos (por ejemplo, cantidad y naturaleza diversa de los residuos, 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 residuos sólidos ha de realizarse de una forma eficaz y ordenada, las relaciones y los aspectos fundamentales implicados debiesen ser identificados y ajustados para la uniformidad de los datos, y a su vez, ser comprendidos de forma clara.

CAPÍTULO III - Metodología de investigación

3.1 Marco metodológico de investigación.

El tipo de investigación realizada fue básica descriptiva con un enfoque en los procesos administrativo, los cuales tendrá una propuesta y un método de integración documental e investigativa para evaluar el comportamiento del proceso de producción las cuales permitieron identificar las áreas de oportunidad para ser mejoradas y optimizadas. Por lo tanto, se utilizaron los siguientes métodos de recolección de datos:

- Revisión documental
- Visitas técnicas
- Entrevista al personal.
- Encuesta.
- Listas de chequeo.

3.1.1 Análisis de información.

El uso de diferentes herramientas de la carrera de ingeniería industrial será de ayuda para realizar un planteamiento y desarrollar propuestas de mejoras en el lugar de la investigación, dichas herramientas se presentan en este capítulo.

Es de considerar que las actividades a ser investigadas se tomarían como entradas, procesos y salidas con el objetivo que contribuyan a lograr proponer soluciones para el proyecto, por lo tanto, se deben tomar en cuenta los siguientes servicios:

El servicio de recolección es brindado directamente por la municipalidad: esto significa que los materiales y equipo son propiedad de la municipalidad y el recurso humano y costos son pagados por la alcaldía.

El servicio de recolección es a través de un particular: generalmente por subcontrato donde son 6 camiones se firman un contrato para brindar el servicio que tiene duración de seis meses.

El servicio de recolección es compartido: esto quiere decir que se utilizan los camiones de la municipalidad y la tripulación de aseo que son los empleados municipales. Generalmente el dueño del transporte incluye al motorista y 3 personas más para trabajar con la cuadrilla municipal.

El servicio de recolección es mixto: la existencia de cuadrillas con equipo y recursos de la municipalidad y cuadrillas dadas por subcontrato. Esta modalidad se da principalmente en el municipio y unos cantones donde la demanda del servicio es más exigente y optan por conseguir los recursos en el mercado.

El servicio de recolección es mixto y compartido: parecida a la anterior, con la diferencia que el subcontrato contratado utiliza la cuadrilla municipal. Esto sucede en los lugares medianamente grandes que tienen los vehículos de recolección en mal estado y rentan el transporte para brindar el servicio.

Acuerdos intermunicipales: la existencia de acuerdos entre alcaldías donde el equipo de aseo público hace la recolección en la alcaldía vecina sin hacer ningún cobro. Para la contratación de servicios particulares de recolección y transporte, ésta no se hace a nivel formal, únicamente las municipalidades del área Metropolitana de San Salvador y de San Miguel realizan un contrato entre ambas partes; las otras municipalidades es un trato verbal entre el privado y algún miembro de la alcaldía, generalmente el alcalde municipal.

3.1.2 Variables y mediciones para la investigación

Las variables para presentar fueron de ayuda para identificar en esta investigación aquellos conceptos que ayudaron en profundizar los hallazgos para esta investigación.

3.1.3 Matriz de definición de las variables

Definición de variables

Tabla 1 - Matriz de variables de la investigación

Variable General	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Registros
Plan de manejo	Es un conjunto de objetivos y actividades, que son definidos por el municipio de San Juan Opico, en el tema de manejo de los desechos sólidos domiciliarios, el cual apoya en la legislación ambiental actual y la política de Gestión Integral de Residuos Sólidos, el cual requiere de su ejecución un diagnóstico estructurado y un plan estratégico y operativo con base de proyecciones de tipo financiero que permita garantizar posibles mejoras en el manejo y la sostenibilidad del proyecto.	Se refiere al conjunto de componentes que permiten la ejecución de las líneas de acción para utilizar para el logro de la investigación.	• Objetivos • Líneas • Actividades • Planeación • estratégica • Diagnostico • Integración de alternativas y presupuesto • Cronograma	Documento que integre los diferentes componentes del Plan.

Variable Específicas	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Registros
Diseño del Plan	Este proceso busca integrar de manera lógica los elementos que integran el manejo eficiente y eficaz de los desechos sólidos domiciliarios.	Conjunto de pasos a ser aplicados en el manejo de los residuos sólidos domiciliarios.	• Objetivos • Diagnostico • Estratégicas • Actividades	• Revisión documental • Documento conteniendo el modelo
Evaluación del plan	Este proceso tiene la finalidad de determinar el grado de la claridad factibilidad y coherencia según la realidad del municipio investigado, estructurado para el diseño del plan propuesto, considerando las necesidades y expectativas del municipio a ser investigados para el proyecto. Teniendo que adoptar medidas correctivas que garanticen el cumplimiento de las metas planteadas.	Etapas que valoran el cumplimiento de las diferentes fases del plan considerado como en base los indicadores establecidos.	• Objetivos • Diagnostico • Estrategias • Actividades	• Talleres para el manejo del modelo. • Documento final de aplicación

Indicadores y la medición

Variables	Indicadores	Variables de indicadores
Evaluación del Modelo de Plan	Diagnóstico	• Generalidades del municipio • Etapas del proceso (Generación, recolección, tratamiento y disposición final)
	Enfoque del Plan	• Equidad social • Participación ciudadana • Derechos humanos • Sustentabilidad
	Principios del Plan	• Calidad • Accesibilidad • Eficiencia • Participación • Solidaridad • Transparencia
	Plan estratégico	• Objetivos • Metas • Indicadores • Programas • Proyectos
	Plan operativo	• Actividades • Recursos • Tiempo • Responsable

3.2 Tipos de investigación.

Para el caso de los requerimientos de la investigación fueron considerados emplear un enfoque tanto cuantitativo como cualitativo para apoyar a la investigación, es así como para buscar y encontrar una explicación causal de la realidad social a partir de supuestos teóricos en torno al tema de la recolección de los desechos sólidos en el municipio investigado. De igual manera al manejar los datos en base al uso de las técnicas estadísticas permitieron identificar la situación actual en que se encuentra el municipio concierne al tema de la recolección de los desechos sólidos.

La propuesta presentada en este documento utiliza los datos obtenidos y relacionados a indicadores que permiten una evaluar de la actual situación que se tiene los desechos sólidos domiciliarios en el ministerio, luego se aplicaría técnicas cualitativas entre las que se tienen la lluvia de ideas, análisis FODA, lista de cotejo y entrevista dirigida, como elementos de apoyo para fundamentar y diseñar la propuesta presentada.

3.2.1 Instrumentos de medición

Los instrumentos utilizados para investigar este proyecto tomaron en cuenta un diseño que permitió obtener la información y utilizarla para ser documentada logrando así formar una base de la información la cual se agregó a la bibliografía y adicional a esto se evaluó para ser registrada de forma estructurada e identificada en los procesos que abarca el manejo de desechos sólidos domiciliarios.

3.2.2 Procesamiento y análisis de la información

La información obtenida por medio de las fuentes primarias y secundarias fueron procesadas siendo el caso que la información secundaria obtenida de la elaboraron de tablas y gráficas que permitieron establecer la situación actual de los desechos sólidos según la municipalidad.

Para el caso de la información primaria las reuniones y entrevista realizadas en la municipalidad y la alcaldía, permitieron elaborar el FODA, la matriz de incidencia y dependencia, el diagnóstico de la municipalidad en el cual incluye: una descripción breve sobre el comportamiento de las variables sociales y el establecimiento según el tema de los desechos sólidos. Es así como por medio de la información descrita anteriormente que se formuló la propuesta del plan y la correspondiente guía de trabajo.

3.2.3 Materiales impresos

Los materiales impresos utilizados como parte de la investigación apoyaron la dinámica cultural que posee los Salvadoreños en temas de desechos sólidos domiciliarios, tal es el caso de los instructivos o guías proporcionadas en los centros de salud de todo el país, permiten ilustra a la población sobre la gestión de los desechos, es este el caso de la “Guía para la gestión de los desechos sólidos con disposición final en celdas de seguridad” utilizado desde el 2007 y en donde aparece información relacionada a aspectos de cumplimiento de normas.

En el campo del internet se logró identificar diferentes páginas electrónicas que permitieron obtener datos e información que ayudo a la investigación de este proyecto las principales paginas utilizadas fueron:

- <https://www.ambiente.gob.sv/> (Página oficial del ministerio de medio ambiente)
- <https://esf-cat.org/> (Pagina Enginyeria Sense Fronteres)
- <https://mides.com.sv> (Página oficial Manejo Integral de Desechos Sólidos (MIDES))
- <https://opamss.org.sv/coamss/> (Página oficial de Consejo de alcaldes del Área Metropolitana de San Salvador – COAMSS)
- <https://cidoc.ambiente.gob.sv/documentos/programa-nacional-para-el-manejo-integral-de-los-desechos-solidos-plan-para-el-mejoramiento-del-manejo-de-desechos-solidos-en-el-salvador/> (Centro de información y documentación del MARN)
- Páginas Web de Alcaldía de San Juan Opico.
- Página Web del portal de transparencia de El Salvador.
- Página Web del Banco central de reserva de El Salvador.
- Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador (OPAMSS).
- Manejo Integral de Desechos Sólidos (MIDES).
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).
- Estudio de Sistematización de Experiencias en el manejo de los desechos sólidos de SACDEL.
- Ley del Medio Ambiente.
- Dirección General de Estadística y Censos.
- Código Municipal de El Salvador Trabajo Infantil en los Basureros: Una evaluación rápida. Marzo 2002, Ing. Leyla Zelaya.
- Página web de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Página Web de la Corte Suprema de Justicia Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe del CEPIS programa de gestión urbana, oficina regional para América latina y el Caribe.

3.2.4 Representaciones gráficas de la información

A continuación, se presenta las gráficas recopiladas para esta investigación donde demuestra el volumen de desechos sólidos que entrega el municipio y su comparación con otros.

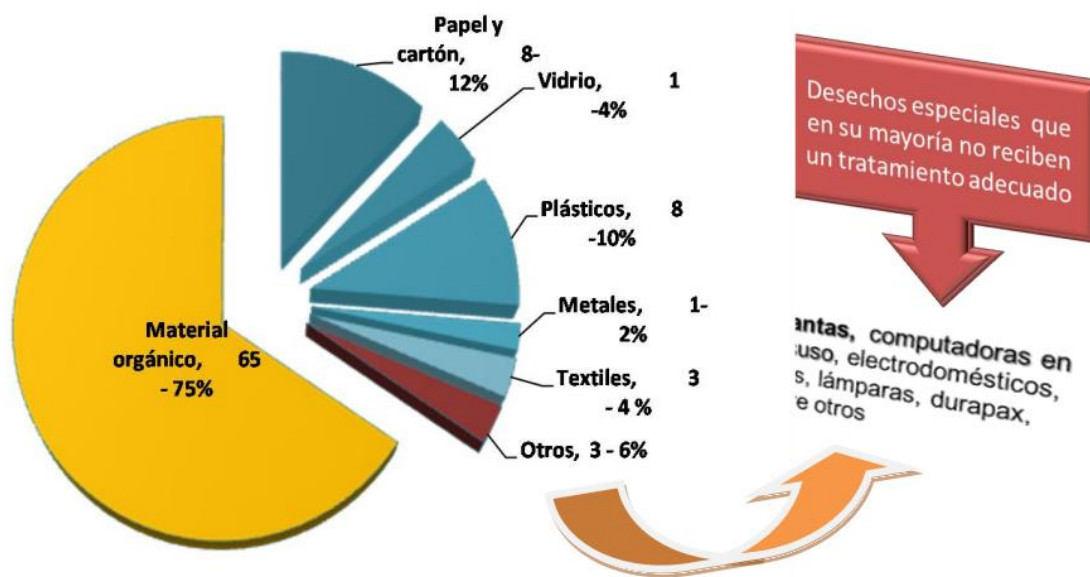
Ilustración 4 - generación nacional de desechos sólidos

En el Gráfico No. 1 se detalla la generación nacional de desechos sólidos por departamento y los municipios mayores generadores de desechos sólidos.



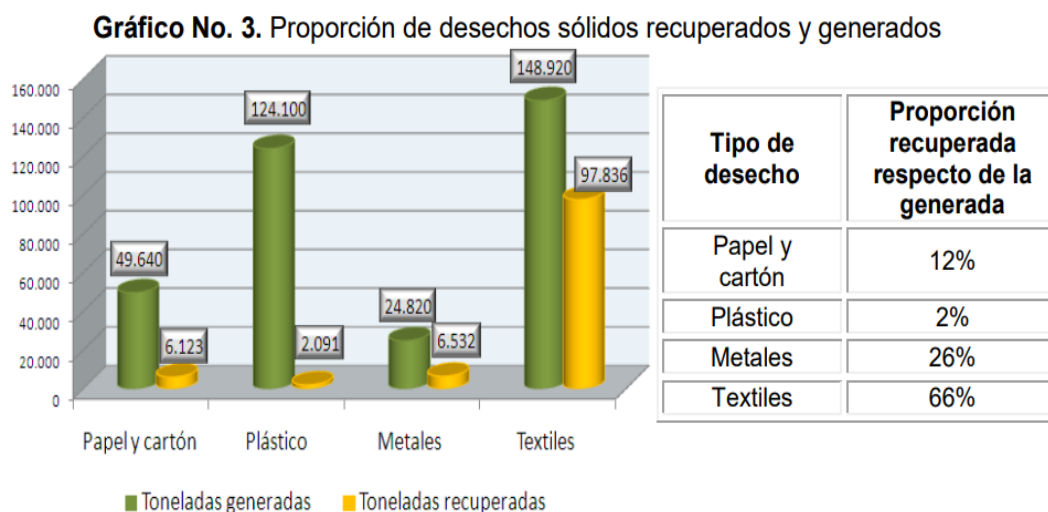
En esta grafica se puede demostrar que actualmente uno de los grandes problemas que posee el municipio de San Juan Opico en efecto es el incremento de desechos sólidos, como se puede observar el departamento de la Libertad es uno de los primeros cuatro con mayor volumen de desechos que se obtienen en El Salvador

Ilustración 5 - tratamiento desechos sólidos



En esta grafica se representa el tipo de desechos que es presentado en los municipios siendo los desechos orgánicos los que más se destacan en estos promontorios.

Ilustración 6 - proporción de desechos sólidos recuperados



En el análisis de esta otra grafica plantea que el 66% los desechos son textiles por lo que hay posibilidad de utilizar esta información para definir un tratamiento específico para este tipo de desecho.

Esta información tiene la fuente: [Lineamientos para impulsar la separación desde el origen y aprovechamiento de los desechos sólidos a nivel municipal. MARN, 2012](#)

3.2.5 Evidencias de la situación actual en el municipio de San Juan Opico

Ilustración 7 - Manera de recolección de desechos sólidos.



Por parte de la alcaldía hay personal que es requerido para realizar limpieza en el municipio tenido una jornada con mucho trabajo en la actualidad.

Ilustración 8 - Recopilación de desechos en zonas verdes



Como se puede observar los montos de basura son visibles en la municipalidad de San Juan Opico siendo un tema cultura y falta de prevención por parte de esta.

Ilustración 9 - Manera de recolección de desechos sólidos



Los montos de desechos son altos como se puede observar en la siguiente fotografía dando a demostrar que es mucha la que se encuentra hoy en día en el municipio.

Ilustración 10 - Montos de desechos solidos



Lo que se puede ver en esta foto que hay diferentes tipos de desechos de tipo plástico, vidrio, cartón, etc.

3.3 Observación directa de la recolección de desechos sólidos en el Municipio de San Juan

Opico

Un método que permite captar información para esta investigación utilizada para observar de forma directa un método que permite recolectar datos que básicamente son obtenidos al observar alguna situación o proceso que permita identificar la situación del lugar.

Para esta parte se utilizó un formato similar al siguiente formato de captura de información y se tabulo por medio de Excel, para presentar los datos más adelante.

Ilustración 11 - Formato de Ficha de observación directa

Ficha de observación directa				
N°	1	Proceso de investigación		
Equipo:	1	Problema principal		
Fecha:	24/7/2024	Entrevista 01		
Hora:	1:30PM			
Lugar:	Municipio San Juan Opico			
Preguntas planteadas		Si	No	En ocasiones
1	Tira los residuos en cualquier lugar			
2	Coloca los residuos en un lugar			
3	Colabora a que los habitantes de municipio utilicen los contenedores de manera correcta			
4	Ayuda que las zonas se muestren limpias			
5	Tiene los habitantes conocimientos de reciclado			
Circunstancias que caracterizaron las entrevistas:				
Se realizo entrevistas a diferentes habitantes del municipio de San Juan Opico				

3.3.1 Objetivos de la Observación

Se debe de analizar el sistema de recolección de desechos sólidos en el municipio de San Juan Opico, evaluando la eficiencia, la frecuencia, los métodos de recolección y otros aspectos relevantes para comprender el estado actual de la gestión de residuos en la localidad.

3.3.2 Diseño y Método de Observación.

La observación se llevó a cabo el día 10 de agosto de 2023. Se realizó una visita en diferentes horarios, incluyendo mañana y tarde, para capturar una variedad de situaciones. Se priorizó la observación en áreas residenciales, comerciales e industriales, y se documentó tanto la recolección formal realizada por el servicio municipal como cualquier actividad informal de recolección que ocurriera en paralelo.

3.3.3 Protocolo de Observación

A continuación, se presenta la información que se utilizó como parte de un protocolo de observación el cual fue creado para esta investigación y con el fin de estructurar los puntos que se considerando para elaborar una investigación los cuales son:

Ubicación y Rutas: Se registraron las zonas visitadas y las rutas seguidas por los camiones de recolección municipales, la visita se centró en el casco urbano que viene siendo el centro del municipio de San Juan Opico, debido a que fue notificado que el acceso a los cantones y algunas colonias aledañas es bastante difícil para los camiones recolectores de la alcaldía y por esto se realiza con camiones subcontratados.

Frecuencia y Horarios: Se anotó la frecuencia de recolección en diferentes áreas y los horarios en que los camiones recolectores pasaban, siendo la frecuencia diaria y los horarios de 6:00 am a 12:00 pm el primer turno o turno matutino y de 1:00 pm a 6:00 pm el segundo turno o turno vespertino.

Métodos de Recolectores: Se describieron los métodos utilizados por los trabajadores de recolección, como el uso de contenedores especiales, camiones compactadores y otros equipos, lo cual viene siendo una recolección normal o tradicional que se basa en lo siguiente:

Mañana: Preparación y Salida de los Camiones Recolectores

Preparación y revisión: En la base de operaciones de recolección, los trabajadores revisan los camiones recolectores para asegurarse de que estén en buenas condiciones y listos para la jornada. Verifican los niveles de combustible, el funcionamiento de los compactadores y otros equipos necesarios.

Reunión informativa: Antes de la salida, el supervisor o líder del equipo de recolección puede llevar a cabo una reunión informativa con los trabajadores. En esta reunión, se repasan las rutas asignadas, las instrucciones especiales o los cambios en la programación.

Salida a las rutas: Los camiones recolectores salen hacia sus rutas asignadas. Cada camión sigue una ruta específica que cubre diferentes áreas de la comunidad, como zonas residenciales, comerciales e industriales.

Durante el Día: Recolección de Desechos

Recogida de contenedores: A medida que los camiones avanzan por las rutas, los trabajadores se detienen en cada punto de recolección designado. Pueden recoger bolsas de basura colocadas en aceras o contenedores de basura proporcionados por el municipio.

Uso de compactadores: Si los camiones recolectores cuentan con sistemas de compactación, los trabajadores utilizan estos dispositivos para reducir el volumen de los desechos y optimizar el espacio dentro del camión.

Clasificación de materiales: En algunas áreas, los trabajadores pueden clasificar los desechos según su tipo (orgánicos, plásticos, papel, vidrio, etc.) para facilitar el proceso de reciclaje posterior.

Tarde: Finalización y Descarga

Llenado del camión: A medida que el camión recolector se llena con los desechos recogidos, los trabajadores deben tener cuidado de no sobrepasar la capacidad del camión y garantizar que la carga esté asegurada para evitar derrames durante el transporte.

Regreso a la base: Una vez que la recolección en las rutas ha finalizado o que el camión está lleno, el equipo de recolección regresa a la base de operaciones.

Descarga y disposición: En la base, los desechos recogidos se descargan en áreas designadas, como vertederos controlados o instalaciones de tratamiento de residuos. En este punto, los materiales reciclables y reutilizables pueden separarse para su posterior procesamiento.

Calidad de los Desechos: Se evaluó visualmente la separación de residuos por parte de los habitantes y la presencia de desechos voluminosos o peligrosos que en este caso fueron nulos.

Interacciones con la Comunidad: No se observaron interacciones entre los trabajadores de recolección y los residentes, como preguntas sobre la clasificación de desechos y consultas sobre horarios.

Tomando en cuenta los puntos antes mencionados se estimó encuestar a 50 personas de la población del municipio de San Juan Opico, los que se realizó de forma aleatoria y se obtuvieron los siguientes datos.

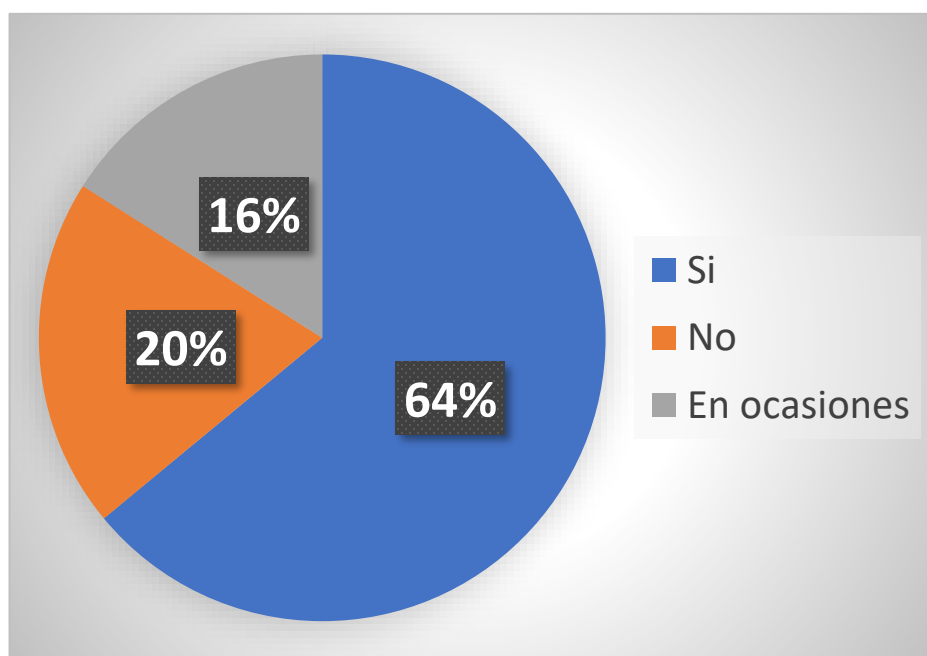
3.3.4 Valores obtenidos por medio de la ficha de observación directa

Tabla 2 - datos obtenidos por la población en materia del uso de la recolección de desechos

Nº	Preguntas planteadas	Si	No	En ocasiones
1	Se registraron las zonas visitadas y las rutas seguidas por los camiones de recolección municipales	32	10	8
2	Frecuencia de recolección en diferentes áreas y los horarios en que los camiones recolectores	22	15	13
3	Son adecuado los métodos utilizados para realizar los trabajadores de recolección	20	19	11
4	Se verifican los niveles de combustible, el funcionamiento de los compactadores y otros equipos necesarios para la recolección	20	11	19
5	El supervisor o líder del equipo de recolección realiza reuniones informativas	14	21	15
6	Los camiones recolectores salen hacia sus rutas asignadas según su programación	25	16	9
7	Los camiones recolectores cuentan con sistemas de compactación de lixiviados	45	5	0
8	Los trabajadores pueden clasificar los desechos	29	14	7

N°	Preguntas planteadas	Si	No	En ocasiones
8	Los trabajadores pueden clasificar los desechos	29	14	7
9	Los trabajadores deben tener cuidado de no sobrepasar la capacidad del camión y garantizar que la carga esté asegurada	40	7	3
10	El camión al estar lleno regresa a la base de operaciones	46	4	0
11	Se descargan en áreas designadas, como vertederos controlados o instalaciones de tratamiento de residuos	47	0	3
12	Se evaluó visualmente la separación de residuos por parte de los habitantes y la presencia de desechos voluminoso	4	43	2
13	No se observaron interacciones entre los trabajadores de recolección y los residentes	45	4	1

De los datos obtenidos se plasma la siguiente gráfica, la cual presenta que la población tiene un favor de la recolección actual de un 64% con respecto a su utilización en el municipio.



3.3.5 Resultados de la Observación

Los resultados de la observación directa revelaron que la recolección de desechos sólidos en el municipio de San Juan Opico opera con un enfoque formalizado por parte del servicio municipal. Se observó que la frecuencia de recolección variaba según las áreas, con mayor frecuencia en las zonas comerciales e industriales. Los camiones recolectores utilizaban métodos eficientes para minimizar la dispersión de residuos durante el proceso de recolección.

Se identificó una necesidad de mayor educación ambiental en la comunidad, ya que se notó una mezcla significativa de desechos reciclables y orgánicos en los contenedores de basura. Además, se observó la participación de recolectores informales, principalmente en las zonas residenciales, lo que sugiere una colaboración mixta en el manejo de residuos en el municipio.

3.3.6 Consideraciones Éticas

La observación se realizó respetando la privacidad de los residentes y los trabajadores involucrados. No se registraron ni fotografiaron personas sin su consentimiento previo.

3.4 Diseño de la investigación.

Para este proyecto se requirió que la investigación sea presentada en un método de investigación cualitativa según las siguientes etapas:

Observación y Análisis de Procesos: Iniciaremos con una fase de observación detallada, documentando los recorridos del proceso en cuestión.

Recolección de Datos de Entradas y Salidas: Posteriormente, procederemos con la recolección exhaustiva de datos relacionados con las operaciones de entrada y salida del proceso.

Análisis y Transformación de Datos: Los datos recopilados serán sometidos a un análisis riguroso, buscando patrones, relaciones y posibles áreas de mejora.

Propuestas de Mejora: Basados en los resultados del análisis, se propondrán soluciones concretas para optimizar el proceso y sus componentes.

Conclusión y Elaboración del Informe Final: Finalmente, se presentarán las conclusiones obtenidas, respaldadas por datos, así como el informe completo que documenta el estudio y las recomendaciones.

Este enfoque metodológico permitirá una comprensión profunda de la dinámica del proceso, facilitando la identificación de oportunidades de mejora y la toma de decisiones informadas.

3.4.1 Observación documental.

Se analizará el procedimiento actual de la administración de la bodega y análisis de los tiempos de respuesta al cliente interno y levantamiento de flujo del trabajo.

Análisis de Documentos Históricos.

En el análisis de documentos históricos relacionados con el manejo de desechos sólidos en el municipio de San Juan Opico, se observa que las primeras menciones a la gestión de residuos datan de la década de 1980. En ese período, los registros gubernamentales señalan intentos iniciales de establecer métodos de recolección y disposición de basura, aunque con limitados recursos y enfoques poco estructurados. Además, los documentos históricos indican que, a lo largo de las décadas siguientes, se han llevado a cabo múltiples esfuerzos para mejorar la situación, pero se han enfrentado desafíos persistentes relacionados con la infraestructura, la participación comunitaria y la falta de regulación efectiva.

Revisión de Literatura

La revisión de literatura sobre modelos de gestión integral para el manejo de desechos sólidos domiciliarios revela una variedad de enfoques y estrategias implementadas en diferentes contextos. Estos modelos a menudo incorporan componentes como la educación ambiental, la separación de residuos en origen, la recolección selectiva, la promoción del reciclaje y la inversión en infraestructura para el tratamiento y la disposición final. Investigaciones previas sugieren que la participación de la comunidad, el compromiso de las autoridades locales y la colaboración entre diferentes actores son factores críticos para el éxito de tales modelos.

En el contexto específico del municipio de San Juan Opico, la literatura es limitada, lo que indica una oportunidad para contribuir al conocimiento existente al desarrollar un modelo de gestión integral adaptado a las características y necesidades locales.

3.5 Universo y muestra.

3.5.1 Universo.

La investigación se llevó a cabo en el municipio de San Juan Opico ubicado en el departamento de La Libertad. Este lugar se encuentra a unos 24 kilómetros al noroeste de San Salvador, tiene una extensión territorial de 43.08 kilómetros cuadrados y una población aproximada de 28,000 habitantes según datos del censo nacional del año 2019, en donde se recopiló información.

3.5.2 Muestras.

Debido a que el universo poblacional del municipio de San Juan Opico es bastante extenso, se pretende utilizar el muestreo por conglomerados donde se sumara el total de habitantes más los trabajadores de la alcaldía, y se evaluaría por medio de la formula finita para seleccionar la muestra a ser evaluada, siendo seleccionada un valor representativo del municipio en términos de densidad de población, nivel socioeconómico, etc. y luego se seleccionan aleatoriamente hogares dentro de cada zona para realizar las encuestas sobre el servicio de recolección de desechos sólidos.

3.6 Producción estimada de desechos sólidos

Según lo reportado por el ministerio de medio ambiente y recursos naturales, presentado en la fecha de 24 de noviembre del 2020⁴, el volumen de desechos sólidos domiciliarios que se obtienen por parte del municipio de San Juan Opico es de 8,888.28 Toneladas en el año, dato que resalta de los desechos que son enviados al rellenos sanitarios Usado por el departamento de la libertad, por lo tanto, se producen un promedio de 740.69 toneladas por mes equivalente a 24 toneladas diarias promedio desechos sólidos para el municipio.

A raíz de la información anterior se presenta una tabla la cual describe una clasificación de desechos sólidos según los datos antes presentados.

⁴ Portal de transparencia EL Salvador (2023), <https://www.transparencia.gob.sv/institutions/marn/documents/403959/download>

Tabla de clasificación de desechos solidos

Tipo de Desecho	Subcategoría	Porcentaje (%)	Descripción	Posible tratamiento
Desechos Orgánicos	Restos de alimentos, limpieza de jardines	58%	Restos procedentes de la preparación de alimentos, jardinería, entre otros.	Compostaje, reciclaje orgánico
Desechos Inorgánicos	Papel y cartón	19%	Periódicos, revistas, cajas de embalaje, publicidad impresa.	Reciclaje
	Plástico	11%	Botellas, frascos, utensilios rotos, empaques de diversos tipos.	Reciclaje, reutilización
	Metales (aluminio)	2%	Latas de aluminio, envases y botes metálicos.	Reciclaje
	Vidrio	2%	Botellas, frascos, y otros recipientes de vidrio.	Reciclaje
	Otros	8%	Electrodomésticos, muebles viejos, residuos de actividades comerciales, desechos de limpieza urbana.	Reutilización, reciclaje, disposición final

3.7 Datos de recolección de desechos en El Salvador

A continuación, se presenta la información general obtenida por la dirección general de saneamiento ambiental de El Salvador, el cual se obtuvo el promedio de desechos obtenidos en los departamentos de El Salvador.

Cono se podrá observar existe un aumento en los desperdicios que se obtiene en el tiempo y de los cuales se puede observar un crecimiento de 30% a 35% en un periodo de un año, por lo tanto, se debe tener claro que al tener un aumento se debe considerar nuevos métodos de recolección o eficientizar los actuales.

Como se puede observar en el siguiente cuadro comparativo del total de toneladas de residuos sólidos depositados en diferentes rellenos sanitarios de El Salvador durante los años 2021, 2022 y 2023. En la tabla se desglosan los datos por relleno sanitario, mostrando tres columnas principales para cada año: el total depositado, el promedio mensual y el promedio diario. Se destacan los rellenos sanitarios de **San Francisco Menéndez, Atiquizaya, Santa Ana, La Libertad**, entre otros. El cuadro permite observar las variaciones en la cantidad de residuos sólidos depositados anualmente, con un incremento progresivo en la mayoría de los sitios en 2023 en comparación con años anteriores.

Estos datos son útiles para el análisis de la gestión de residuos sólidos, permitiendo una evaluación de la capacidad de los rellenos sanitarios y la posible necesidad de mejorar las estrategias de gestión de residuos en el país.

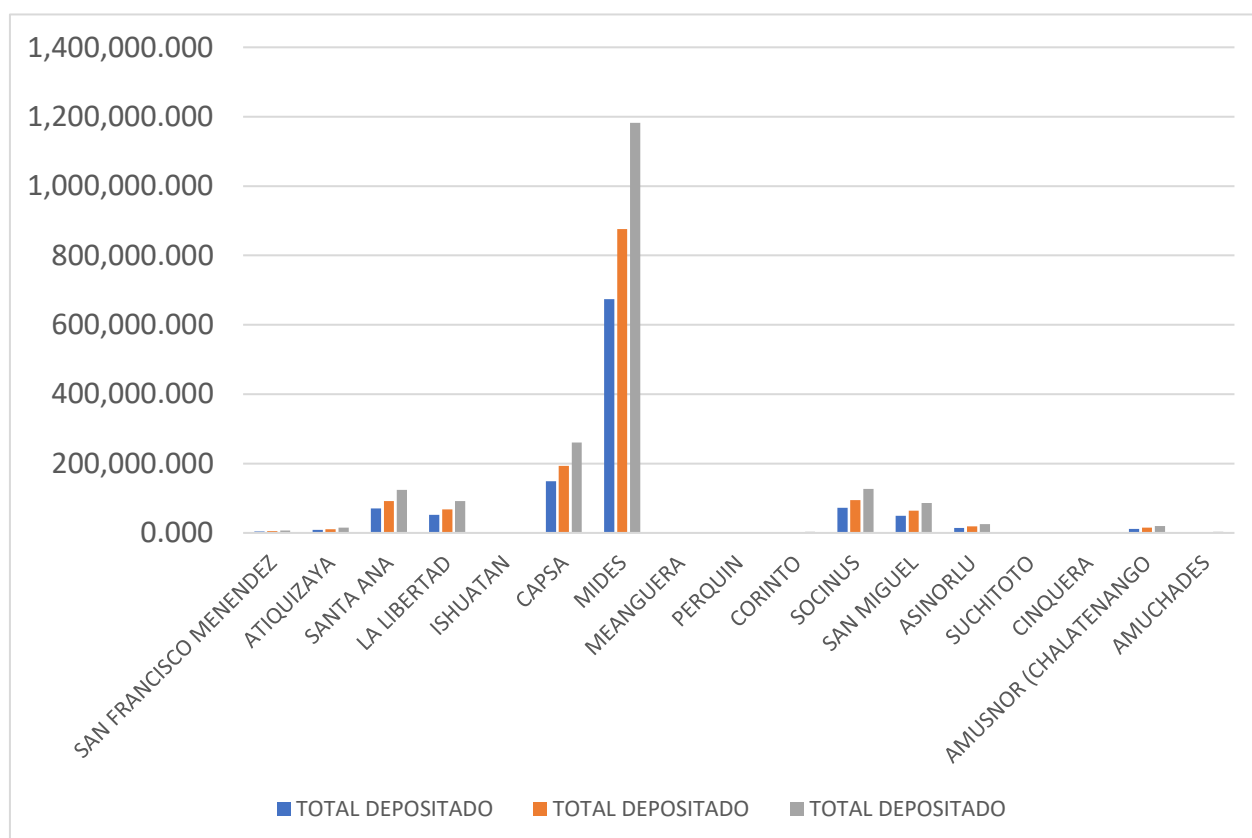
Los siguientes valores representa el volumen de recolección de desechos que obtienen los rellenos sanitarios de El Salvador.

RELLENOS SANITARIOS	TOTALES DE TONELADAS DEPOSITADOS EN 2021			TOTALES DE TONELADAS DEPOSITADOS EN 2022			TOTALES DE TONELADAS DEPOSITADOS EN 2023		
	TOTAL DEPOSITADO	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO DIA	TOTAL DEPOSITADO	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO DIA	TOTAL DEPOSITADO	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO DIA
SAN FRANCISCO MENENDEZ	4,147.400	345.62	11.52	5,391.620	449.30	14.98	7,278.687	606.56	20.22
ATIQUEZAYA	8,445.920	703.83	23.46	10,979.696	914.97	30.50	14,822.590	1,235.22	41.17
SANTA ANA	70,819.330	5,901.61	196.72	92,065.129	7,672.09	255.74	124,287.924	10,357.33	345.24
LA LIBERTAD	52,458.780	4,371.57	145.72	68,196.414	5,683.03	189.43	92,065.159	7,672.10	255.74
ISHUATAN	63.000	5.25	0.18	81.900	6.83	0.23	110.565	9.21	0.31
CAPSA	148,721.955	12,393.50	413.12	193,338.542	16,111.55	537.05	261,007.031	21,750.59	725.02
MIDES	673,516.780	56,126.40	1,870.88	875,571.814	72,964.32	2,432.14	1,182,021.949	98,501.83	3,283.39
MEANGUERA	296.000	24.67	0.82	384.800	32.07	1.07	519.480	43.29	1.44
PERQUIN	232.000	19.33	0.64	301.600	25.13	0.84	407.160	33.93	1.13
CORINTO	2,028.000	169.00	5.63	2,636.400	219.70	7.32	3,559.140	296.60	9.89
SOCINUS	72,542.724	6,045.23	201.51	94,305.541	7,858.80	261.96	127,312.481	10,609.37	353.65
SAN MIGUEL	49,012.395	4,084.37	136.15	63,716.114	5,309.68	176.99	86,016.753	7,168.06	238.94
ASINORLU	14,228.518	1,185.71	39.52	18,497.073	1,541.42	51.38	24,971.049	2,080.92	69.36
SUCHITOTO	1,118.000	93.17	3.11	1,453.400	121.12	4.04	1,962.090	163.51	5.45
CINQUERA	475.500	39.63	1.32	618.150	51.51	1.72	834.503	69.54	2.32
AMUSNOR (CHALATENANGO)	11,466.080	955.51	31.85	14,905.904	1,242.16	41.41	20,122.970	1,676.91	55.90
AMUCHADES	1,615.830	134.65	4.49	2,100.579	175.05	5.83	2,835.782	236.32	7.88
	1,111,188.212	92,599.018	3,086.634	1,444,544.676	120,378.723	4,012.624	1,950,135.312	162,511.276	5,417.043

Fuente: Dirección general de saneamiento ambiental - unidad de desechos sólidos y peligrosos

Como se puede observar a continuación durante los últimos años han tenido un incremento de desechos en el municipio, siendo una necesidad lograr desarrollar mejoras para la municipalidad.

Ilustración 12 - Grafico de aumento de desechos solidos



Fuente: Dirección general de saneamiento ambiental - unidad de desechos sólidos y peligrosos

¿Como se clasifica los desechos sólidos?⁵

El manejo inadecuado de residuos sólidos ha sido un problema constante a lo largo de los años, cuya urgencia aumenta a medida que se acerca a un punto de no retorno en el ámbito ambiental. En sus inicios esta situación, resultaba indispensable ya que se tomaron acciones

⁵ Zone Environmental Services, (2024) <https://zone-es.com/manejo-de-residuos-solidos-en-el-salvador/>

concretas para reducir la cantidad de residuos generados en el país como se observa para el año 2022, es así como en El Salvador se producen más de 3 mil 600 toneladas de residuos diarias, según el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, la composición de los residuos generados es: 58% materia orgánica y 42% materia inorgánica. La composición de la fracción inorgánica es; 2% aluminio, 2% vidrio, 11% plástico, 19% papel y 8% otros, de éstas el 75% puede reciclarse, reutilizarse o comportarse. Los residuos sólidos urbanos son los que se originan en la actividad doméstica y comercial de ciudades y pueblos.

En los países desarrollados cada vez se usan más envases, papel, y todo tipo de materiales desechables; la cultura de “usar y tirar” se ha extendido e implantado a todo tipo de bienes de consumo, ocasionando que las cantidades de basura que se generan hayan crecido hasta llegar a cifras muy altas.

Los residuos producidos por los habitantes urbanos comprenden residuos ordinarios, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes, desperdicios de actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. Como es de esperarse, este es el grupo más voluminoso y sus residuos suelen estar compuestos por:

- Materia orgánica: son los restos procedentes de la limpieza o la preparación de los alimentos junto con la comida que sobra.
- Papel y cartón: periódicos, revistas, publicidad, cajas y embalajes.
- Plásticos: botellas, frascos diversos, vajilla rota, etc.
- Metales: latas de aluminio, botes, envases, etc.

3.7 Evaluación de la muestra

Para el caso de la muestra utilizada en esta investigación se consideró a los habitantes del municipio de San Juan Opico siendo una cantidad de 74,280 habitantes y la cantidad de colaboradores de la alcaldía haciende a 50, según lo reflejado en el portal de transparencia de El Salvador, estas cantidades se sumaron para establecer la cantidad de encuestas en general a ser aplicadas.

Por lo anterior mencionado se utilizará la formula finita, por lo tanto, esta es:

$$n = \frac{N * Z^2 * P * Q}{e^2 * (N - 1) + (Z^2 * P * Q)}$$

Dónde:

N = Total de la población a ser estudiada.

Z² = 1.96 al cuadrado (si la confianza es del 95%)

P = Proporción de éxito (en este caso 95% = 0.95)

Q = probabilidad de fracaso. 1- P (en este caso 1-0.95 = 0.05)

e² = precisión o error máximo (se utilizará 5%)

n = Tamaño de la muestra a encontrar.

Sustituyendo en la fórmula los datos obtenidos tenemos:

$$n = \frac{74,330 * 1.96^2 * 0.95 * 0.05}{0.05^2 * (2,000 - 1) + (1.96^2 * 0.95 * 0.05)} = 382.2 \approx 382$$

Según la respuesta obtenida por parte de la fórmula anterior la muestra a ser utilizada será de 382 encuestas para ser distribuidas en la municipalidad de San Juan Opico. Esta muestra se estratificó en base a una proporción establecida la cual incluyen la variable que se desean conocer y con esto se posibilita el conocer la situación del municipio, con el fin de establecer parámetros de la posible propuesta para el Modelo de Gestión integral para el Manejo de los Desechos Sólidos Domiciliar.

3.7.1 Composición de las preguntas de la encuesta

A continuación, se presenta los aspectos considerados para la realización de las preguntas de la encuesta para esta investigación.

3.7.2 Generalidades de los habitantes del municipio

El objetivo principal de conocer el pensamiento de los habitantes del municipio donde viven, número de personas en su familia, ingresos promedio de la familia, entre otros aspectos.

3.7.3 Entrega de desechos

Se debe de buscar obtener información de donde y como se entregan los desechos al recolector, para conocer el manejo por parte de la población.

3.7.4 Servicio de recolección

Etapas de la encuesta busca dar una idea del proceso de recolección de los desechos sólidos en el municipio; detallando quien es el encargado de recolectarlos y el nivel de satisfacción del servicio.

3.7.5 Reciclaje

Es importante tener claridad sobre la relación que posee la comunidad con respecto al tema del reciclaje, con el fin de determinar si la disposición de ésta va en apoyo a la comunidad, por lo tanto, se busca conocer que se está realizando con los desechos sólidos actualmente, ya que no solo se debe de tirados todos juntos o si existe algún tipo de segregación en la fuentes, con esto se logra visualizar el panorama de la cultura de segregación que existe actualmente en la población del municipio de San Juan Opico.

3.7.6 Aspectos financieros.

Así como todo servicio público el de recolección de desechos no es gratuito y tiene un costo o tarifa por éste, en esta parte de la encuesta se concentró en las tarifas y la forma de factura que los usuarios adquieren por el servicio de recolección. También se consideran los aspectos de opinión entre los cuales se pueden mencionar el nivel de satisfacción de la tarifa y cuáles serían las preferencias de cuánto al pago.

3.7.7 Cooperación pública.

Para este segmento se examina si las familias han recibido algún tipo de orientación en el trato de los desechos sólidos y la disponibilidad de estos al participar en actividades que sirvan para crear una cultura educativa en el tema de los desechos. Al mismo tiempo se conoce la opinión de la comunidad con respecto a la problemática que se adquiere de la basura en el municipio.

3.8 Desarrollo y análisis de la encuesta

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la realización de la encuesta realizada en la municipalidad de San Juan Opico y sus habitantes.

La realización de la encuesta se realizó en tres etapas de las cuales fueron:

Etapas # 1: planificación de la visita al municipio para realiza la Encuentra con los habitantes del lugar, siendo el inicio de partida la ubicación de la alcaldía del lugar.

Etapas # 2: con apoyo de la alcaldía se solicitó el apoyo para definir los lugares donde se estaría visitando con el objetivo de captar la mayor parte de personas las cuales podrían ser transeúntes o en colonias.

Etapas # 3: Consolidación, agrupación, selección de preguntas y tabulación de los datos obtenido para ser presentados.

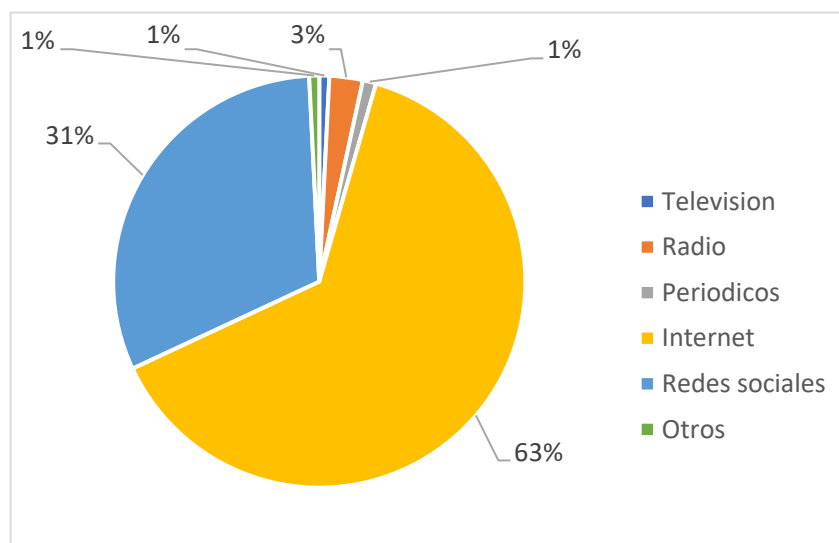
Tomando en cuenta lo anteriormente descrito se presenta a continuación el desarrollo de las encuestas por medio de 11 preguntas enfocadas a conocer la situación del municipio y los hábitos que este posee en la actualidad.

Resultados obtenidos de la encuesta

1. ¿Qué medio de comunicación consulta más en el día?

Objetivo: identificar el medio de comunicación utilizado para identificar la situación de los desechos sólidos en el municipio de San Juan Opico.

Resultados pregunta 1		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
Televisión	3	1%
Radio	10	3%
Periódicos	4	1%
Internet	243	64%
Redes sociales	119	31%
Otros	3	1%
Total	382	100%

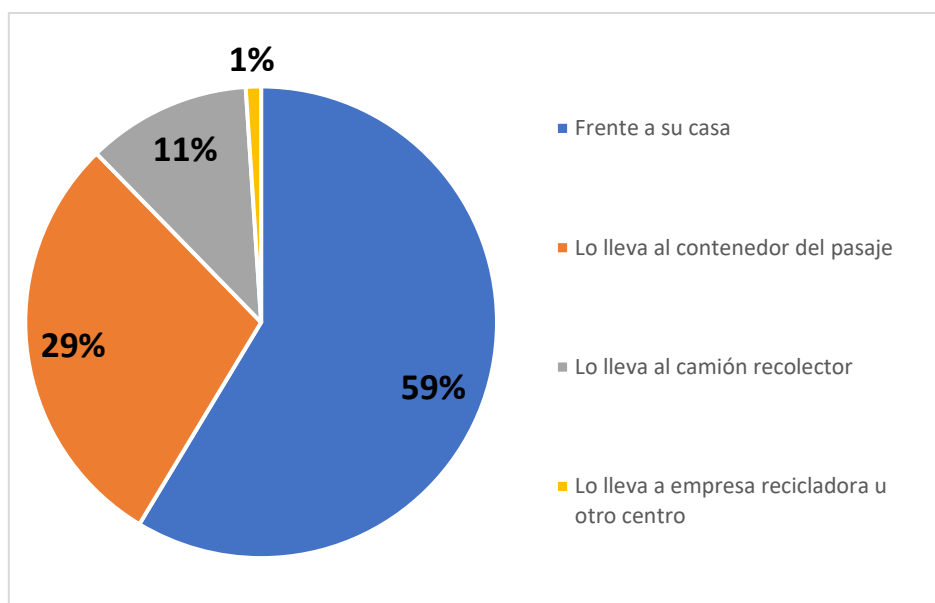


Análisis: Al ver los datos encontrado la población utiliza mayormente el internet como un medio de divulgación de la situación sobre los desechos sólidos para informarse.

2. ¿En qué lugar deposita la basura antes de ser recolectada?

Objetivo: Se identifica los lugares de acopio de los desechos sólidos utilizados por los habitantes de San Juan Opico.

Resultados Pregunta 2		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
Frente a su casa	224	59%
Lo lleva al contenedor del pasaje	111	29%
Lo lleva al camión recolector	43	11%
Lo lleva a empresa recicladora u otro centro	4	1%
Total	382	100%

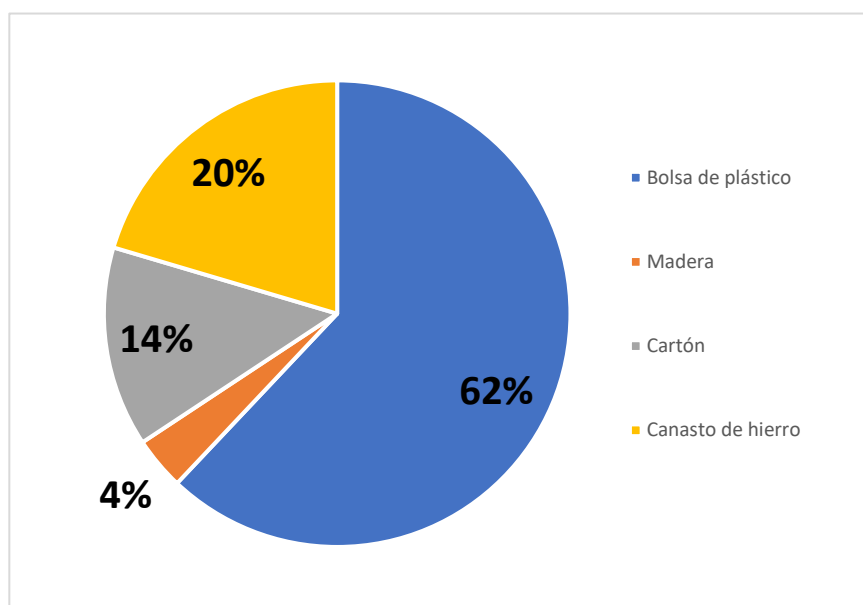


Análisis: Según los datos obtenidos por el municipio y la alcaldía, se logra denotar que el 59% de los habitantes considera colocar la basura frente a su vivienda, el motivo según comentarios es porque tiene la posibilidad de colocar en dicho lugar la basura y ser captada por el recolector de basura con facilidad.

3. ¿Qué contenedor utiliza para depositar la basura antes de ser recolectada?

Objetivo: Conocer si hay una cultura de acción para ubicar los desechos sólidos por parte de los habitantes del municipio es proactiva, al utilizar depósitos para colocar los desechos.

Resultados pregunta 3		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
Bolsa de plástico	237	62%
Madera	14	4%
Cartón	53	14%
Canasto de hierro	78	20%
Total	382	100%

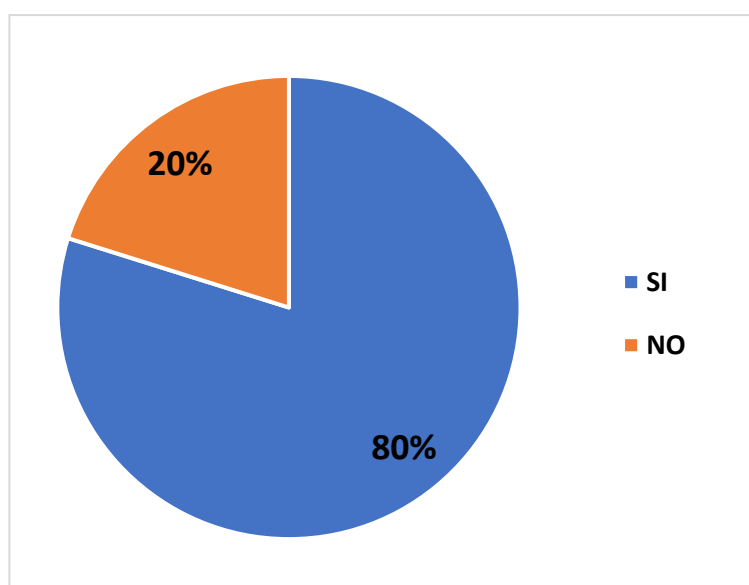


Análisis: Como se denota el 62% de los habitantes utiliza por lo general bolsas de basura para colocar los desechos sólidos y que estos no se desplacen en la zona donde se deja.

4. ¿Tiene servicio de recolección de basura?

Objetivo: Conocer si en el municipio se tiene claro que posee los habitantes y casas el servicio de recolección actualmente.

Resultados Pregunta 4		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
SI	305	80%
NO	77	20%
Total	382	100%

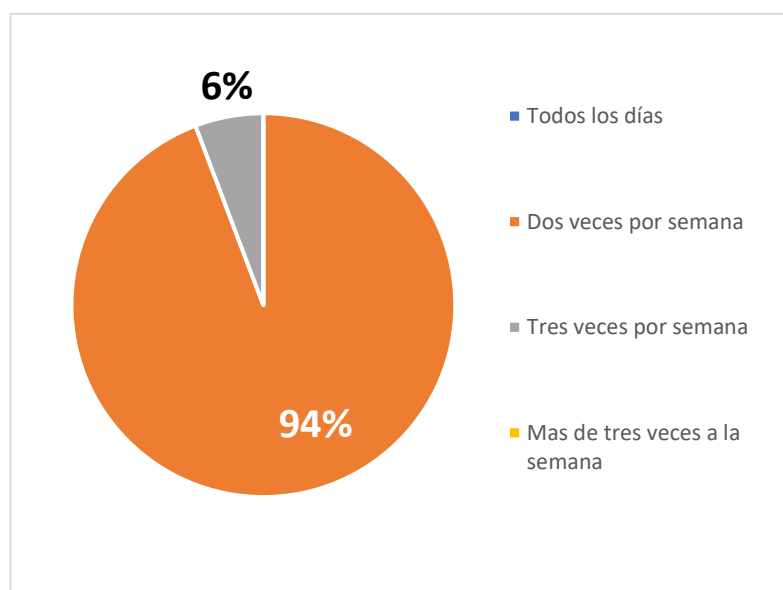


Análisis: Según los datos obtenidos el 80% de los habitantes saben que poseen un servicio de recolección de basura en el municipio.

5. ¿Con que frecuencia pasa el servicio de recolección de desechos?

Objetivo: identificar los días que transita el recolectar de desechos en el municipio con el fin de conocer si hay un horario establecido por parte de la alcaldía.

Resultados pregunta 5		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
Todos los días	0	0%
Dos veces por semana	360	94%
Tres veces por semana	22	6%
Mas de tres veces a la semana	0	0%
Total	382	100%

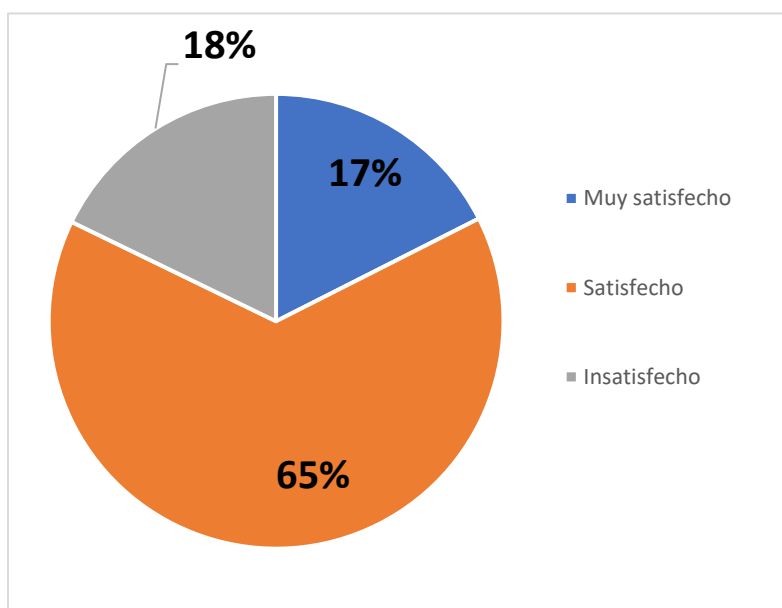


Análisis: Según los datos obtenidos se identificó que el 94% de los habitantes conocen el horario de la recolección establecido por las alcaldías.

6. ¿Nivel de satisfacción del servicio de recolección?

Objetivos: Conocer cuál es el nivel de servicio ofrecido por parte del servicio de recolección que posee la comunidad de San Juan Opico.

Resultados Preguntas 6		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
Muy satisfecho	67	18%
Satisfecho	247	65%
Insatisfecho	68	18%
Total	382	100%

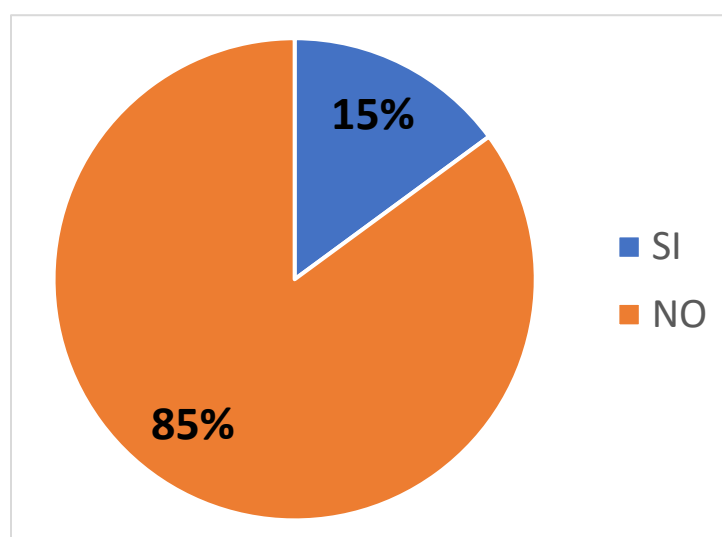


Análisis: En la actualidad el nivel de satisfacción es de 65%, determinado por parte de los habitantes del municipio entrevistados, de igual manera se considera aspectos de mejora en el servicio para lograr una óptima satisfacción.

7. ¿Sabe lo que es reciclaje?

Objetivo: Indagar en el conocimiento de los habitantes de la municipalidad de San Juan Opico con respecto al conocimiento de lo que significa reciclaje, con el fin de saber si estos poseen conocimientos de dicho termino.

Resultados Pregunta 7		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
SI	57	15%
NO	325	85%
Total	382	100%

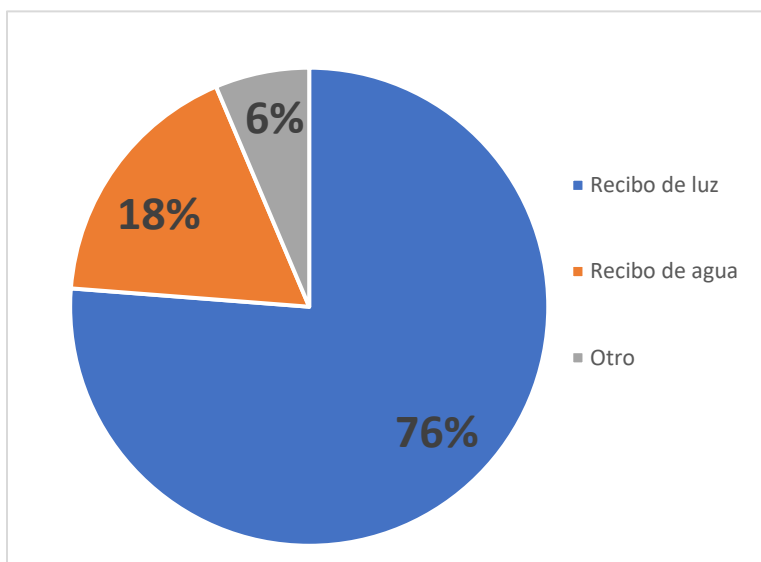


Análisis: Con respecto a los conocimientos técnicos que refieren al termino de reciclaje, para el 85% de los habitantes no conocen dicho termino, por no tener capacitación o enseñanza general de este.

8. ¿Cómo se le factura la tarifa del servicio de recolección?

Objetivos: Conocer si los habitantes de la comunidad de San Juan Opico reciben factura o cobro del servicio ofrecido.

Resultados Pregunta 8		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
Recibo de luz	311	81%
Recibo de agua	71	19%
Otro	26	7%
Total	382	100%

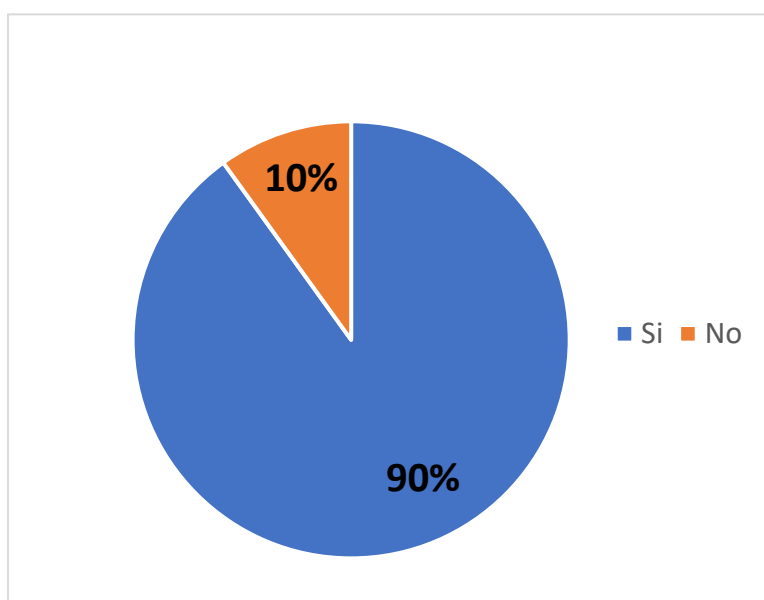


Análisis: Según el 81% de los encuestados actualmente se les cobra la tarifa de recolección de desechos sólidos por medio del recibo de la luz.

9. ¿Considera que es necesario realizar campañas de recolección desechos para mantener limpio el municipio?

Objetivo: Con el fin de apoyar en la culturización de los habitantes en materia de limpieza y buscar identificar si los habitantes pueden ser capacitados o involucrados en enseñanzas de esta índole.

Resultados Pregunta 9		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
Si	344	90%
No	38	10%
Total	382	100%

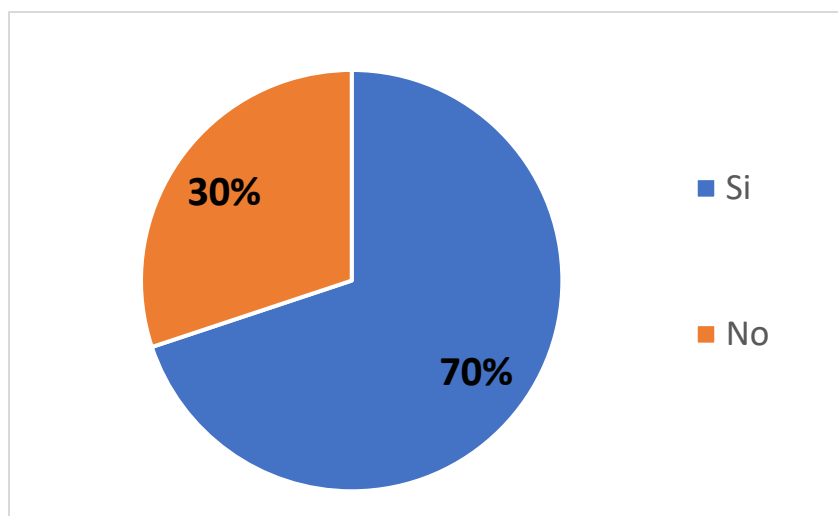


Análisis: Según la encuesta el 90% de los habitantes si se les da algún tipo de conocimiento por parte de la municipalidad en temas de limpieza y medio ambiente.

10. ¿Participaría en alguna campaña o programa de limpieza en apoyo a la recolección de desechos sólidos en el municipio?

Objetivos: Conocer si los habitantes de la municipalidad están dispuestos a conocer y mejorar sus conocimientos con respecto a la recolección de desechos sólidos.

Resultados Pregunta 10		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
Si	267	70%
No	115	30%
Total	382	100%

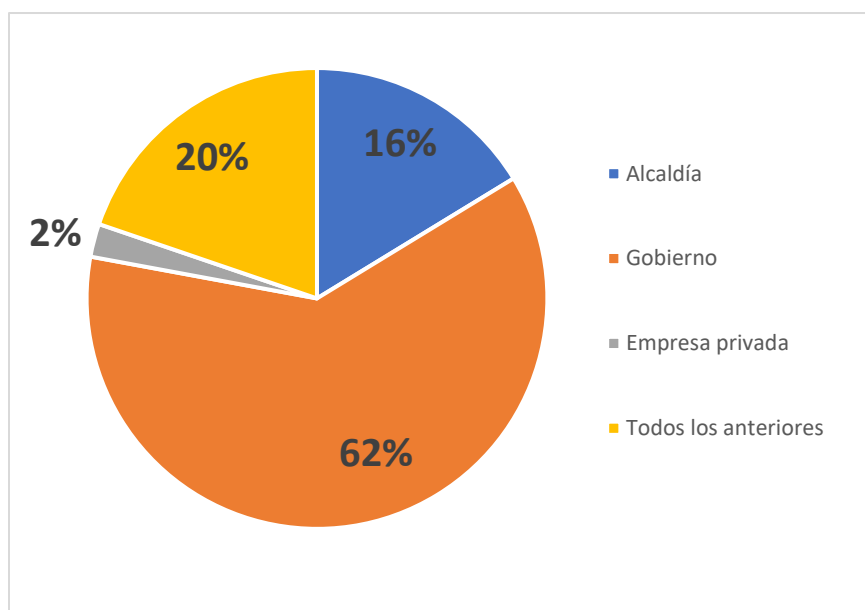


Análisis: Según los encuetados el 70% de los habitantes desena participar en campañas en apoyo a la limpieza y medio ambiente para mejorar el municipio.

11. ¿Quién considera que debe promover de las campañas de recolección de desechos?

Objetivo: Conocer si los habitantes de la municipalidad tienen claro quién es el responsable de dirigir y proveer de los servicios de recolección.

Resultados Pregunta 11		
Opción	Frecuencia	Frecuencia relativa
Alcaldía	14	16%
Gobierno	53	62%
Empresa privada	2	2%
Todos los anteriores	17	20%
Total	86	100%



Análisis: El 62% de los encuestados lograron que es importante proveer campañas de concientización en la recolección de desechos sólidos en el municipio.

3.9.1 Conclusión de resultados de las encuestas

Considerando las respuestas obtenidas se puede decir que en general los habitantes del municipio de San Juan Opico consideran a bien desarrollar y solicitar apoyos en relación con la limpieza y la recolección de los desechos sólidos, es así como los habitantes consideran participar y apoyar en programas que permitan mejorar a la comunidad.

De igual manera los desafíos que se tienen dicha municipalidad es el poco apoyo que otorga la alcaldía debido a falta de programas o intereses de parte de esta, por lo tanto, el apoyo en la comunidad es poca y estos consideran que debe ser el gobierno quien genere aquellos aspectos que desarrollen la recolección de desechos.

Es así como se puede concluir que para los habitantes de la comunidad investigada y según sus respuestas estos están pendiente del retiro de los desechos y que desean apoyar a la recolección en lo que sea posible, considerando que al realizar la encuesta se logró obtener información directa por parte de estos al dar su opinión directa sobre la situación actual.

3.9.1.1 Matriz resumen de resultados.

En la siguiente matriz se presenta los resultados de una encuesta sobre hábitos y percepciones relacionados con el manejo de residuos y el servicio de recolección de basura en un municipio. La encuesta aborda diversos aspectos, desde los medios de comunicación más consultados hasta la disposición de los ciudadanos para participar en campañas de limpieza. Los datos revelan que, si bien los encuestados tienen acceso a servicios regulares de recolección y están satisfechos con ellos, existe un desconocimiento sobre el reciclaje.

Matriz resumen de respuesta de la encuesta

Nº	Pregunta	Respuesta	% de respuestas
1	¿Qué medio de comunicación consulta más en el día?	Internet y Redes sociales	95%
2	¿En qué lugar deposita la basura antes de ser recolectada?	Frente a su casa y lo lleva al contenedor del pasaje	88%
3	¿Qué contenedor utiliza para depositar la basura antes de ser recolectada?	Bolsa de plástico y Canasto de hierro	82%
4	¿Tiene servicio de recolección de basura?	Si	80%
5	¿Con que frecuencia pasa el servicio de recolección de desechos?	Dos veces por semana	94%
6	¿Nivel de satisfacción del servicio de recolección?	Satisfecho	65%
7	¿Sabe lo que es reciclaje?	No	85%
8	¿Cómo se le factura la tarifa del servicio de recolección?	Mayormente en el recibo de luz	81%
9	¿Considera que es necesario realizar campañas de recolección de desechos para mantener limpio el municipio?	Si	90%
10	¿Participaría en alguna campaña o programa de limpieza en apoyo a la recolección de desechos sólidos en el municipio?	Si	70%
11	¿Quién considera que debe promover de las campañas de recolección de desechos?	Gobierno	62%

Considerando el cuadro anterior se puede analizar los siguientes puntos:

Hábitos de Comunicación:

- El 95% de los encuestados utiliza Internet y redes sociales como principal medio de comunicación, lo que indica una población altamente digitalizada.

Gestión de Residuos:

- Existe una alta participación en el sistema formal de recolección (80% tiene servicio)
- El 88% deposita la basura frente a su casa usando el contenedor del pasaje
- El 82% utiliza bolsas de plástico y canastos de hierro como contenedores
- La frecuencia de recolección es de dos veces por semana para el 94%
- El nivel de satisfacción con el servicio es moderado (65%)

Conciencia Ambiental:

- Preocupantemente, el 85% indica no saber qué es reciclaje
- Sin embargo, el 90% considera necesarias las campañas de recolección
- Hay buena disposición a participar (70% participaría en campañas)
- El 62% considera que el gobierno debe ser el promotor principal

Aspectos Administrativos:

- El 81% indica que el cobro se realiza principalmente a través del recibo de luz

CAPÍTULO IV – Caracterización del municipio de San Juan Opico y análisis de la información

4.1 Aspectos generales del municipio

Ubicación geográfica

San Juan Opico es una Ciudad y distrito de El Salvador perteneciente al municipio de La Libertad Centro que pertenece al departamento de La Libertad .

Está ubicado a 42 kilómetros de San Salvador, capital de la república. El municipio tiene un territorio de 218 km² tiene una población de más de 75 mil habitantes y se encuentra a 510 metros de altura sobre el nivel del mar. Posee el título de Ciudad, concedido en 1881 y se encuentra a una distancia de 39 kilómetros de San Salvador.

San Juan Opico es un municipio del departamento de La Libertad en El Salvador. Limita al norte con San Pablo Tacachico; al este con San Matías y Quezaltepeque; al sur con Ciudad Arce y Colón y al oeste con Coatepeque.

Dentro de su territorio está el sitio arqueológico precolombino Joya de Cerén y San Andrés, además de una iglesia construida en la época colonial.

El municipio cuenta con 28 cantones:

- San José la Cueva
- Talcualuya
- El Castillo
- Buena Vista
- Nombre de Dios
- San Antonio
- San Pedro Mártir
- Tehuicho
- Barranca Honda
- Los Amates
- Pitichorro
- Nueva Encarnación
- Chantusnene

- San Nicolás Encarnación
- Minas de Plomo
- San Pedro Oriente
- San Felipe
- Los Encuentros
- Agua Escondida
- Lomas de Santiago
- Joya de Cerén
- Sitio del Niño
- Chanmico
- El Matazano
- Sitio Grande
- El Jabalí
- Las Delicias
- Las Granadillas

Industria y Comercio.

Por el establecimiento de empresas en el municipio, que, por su tamaño, son de importancia estratégica, que contratan recurso humano y los servicios del municipio, situación que podría ser aprovechable para el establecimiento de asociados con el sector privado, acorde a estrategias de desarrollo local. El Municipio, posee atractivos turísticos de carácter histórico, como es la Joya de Cerén y San Andrés y la Iglesia Católica. Así como su zona con atractivo para sistematizar la experiencia productiva en el área de cultivo de cítricos y bajo invernaderos.

Cultura

Las fiestas patronales de San Juan Opico se celebran del 19 al 27 de diciembre en honor a San Juan Evangelista, en el municipio se realiza el “Festival de la Naranja en noviembre, a parte de los productos derivados de la naranja, la feria ofrece artesanías, gastronomía, agroindustrias, todo esto con el fin de establecer la economía en el municipio.

Turismo

En el municipio San Juan Opico existen diversidad de industrias y actividades agropecuarias: granjas avícolas, tiangué municipal, beneficio de café, Así como fábricas de papel higiénico, gorras, bolsones., que, por su tamaño, son de importancia estratégica, que contratan recurso humano y servicios. El Municipio, posee atractivos turísticos de carácter histórico, como es la Joya de Cerén y San Andrés y la Iglesia Católica. Así como su zona productiva con atractivo para sistematizar la experiencia productiva en el área de cultivo de cítricos y bajo invernaderos. autódromo El Jabalí, laguna La Caldera, y el Festival de la Naranja.

Condiciones climatológicas del municipio

En San Juan Opico, la temporada de lluvia es opresiva y nublada, la temporada seca es húmeda y mayormente despejada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 18 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 35 °C.

Condiciones climatológicas del municipio

En San Juan Opico, la temporada de lluvia es opresiva y nublada, la temporada seca es húmeda y mayormente despejada y es muy caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 18 °C a 33 °C y rara vez baja a menos de 16 °C o sube a más de 35 °C.

4.2 Marco historio

El medio ambiente desde sus inicios ha sido objeto de contaminación, ésta es la alteración que se produce cuando elementos degradantes o nocivos, o una combinación de éstos entran en contacto con el ambiente, la contaminación entonces es originada por contaminantes que son toda materia, elementos compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ambos en cualquiera de sus estados físicos que, al incorporarse por actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento del ambiente, altere o modifique su calidad poniendo en riesgo la salud de las personas y la preservación o conservación del ambiente.

La contaminación entonces puede ser natural o artificial:

Contaminación Natural: Comenzó mucho antes que aparecieran los animales o los humanos sobre la faz de la tierra, y continúa después de su aparición. Así, por ejemplo, el agua se contaminaba y sigue contaminándose con diferentes sales y elementos químicos provenientes del suelo, de erupciones volcánicas, con materiales orgánicos y componentes del suelo (arena, arcilla, etc.).

Contaminación Artificial: A la contaminación natural del medio ambiente se ha sumado la contaminación artificial, la cual se originó con la aparición del hombre sobre la tierra, quien por el solo hecho de existir contamina el medio natural, y dio origen al medio ambiente artificial, pues, para poder sobrevivir tuvo que hacer uso de una diversidad de elementos naturales como: agua, flora, fauna, aire, suelo, etc., los que se convirtieron en recursos naturales, cuando su utilización reportó beneficios al hombre. El uso de dichos recursos generó desechos de naturaleza orgánica, los cuales provenían de sus alimentos y de sus animales y de los excrementos de ambos, es más el

hombre al morir se convertía en contaminante pues su cuerpo se descomponía en materia orgánica con lo cual contaminaba el suelo, el aire, el agua, etc.

La problemática de los desechos sólidos subsiste en el país, es importante recalcar que entre los hechos violatorios al medio ambiente sano más frecuentes son: El uso no sostenible de los recursos naturales seguido de la contaminación atmosférica, contaminación del suelo y contaminación del agua, ocasionadas por los desechos sólidos.

En San Juan Opico, la contaminación producida por los desechos sólidos es un problema que hasta hace muy poco ha comenzado a recibir la atención que amerita; sin embargo, ha tomado alarmantes dimensiones especialmente por haberse hecho uso inadecuado de los sistemas tanto de manejo, traslado, recolección y disposición final, como es el caso de los botaderos a cielo abierto, lanzamientos a ríos, enterramiento y los botaderos de desechos en quebradas o barrancos lugares que debido al reducido territorio nacional y a los elevados índices poblacionales, son cada día más escasos.

4.3 Situación del manejo de los residuos sólidos urbanos en El Salvador

Para la década de los años 1960 a 1970, la industrialización en El Salvador aumenta y por medio de la creación del Mercado Común Centroamericano (MCCA), inició la integración económica entre las distintas ramas industriales y con un aumento en la integración económica aplicado en la agricultura y la industria. Para el caso de la agricultura la cual produjera materias primas a ser utilizadas en las diferentes organizaciones industriales y a su procesamiento.

Durante los años 60's, surgen diferentes ramas industriales como petróleo, maquinaria eléctrica y no eléctrica, plástico y minerales no metálicos.

En la década de los 70'S, al desarrollarse la industria en El Salvador, que en ese entonces tuvo un crecimiento significativo, esto se debió a la situación muy compleja que se presentaba en la industria manufacturera, la cual fue causada por el deterioro del Mercado Común Centroamericano (MCCA). Sin embargo, en dicha época se produce un aumento en la producción de bienes intermedios tales como textiles productos químicos, papel, cartón y derivados del petróleo.

Para la década de los 80'S se caracterizó por la crisis económica, política y social provocada por factores como la confrontación bélica, el desplazamiento de los recursos humanos al exterior, la emigración de la población de la zona rural y la subutilización de la capacidad instalada de las empresas.

Pasando algunos años se ve que la importación de maquinaria y nuevas tecnologías aplicadas a las organizaciones logra sostenerse la industria en El Salvador. Para los años 90'S después de la firma de los Acuerdos de Paz, la industria salvadoreña experimenta un crecimiento con respecto a la década anterior, logrando así aumentar la actividad del capital extranjero en el país.

En los inicios de los años 2000, se vio afectada la industrialización en el país por acontecimientos negativos en la economía nacional ocasionados por los terremotos ocurridos en enero y febrero del año 2001, ocasionaron considerables pérdidas económicas sociales y ambientales. Pasando los años la industria manufacturera, principalmente la desarrollada por las maquilas, ha tenido tasas de crecimiento lentas, pero con un margen positivo para estos años.

A partir de los siguientes años se volvió muy amplio la cantidad de desperdicios generados por las diferentes empresas, instituciones y el público en general entre estos se pueden mencionar los siguientes.

- Distintos tipos de Papeles encerados o con recubrimientos químicos
- Desechos industriales dañinos a la salud (ejemplo metales pesados)
- Desechos plásticos como empaques de alimentos y bebidas
- Artículos plásticos diversos como mueble, juguetes, etc.
- Envoltorios metálicos especiales para alimentos
- Desechos no biodegradables de embalajes
- Artículos de espumas de poliestireno
- Llantas de hule vulcanizado
- Baterías
- Entre otros

Situación actual en el municipio de San Juan Opico

La quema de desechos es una práctica que representa riesgos para la salud y el medio ambiente, principalmente por estar asociada a la liberación de dioxinas y furanos, estas sustancias son altamente tóxicas y generan combustión a bajas temperaturas, conteniendo elementos con cloro, siendo esta otra forma habitual de generar problemas que impactan en el ambiente siendo un desecho de forma ambulante; el cual consiste en desechar los desechos sólidos en cualquier lugar del El Salvador generando una contaminación en los ríos, lagos, mares, entre otros aspectos los cuales pueden dañar o afectar en el impacto ambiental y la forma de vivir de cada habitante en el municipio de San Juan Opico.

4.4 Servicio de limpieza pública

En el municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad, el Manejo de Residuos Sólidos se realiza en su mayoría en la zona urbana, con el objetivo de proteger la salud de la población y mantener un ambiente agradable y sano. Las acciones que se realizan son: Barrido, Recolección, Transporte y Transferencia, Tratamiento y Disposición final de los Residuos Sólidos, en un relleno sanitario municipal ubicado a 7 kilómetros del casco urbano.

En lo que respecta a la organización, actualmente en la Municipalidad, el servicio de limpieza pública se brinda por Administración Municipal Directa, usando un modelo organizacional simple y precario. En su estructura organizativa existe una Oficina de Servicios Públicos y dentro de ella el Área de Limpieza Pública y Ornato, encargada de proporcionar este servicio incluido el mantenimiento de parques y jardines.

El Área de Limpieza Pública y Ornato no cuenta con ninguna estructura orgánica interna establecida formalmente, sin embargo; por la naturaleza del trabajo que realiza el personal, se puede establecer tres grupos de actividades claramente diferenciadas y que lo realizan grupos diferenciados de personal. En cada uno de estos grupos, no existe responsable, todos dependen directamente del jefe del Área de Limpieza Pública y Ornato.

En cuanto al Personal que labora actualmente en el Área son en total 20 personas (6 mujeres y 14 hombres); cumplen diariamente una rutina establecida sin ningún tipo de planificación, solamente los días lunes de cada semana a primera hora del día tiene una reunión de coordinación general básicamente para cuestiones logísticas y de algunas precisiones a tener en cuenta para los días miércoles y viernes en que realizan jornadas de limpieza general, como por ejemplo la definición del lugar donde corresponde hacerlos. Es importante mencionar que para las

jornadas de limpieza general no se promueve la participación de la población, solamente es el personal del área el que participa.

Los problemas más sensibles en esta área están referidos a la necesidad de una mejor organización interna, la débil planificación, la débil capacidad de gestión del personal, la alta rotación del personal debido al bajo sueldo y a la poca motivación para desempeñarse en este tipo de trabajo, la renovación de los equipos, la demora en la entrega de herramientas, el mantenimiento de los equipos y vehículo que generalmente no es programado, la demora en la toma de decisiones ante solicitudes que requieren ser aprobadas oportunamente, el presupuesto limitado que disponen, la formalización de la propiedad del terreno para el Relleno Sanitario, la baja conciencia y participación de la población, la débil capacidad de coordinación y concertación interinstitucional y, la acumulación de la basura ante situaciones adversas (lluvias, vientos, entre otros).

De manera particular, el problema central que motiva a la elaboración del presente proyecto es la contaminación ambiental que interfiere en la vida y desarrollo saludable de la población urbana del municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad; Las principales causas identificadas son la existencia de marcos regulatorios dispersos y con una débil estructura de monitoreo en la aplicación de los mismos, así por ejemplo existe competencias del Ministerio de Salud Pública, Ministerio del Medio Ambiente y la municipalidad, como principales actores, pero también existe poco compromiso de la comunidad en el tratamiento de los desechos sólidos, no solo las familias residentes, sino también las generadoras de fuera del municipio (en su mayoría turistas y comerciantes).

Por otra parte, no existe una cultura de aprovechamiento de desechos sólidos, es decir, la clasificación desde los hogares, centros escolares, comercios, oficinas y otros espacios, de tal manera que se pueda generar oportunidades de ingreso con la comercialización de productos reciclables.

La infraestructura y equipamiento de la municipalidad para las labores de saneamiento en el municipio son deficientes, tampoco hay capacidad presupuestaria para la ampliación y renovación de estos.

Pese a la visible problemática ambiental, existe una limitada capacidad de sensibilización de la población con respecto a la reducción en la generación de desechos, la culturización hace que las familias sean más dependientes de comidas y productos desechables que luego se van acumulando en promontorios y sitios públicos, acrecentando los niveles de contaminación.

Ante esta situación, los efectos directos son el deterioro de la calidad ambiental, población disconforme con las pocas medidas de saneamiento que se ejecutan (pero a la vez es poco colaboradora en sumarse a los esfuerzos que la municipalidad y otras organizaciones realizan); se van acumulando muchos desechos en predios municipales y directamente a la playa y ríos aledaños al municipio, que va generando pérdida de una visión futurista de desarrollo turístico; y como consecuencia afectación en la economía familiar y tributos municipales.

Por todo ello, se consideran dos ejes claves, por un lado, la educación y sensibilización de la población, que son a su vez generadores de residuos sólidos como afectados de la falta de una gestión de estos. Para trabajar este eje la estrategia se enfoca en la elaboración e implementación de un Plan de educación ambiental de gestión de desechos sólidos que se desarrolle tanto en escuelas, atendiendo a la población infantil que a su vez son grandes replicadores, como a la

población de diferentes barrios. El plan además se hace realidad con la puesta en práctica de los conceptos aprendidos a través de las brigadas estudiantiles y de la red urbana para la promoción del manejo integral de residuos sólidos, así como intercambios con otras experiencias en otros municipios.

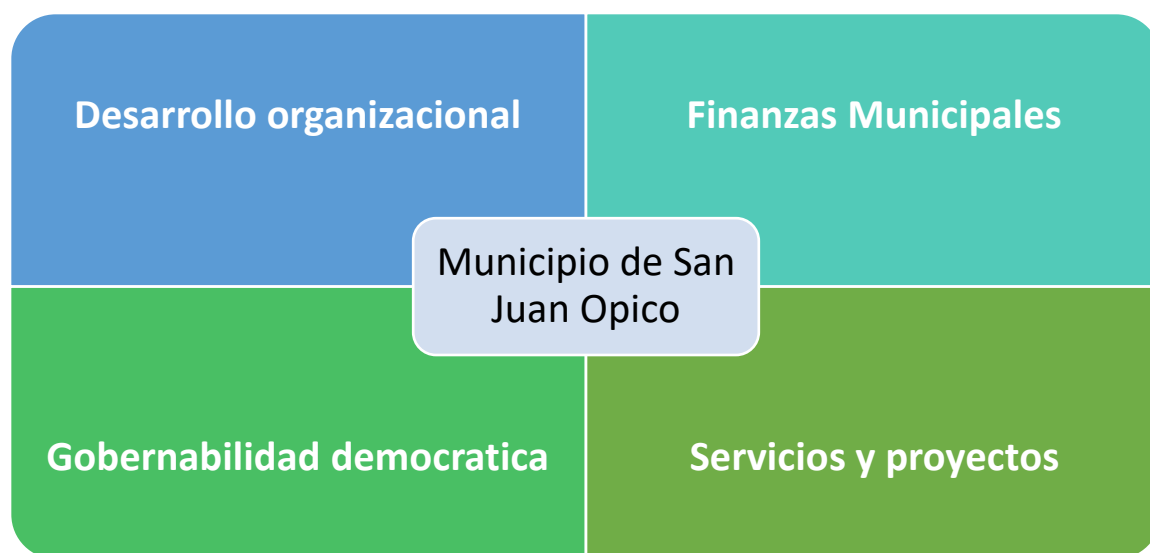
4.5 Indicadores de valoración del servicio

En la actualidad el municipio de San Juan Opico no posee un modelo de gestión integral de desechos sólidos efectivo, esto se debe a que no se ha realizado ningún tipo de estudio de factibilidad técnica que permita obtener información y parámetros técnicos que servirían para lograr una implementación de un proyecto que sea sustentable con un criterio técnico.

Según un estudio realizado en el 2016 por USAID menciona que para definir una caracterización completa del municipio y sus desechos a nivel municipal se debe permitir obtener alternativas de tratamiento para los desechos orgánicos, y definir la viabilidad técnica del compostaje y metodología de procesamiento.

4.5.1 Gestión Municipal de San Juan Opico

La gestión municipal es un factor estratégico para la económico local y, específicamente, para el desarrollo de la competitividad municipal, es así como la gestión de un gobierno local determina la fortaleza de la institucionalidad municipal, la cual puede ser fuerte, débil o medianamente fuerte. Esas áreas son relevantes para concentrar la Gestión Municipal en cuatro aspectos:



Estas áreas constituyen a las dimensiones que en la práctica actúan como un todo y se afectan mutuamente a la municipalidad fortaleciendo las capacidades de los actores locales personas y organismos.

4.6 Producción estimada de desechos sólidos en San Juan Opico

La proyección de la cantidad de desechos sólidos generados en el municipio de San Juan Opico Joya de Cerén depende en gran manera de la tendencia del incremento poblacional de las personas que se establecen en dicho municipio. Esto debido a que sin importar el tipo de desarrollo que se tenga (urbanístico económico o social) los desechos sólidos son generados por los habitantes. Al utilizar un método de pronóstico donde dicho método se encuentra en función del crecimiento o el porcentaje de incremento de la población podría dar la proyección de la generación. Un método que se encuentra en función del incremento de la población es “Método de intenciones y anticipaciones”.

El método Encuestas de intenciones, relaciona una variable controlable con el cual poder realizar la proyección. En este caso la variable a relacionar con el pronóstico será el índice de crecimiento del municipio en estudio con la cantidad de desecho sólidos actuales.

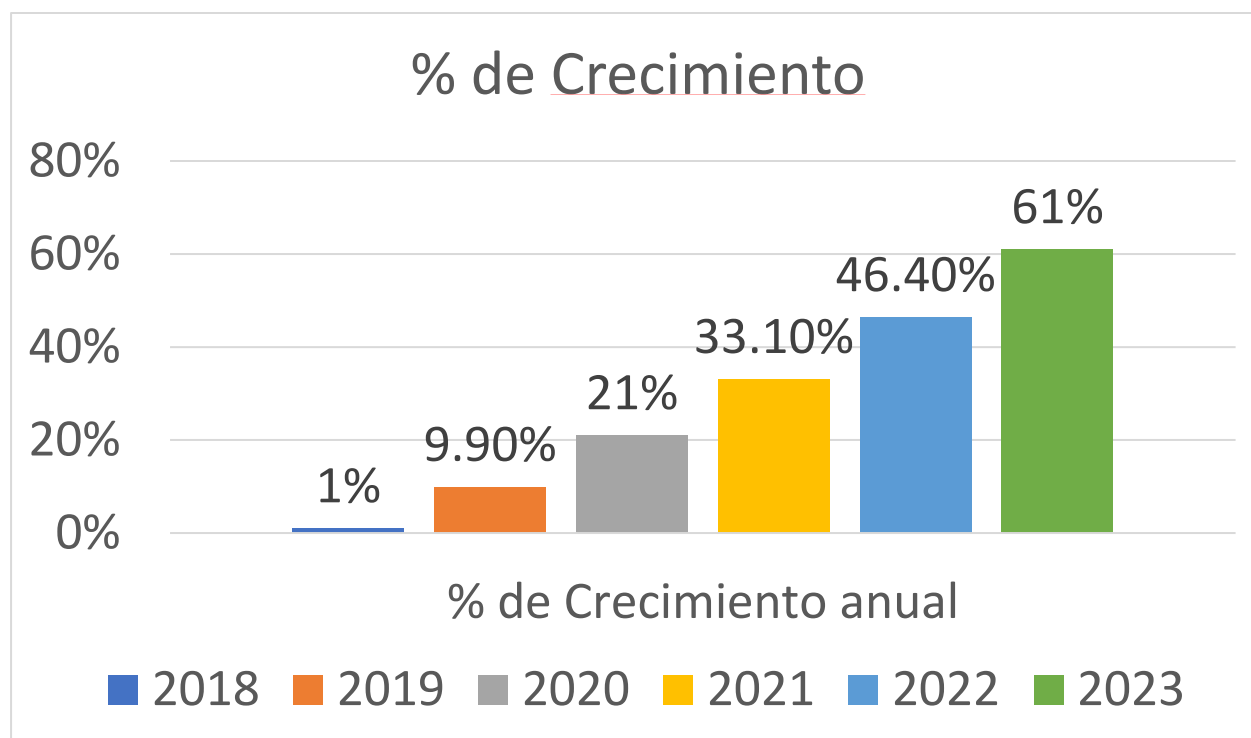
Para poder determinar una ecuación en el cual se pueda pronosticar los desechos generados futuros, es necesario partir de los siguientes supuestos:

Existe una generación de desechos sólidos inicial (GDS) para una “X” cantidad de población del municipio (Po).

Existirá generación de desechos sólidos (GDS) relacionada con una “X” cantidad de población (PX) más un incremento de estas (r).

A continuación, se presenta la evaluación de los próximos cinco años de los desechos sólidos generados por el municipio.

N	Ano	Toneladas	Toneladas diarias	%
1	2018	9,468.69	26.30	1%
2	2019	10,415.55	28.93	9.9%
3	2020	11,457.11	31.83	21%
4	2021	12,602.82	35.01	33.1%
5	2022	13,863.10	38.51	46.4%
6	2023	15,249.41	42.36	61%



La tendencia de crecimiento promedio aproximadamente de los desechos sólidos durante este tiempo es de 33.33% ton/día es decir 1,033.23 ton/mes.

4.7 Metodología de trabajo de la recolección de desechos en la municipalidad

Atendiendo el grado de especialización de los vehículos recolectores utilizados en la prestación de servicios, los métodos de recolección pueden clasificarse: en mecanizados, semi mecanizados y manuales.

Los métodos mecanizados y semi mecanizados normalmente se utilizan en localidades altamente urbanizadas; mientras que los métodos manuales (que usualmente se realizan con equipos no convencionales), son más usuales en zonas de difícil acceso, así como en localidades eminentemente rurales.

Según el tipo de demanda por atender, se pueden tener dos tipos de métodos: para demandas de tipo continuo y semicontinuo y, para demandas de tipo discreto.

Los métodos de recolección pueden ser recolectados de los siguientes puntos:

- **Método de Acera** (demanda continua semi mecanizada con mediana participación del usuario).
- **Método Intradomiciliario o de Llevar y Traer** (demanda semicontinua semi mecanizada con baja o nula participación del usuario).
- **Método de Contenedores** (demanda discreta mecanizada con alta participación del usuario).

A continuación, se detalla la definición de cada uno de los métodos mencionados:

Método de acera: En este método, el personal operativo del vehículo recolector toma los recipientes con basura que sobre la acera han sido colocados por los usuarios del servicio, para después trasladarse hacia el vehículo recolector, con el fin de vaciar el contenido dentro de la tolva o sección de carga de dicho vehículo; regresándolos posteriormente al sitio de la acera de donde los tomaron, para que los usuarios atendidos los introduzcan ya vacíos a sus domicilios. Para que se cumpla debidamente lo antes descrito se requiere, que el vehículo recolector transite a bajas velocidades en ambos sentidos de la calle; por consiguiente, es lógico pensar que este método tiene más posibilidades de ser implantado ordenadamente en aquellas localidades que cuentan con calles de doble sentido.

Este método, presenta el inconveniente de que, personas que buscan productos reciclables en la basura o que animales domésticos y no domésticos (perros, gatos y ratas entre otros), pueden

verse atraídos por los recipientes sobre la acera, pudiendo en un momento dado, dispersar sobre la misma y, dando por resultado que se utilice equipo extra para la recolección, elevando el costo del servicio y realizándose de una forma más lenta. Para evitar o atenuar este inconveniente, suele recomendarse el uso de bolsas de polietileno herméticamente cerradas, así como el empleo de canastillas elevadas en las aceras donde se colocan los recipientes con los residuos; sin embargo, esto puede involucrar un costo adicional para los usuarios, que no siempre están dispuestos a cubrir.

Método de intradomiciliario: Este método es semejante al anterior, con la variante de que los operarios del vehículo recolector entran hasta las casas habitación por los recipientes con basura, regresándolos hasta el mismo sitio de donde los tomaron, una vez de haberlos vaciado dentro de la caja del vehículo. Naturalmente, este método de recolección suele resultar más costoso que el de acera.

Método de contenedores: El Método de Contenedores, es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe detenerse en ciertos puntos predeterminados para llevar a cabo la prestación del servicio. Puede decirse que este método es el más adecuado para realizar la recolección en centros de gran generación o de difícil acceso; como pueden ser hoteles, mercados, centros comerciales, hospitales, tiendas de autoservicio y zonas marginadas, entre otras. La localización de los contenedores deberá disponerse de tal manera que el vehículo recolector tenga un fácil acceso a ellos y que, además, pueda realizar maniobras sin problemas. No debe pensarse, no obstante, que en todos los casos los métodos de recolección mencionados se cumplen tal y como fueron descritos, puesto que de una u otra manera siempre existe alguna variante en cuanto al equipo, participación del usuario y número de empleados que prestan servicio (por señalar tan sólo algunas de ellas), que los diferencian de los antes mencionados.

4.8 Condiciones actuales de manejo integrado de desechos sólidos

Una de las distintas funciones de la alcaldía municipal de San Juan Opico como otras, es brindar el servicio de recolección de desechos sólidos a sus diferentes territorios. La principal función es recoger todos los desechos generados por los diferentes sectores como: sector domiciliario, sector comercio y el sector industria.

La alcaldía municipal de San Juan Opico cuenta con un departamento específico para cumplir con la función de la recolección de desechos sólidos. El departamento es denominado: Departamento de Saneamiento. El departamento cuenta con diferentes puestos de trabajo, contabilizando un total de 150 empleados aproximadamente, este dato es hipotético debido a que la alcaldía no proporciono a detalle la cantidad de colaboradores que posee entre ellos, profesionales y mano de obra.

El sistema de recolección actual está basado en una total de 6 días de la semana, dejando como día para no realizar la tarea de recolección domingo sin embargo este se cambia según la necesidad de la recolección en las comunidades. La alcaldía ha diseñado dos frecuencias de recolección en 6 días, las frecuencias se dividen de la siguiente manera:

Lunes, miércoles y viernes.

Martes, jueves y sábado.

Los horarios de recolección son:

- De 6:00 a 13:00
- De 13:00 a 20:00
- De 19:00 a 1:00

La alcaldía municipal de San Juan Opico es una de las comunas con mayor necesidad administrativa, a pesar de que posean un sistema muy bien aplicado poseen en su mayoría muchos rasgos positivos como sus sistemas desarrollados (poblacional, económico, educación).

Referente a la recolección de desechos sólidos la alcaldía de San Juan Opico cuenta con diferentes recursos que lo ponen a la delantera (recurso humano, equipo, presupuesto).

Actualmente la alcaldía de San Juan Opico cuenta con diferentes tipos de equipos para la recolección de los desechos sólidos.

Dentro del equipo que se utiliza directamente para la recolección de desechos sólidos (camiones compactadores y de volteo) se cuenta con un total de 75 camiones aproximadamente.

Equipo actual de la Alcaldía municipal San Juan Opico

Tabla 3 - Matriz de recursos actuales de la alcaldía de San Juan Opico para la recolección de desechos sólidos

Descripción del equipo	Capacidad	Estado		Total
		Operando	Reparación	
Camiones compactadores	9, 14, 19 m3	No determinado	No determinado	-
Camiones de volteo	6m3	No determinado	No determinado	-
Pipas	No determinado	No determinado	No determinado	-
Furgón	-	No determinado	No determinado	-
Camiones de carga	-	No determinado	No determinado	-
Barredoras mecánicas	-	No determinado	No determinado	-
camión de cama fija	-	No determinado	No determinado	-
Pick up	-	No determinado	No determinado	-

La alcaldía de San Juan Opico a parte de los camiones recolectores de desechos sólidos también cuenta con contenedores metálicos conocidos común mente como centro de transferencias. Estos contenedores tienen la función principal de acaparar grandes volúmenes de desechos sólidos y luego ser transportados al centro de tratamiento, además cumple con la función de la no contaminación del medio, ya sea por animales o personas que viven de los desechos, dispersión de los desechos sólidos debido a lluvias.

4.9 Determinación de las nuevas áreas urbanizadas que requieren el servicio de recolección de desechos sólidos

Integrar de manera efectiva las nuevas áreas urbanizadas que requieren el servicio de recolección de desechos sólidos es esencial para asegurar un manejo adecuado de los residuos y mantener un entorno limpio y saludable.

El crecimiento urbano y la expansión de áreas residenciales conllevan la responsabilidad de planificar cuidadosamente la gestión de los desechos sólidos desde su inicio. Para integrar de manera efectiva las nuevas áreas urbanizadas que requieren el servicio de recolección de desechos sólidos, es fundamental adoptar enfoques sostenibles y proactivos.

En primer lugar, es crucial que las autoridades locales incorporen el manejo de residuos como una parte integral del proceso de urbanización y planificación urbana. Esto implica asegurarse de que las infraestructuras necesarias, como rutas de recolección, contenedores adecuados y estaciones de transferencia, estén presentes desde el inicio del desarrollo urbanístico.

Además, es esencial promover la conciencia ambiental y la educación sobre la importancia del manejo adecuado de los desechos sólidos entre los nuevos residentes. Campañas de sensibilización y programas educativos pueden fomentar prácticas de separación de residuos en origen y la reducción de desperdicios, lo que facilitará la labor de recolección y reciclaje.

La inclusión de tecnologías modernas y soluciones innovadoras también es clave para mejorar la eficiencia del servicio de recolección de desechos sólidos. La implementación de sistemas inteligentes de recolección, como el seguimiento por GPS de los camiones recolectores y la optimización de rutas, puede reducir costos y minimizar el impacto ambiental.

Asimismo, se debe considerar la posibilidad de incorporar en las nuevas áreas urbanizadas espacios para la ubicación estratégica de puntos limpios y contenedores de reciclaje. Facilitar la disposición de materiales reciclables animará a los ciudadanos a participar activamente en el proceso de reciclaje y reducirá la cantidad de residuos enviados a rellenos sanitarios.

La colaboración entre las autoridades municipales, empresas de servicios públicos y la comunidad es esencial para una gestión exitosa de los desechos sólidos en las nuevas áreas urbanizadas. Mediante una comunicación fluida y una participación de los ciudadanos, se pueden abordar desafíos y solucionar problemas de manera conjunta.

En conclusión, la integración adecuada de las nuevas áreas urbanizadas que requieren el servicio de recolección de desechos sólidos es una tarea compleja pero fundamental para garantizar un ambiente saludable y sostenible para los ciudadanos. Con una planificación cuidadosa, educación ambiental y tecnologías apropiadas, es posible lograr una gestión integral de los residuos y fomentar una cultura de responsabilidad ambiental en la comunidad.

4.10 Diagnóstico sobre el manejo actual de los desechos sólidos en la comunidad

El manejo adecuado de los desechos sólidos en una comunidad es esencial para mantener un ambiente limpio y saludable. La recolección de residuos juega un papel fundamental en este proceso y requiere una planificación cuidadosa y una ejecución eficiente.

Actualmente se cuenta con un plan de recolección que considera la cantidad de residuos generados por la comunidad y determina la frecuencia óptima para evitar acumulaciones y malos olores. La programación regular y predecible de la recolección brinda comodidad a los residentes y garantiza la higiene del entorno.

Asimismo, se cuenta con un servicio de recolección que cubre todas las áreas de la comunidad, incluyendo aquellas de difícil acceso. Los caminos y rutas de recolección están diseñados de manera eficiente para llegar a todos los hogares y negocios.

Se proporcionan contenedores adecuados y suficientes para que los residentes puedan depositar sus desechos de manera ordenada y segura. La instalación de contenedores específicos para diferentes tipos de residuos, como papel, plástico y materia orgánica, facilita la separación de residuos en origen y promueve el reciclaje.

La sensibilización y educación de los residentes sobre la importancia del manejo adecuado de los desechos sólidos son fundamentales. Se cuenta con campañas informativas que puedan ayudar a crear una cultura de responsabilidad ambiental, promoviendo prácticas como la reducción de residuos y el reciclaje.

La participación de los residentes en el proceso de recolección puede generar un sentido de pertenencia y responsabilidad. La comunidad puede colaborar reportando problemas o sugerencias para mejorar el servicio y colaborando en campañas de limpieza y recolección de desechos.

En conclusión, el manejo de los desechos sólidos en la comunidad requiere una gestión integral que considere aspectos como la planificación adecuada, la educación, la tecnología y la colaboración ciudadana. Con un enfoque proactivo y comprometido, es posible lograr una recolección eficiente y contribuir a un ambiente más limpio y sostenible para todos los habitantes de la comunidad.

4.11 FODA de la Municipalidad de San Juan Opico

A continuación, se presenta el FODA desarrollado por el municipio de San Juan Opico, el cual fue realizado con el apoyo de la municipalidad y habitantes de esta.

Fortalezas:

1. Cobertura geográfica del sistema de recolección de desechos sólidos en San Juan Opico cubre todo el municipio, asegurando que la mayoría de los residuos generados sean recogidos de manera regular.
2. Personal capacitado que trabaja es capacitado en el ámbito de la recolección de basura, garantizando un manejo adecuado de los desechos y reduce el riesgo de contaminación ambiental.
3. Las normativas actuales o leyes nacionales que respaldan la gestión ambiental y el manejo de desechos, facilitan la definición clara de responsabilidades, establece procedimientos para la recolección, tratamiento y disposición final de residuos, y

promueve prácticas sostenibles como la reducción, reutilización y reciclaje, lo que fortalece la institucionalidad y legitimidad del modelo actual de recolección de desechos sólidos.

Oportunidades:

1. El municipio tiene la oportunidad de implementar programas estructurados de educación ambiental, dirigidos a diferentes segmentos poblacionales (estudiantes, amas de casa, comerciantes), para fomentar la cultura de reducción, reutilización y reciclaje (3R). Esto incluye campañas en medios locales, talleres prácticos y material didáctico adaptado a la realidad comunitaria, lo que permitirá aumentar la participación ciudadana en la gestión sostenible de residuos.
2. El involucramiento organizado de la comunidad (vecinos, líderes locales, escuelas y grupos juveniles) en la gestión de residuos sólidos representa una oportunidad clave para mejorar la eficiencia del sistema. Mediante la creación de comités ambientales barriales y programas de voluntariado, se puede fortalecer la corresponsabilidad, facilitando la adopción de prácticas como la separación en origen y la limpieza comunitaria.
3. La formación de comités ambientales comunitarios, en coordinación con la municipalidad, permitirá una gestión descentralizada y participativa. Estos comités pueden actuar como enlaces entre la población y las autoridades, promoviendo buenas prácticas, reportando irregularidades y organizando jornadas de reciclaje y limpieza.
4. La implementación de un sistema de reciclaje con incentivos (como canje de materiales por bonos de descuento, beneficios fiscales o reconocimiento público) puede aumentar la participación ciudadana.

5. Las escuelas, iglesias y asociaciones locales pueden convertirse en aliados estratégicos para la difusión de buenas prácticas ambientales. Programas como ‘Escuelas Verdes’ o talleres en espacios comunitarios permitirán formar generaciones con mayor conciencia ecológica y replicar el conocimiento en los hogares.
6. La promoción de la separación de residuos desde los hogares, mediante guías ilustradas, talleres prácticos y la instalación de ‘puntos ecológicos’ en zonas estratégicas, puede mejorar significativamente la eficiencia del sistema. Esto, sumado a campañas de reconocimiento a familias destacadas, reforzará el sentido de responsabilidad ciudadana.
7. El sector privado (empresas locales, industrias y comercios) representa un aliado clave para impulsar la gestión sostenible de residuos. Mediante acuerdos de responsabilidad social empresarial (RSE), se pueden desarrollar programas de recolección selectiva, patrocinio de infraestructura o financiamiento de campañas educativas.
8. Las alianzas con empresas recicladoras, gestores de residuos y emprendimientos verdes pueden optimizar el modelo mediante sistemas de valorización de desechos. Esto incluye la creación de programas de empleo verde, incentivos económicos por separación de residuos y la posible generación de ingresos a través de la venta de materiales reciclables

Debilidades:

1. El actual modelo de recolección carece de planificación técnica, con rutas no optimizadas, vehículos en mal estado y falta de infraestructura intermedia, lo que genera altos costos operativos y cobertura irregular, especialmente en zonas rurales.

2. La escasez de contenedores adecuados y la ausencia de puntos estratégicos de disposición temporal dificultan la correcta gestión de residuos, favoreciendo la acumulación inadecuada y la contaminación.
3. No existe un sistema de segregación de residuos (orgánicos, reciclables, no reciclables) desde los hogares, lo que limita el reciclaje y aumenta el volumen de desechos enviados a disposición final.
4. Los recursos municipales son insuficientes para modernizar el servicio (adquisición de equipos, capacitación, infraestructura), lo que obstaculiza la implementación de mejoras sostenibles.
5. La baja conciencia ambiental y la falta de programas continuos de educación dificultan la corresponsabilidad ciudadana en la reducción, reutilización y reciclaje de residuos.

Amenazas:

1. La gestión deficiente de los desechos sólidos puede generar contaminación multisistémica: lixiviados que afectan fuentes hídricas, emisiones de metano en vertederos no controlados, y proliferación de vectores sanitarios (roedores, insectos) por acumulación de basura. Esto incrementa riesgos para la salud pública (enfermedades gastrointestinales, respiratorias) y degrada ecosistemas locales.
2. La alternancia política en el gobierno municipal puede generar discontinuidad en proyectos de gestión de residuos, con riesgos como: desarticulación de programas comunitarios, recorte de presupuestos asignados o rotación de personal técnico clave. Esto debilita la implementación de estrategias a largo plazo y reduce la eficiencia del sistema.

3. El crecimiento desordenado del municipio, especialmente en asentamientos informales o zonas periurbanas, dificulta la cobertura del servicio de recolección por: limitaciones de acceso vehicular, falta de infraestructura básica y aumento no controlado de generación de residuos. Esto deriva en microbasurales, saturación de sitios de disposición final y mayor presión sobre el sistema.
4. La dependencia de fondos municipales limitados y la ausencia de mecanismos de financiamiento alternativo (tarifas, alianzas público-privadas) amenazan la sostenibilidad del sistema, dificultando inversiones en: modernización de flota vehicular, infraestructura de tratamiento (ej.: compostaje) y programas de educación ambiental continuos.
5. La baja percepción de la responsabilidad ciudadana y la resistencia a adoptar prácticas como separación en origen o pago por servicios pueden limitar la efectividad del modelo. Esto se agrava por la falta de campañas masivas de sensibilización y participación local estructurada.

En conclusión, el sistema de gestión de residuos sólidos de San Juan Opico presenta fortalezas clave como cobertura municipal completa, personal capacitado y un marco normativo robusto, que constituyen una base sólida para implementar mejoras. Sin embargo, enfrenta debilidades críticas como rutas de recolección ineficientes, falta de separación en origen, infraestructura obsoleta y limitaciones financieras, que reducen su eficacia y sostenibilidad. Estos problemas operativos generan altos costos, cobertura irregular en zonas rurales y pérdida de oportunidades para el reciclaje.

Entre las oportunidades más relevantes destacan la implementación de programas educativos estructurados, la creación de comités ambientales comunitarios y el establecimiento de alianzas público-privadas con empresas recicladoras. Estas acciones podrían mejorar significativamente la eficiencia del sistema mientras generan beneficios económicos y ambientales. No obstante, existen amenazas como la contaminación por manejo inadecuado, la discontinuidad política y el crecimiento urbano desordenado, que podrían comprometer los avances si no se gestionan adecuadamente.

Para transformar el sistema se requiere una estrategia integral que combine: optimización técnica de la recolección, programas sostenidos de educación ambiental y mecanismos innovadores de financiamiento. Capitalizando las fortalezas existentes y las oportunidades identificadas, mientras se abordan las debilidades y amenazas, San Juan Opico podría desarrollar un modelo de gestión de residuos realmente sostenible y adaptado a sus necesidades particulares. La articulación de estos componentes será clave para garantizar el éxito a largo plazo del servicio.

4.12 PESTEL

La herramienta PESTEL es un marco de análisis estratégico que permite evaluar los factores macro ambientales que pueden influir en el desarrollo de un proyecto o modelo de gestión. PESTEL es un acrónimo que representa los siguientes factores: Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales. Al aplicar este análisis, se obtiene una visión más amplia del entorno en el que se implementará una estrategia, lo que permite identificar oportunidades y amenazas externas que podrían afectar su éxito.

En el contexto del desarrollo del tema "Modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliar, en el municipio de San Juan Opico, departamento de La Libertad", la herramienta PESTEL se convierte en un recurso esencial. Este análisis ayudará a comprender cómo los factores políticos, como las regulaciones gubernamentales y las políticas locales; los factores económicos, como los recursos financieros disponibles; los factores sociales, como las actitudes y comportamientos de la comunidad hacia la gestión de residuos; los factores tecnológicos, como la disponibilidad de tecnologías para el tratamiento y reciclaje de desechos; los factores ecológicos, relacionados con el impacto ambiental de los desechos sólidos; y los factores legales, como la normativa vigente en materia de residuos, pueden influir en la implementación y éxito del modelo de gestión propuesto.

Al abordar cada uno de estos factores, se podrá diseñar un modelo de gestión que no solo sea eficiente y sostenible, sino también adaptado a las realidades del municipio de San Juan Opico, asegurando así una mejor calidad de vida para sus habitantes y un entorno más limpio y saludable.

En el siguiente cuadro se presenta el formato aplicado al municipio de San Juan Opico como apoyo para la investigación.

Análisis PESTEL						
Factor		Detalle	Plazo			Impacto
			Corto plazo (1 mes o menos)	Mediano plazo (de 1 a 3 años)	Largo plazo (más de 3 años)	
Político	Regulaciones Gubernamentales	Las políticas y regulaciones emitidas por el gobierno local y nacional, como la Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje, pueden influir directamente en la implementación del modelo de gestión de residuos.	X			Positivo
	Apoyo del Gobierno Municipal	El respaldo y compromiso del gobierno municipal de San Juan Opico son fundamentales para la implementación exitosa del modelo de gestión. Su involucramiento en la sensibilización y formación de los ciudadanos es crucial.		X		Positivo
	Programas y Subsidios Gubernamentales	La disponibilidad de fondos o subsidios gubernamentales para la gestión de residuos puede facilitar la implementación de tecnologías avanzadas o programas de reciclaje.			X	Negativo
	Políticas de Gestión Ambiental	Las políticas ambientales establecidas por el gobierno local, orientadas a la sostenibilidad y la protección del medio ambiente, pueden ser un motor para la adopción de prácticas de gestión de residuos más sostenibles.		X		Positivo
	Estabilidad Política	La estabilidad política en el municipio y en el país en general puede determinar la continuidad y el éxito a largo plazo del modelo de gestión propuesto.		X		Positivo
Económico	Costo de Implementación	El análisis de los costos asociados con la implementación del modelo, incluidos los costos de infraestructura, mano de obra y tecnología, es crucial para determinar la viabilidad económica del proyecto.	X			Positivo
	Acceso a Financiamiento	La disponibilidad de fuentes de financiamiento, tanto públicas como privadas, para apoyar la inversión inicial en infraestructura y tecnologías para la gestión de residuos es un factor clave.			X	Indiferente
	Ingresos de la Comunidad	El nivel de ingresos de los habitantes de San Juan Opico puede influir en su disposición a pagar tasas o tarifas por la gestión de residuos, lo que afectaría la sostenibilidad financiera del modelo.		X		Positivo
	Impacto Económico Local	La creación de empleos locales a través de la implementación del modelo de gestión puede tener un impacto positivo en la economía local, lo que a su vez puede generar un mayor apoyo comunitario.	X			Positivo
	Inflación y Precios de Insumos	La inflación y la fluctuación de precios de insumos, como materiales para la construcción de infraestructura de gestión de residuos, pueden afectar los costos del proyecto y su viabilidad económica.	X			Positivo
Social	Conciencia y Educación Ambiental	El nivel de conciencia y educación ambiental de los ciudadanos de San Juan Opico influirá en la aceptación y participación en el modelo de gestión de residuos. Campañas educativas serán esenciales.		X		Positivo
	Actitudes Culturales	Las prácticas culturales y sociales relacionadas con el manejo de desechos, como la disposición a reciclar o separar residuos, jugarán un papel crucial en la efectividad del modelo.		X		Positivo
	Participación Comunitaria	La involucración de la comunidad en el proceso de toma de decisiones y en la implementación del modelo es clave para garantizar su éxito y sostenibilidad a largo plazo.			X	Indiferente
	Salud Pública	La gestión inadecuada de desechos sólidos puede tener impactos significativos en la salud pública. Un modelo efectivo debe abordar estos riesgos, mejorando las condiciones de salud de la población.			X	Positivo
	Demografía	La composición demográfica del municipio, como el tamaño y la densidad de la población, afectará la cantidad y tipo de desechos generados, así como la complejidad de su gestión.		X		Positivo

Análisis PESTEL						
Factor		Detalle	Plazo			Impacto
			Corto plazo (1 mes o menos)	Mediano plazo (de 1 a 3 años)	Largo plazo (más de 3 años)	
Tecnológico	Disponibilidad de Tecnologías para la Gestión de Residuos	La existencia y accesibilidad de tecnologías para la recolección, tratamiento, y reciclaje de desechos sólidos influirán en la eficiencia del modelo de gestión.		X		Positivo
	Innovaciones en Reciclaje	Las innovaciones tecnológicas en procesos de reciclaje y tratamiento de residuos pueden mejorar la eficacia y reducir los costos asociados con el modelo.	X			Positivo
	Infraestructura Tecnológica	La disponibilidad de infraestructura adecuada, como plantas de tratamiento de residuos, centros de reciclaje y tecnologías de recolección, es esencial para la implementación del modelo.			X	Indiferente
	Automatización y Digitalización	La automatización de procesos y la digitalización de la gestión de residuos pueden aumentar la eficiencia operativa y permitir un monitoreo más efectivo.			X	Positivo
	Capacitación Tecnológica	La necesidad de capacitar al personal y a la comunidad en el uso de nuevas tecnologías para la gestión de residuos es un factor crítico para el éxito del modelo.		X		Positivo
Ecológicos	Impacto Ambiental de los Desechos	La gestión inadecuada de los desechos sólidos puede tener efectos negativos significativos en el medio ambiente, incluyendo la contaminación del suelo, agua y aire. Un modelo efectivo debe mitigar estos impactos.	X			Positivo
	Cambio Climático	El cambio climático y sus efectos, como las precipitaciones y temperaturas extremas, pueden influir en la cantidad y tipo de desechos generados, así como en la viabilidad de ciertas tecnologías de gestión.		X		Positivo
	Conservación de Recursos Naturales	La gestión adecuada de los desechos puede contribuir a la conservación de recursos naturales a través del reciclaje y la reutilización, reduciendo la necesidad de extraer nuevos recursos.		X		Positivo
	Biodiversidad	La protección de la biodiversidad local es un aspecto importante a considerar, ya que la mala gestión de residuos puede dañar los ecosistemas y la fauna local.		X		Positivo
	Normativas Ecológicas	Las normativas ecológicas internacionales y locales establecen estándares que deben cumplirse en la gestión de residuos, garantizando que el modelo propuesto sea sostenible y respetuoso con el medio ambiente.		X		Positivo
Legal	Legislación Nacional sobre Residuos	Las leyes nacionales que regulan la gestión de residuos sólidos, como la Ley de Gestión Integral de Residuos y Fomento al Reciclaje, establecen el marco legal que debe seguirse en San Juan Opico.	X			Positivo
	Regulaciones Locales	Las ordenanzas y regulaciones municipales específicas a San Juan Opico deben ser consideradas para asegurar el cumplimiento legal del modelo de gestión.		X		Positivo
	Cumplimiento Normativo	El cumplimiento de las normativas legales es esencial para evitar sanciones y asegurar la operación continua y legítima del sistema de gestión de residuos.		X		Positivo
	Contratos y Acuerdos con Proveedores	Los aspectos legales relacionados con los contratos y acuerdos con proveedores de servicios y tecnologías para la gestión de residuos deben ser gestionados adecuadamente para evitar conflictos.		X		Indiferente
	rotección de Datos	Si el modelo incluye la recopilación y manejo de datos personales, como información sobre hábitos de reciclaje, debe cumplir con las leyes de protección de datos para evitar posibles violaciones legales.		X		Positivo

4.12.1 Análisis PESTEL

Según lo antes descrito en el formato de PESTEL se revela múltiples factores críticos que influirán en su implementación y éxito. Políticamente, el apoyo del gobierno local y el cumplimiento de normativas nacionales son fundamentales para garantizar la legalidad y sostenibilidad del proyecto. Económicamente, el costo de implementación, la disponibilidad de financiamiento y el nivel de ingresos de la comunidad determinarán la viabilidad financiera del modelo. Socialmente, la educación ambiental y la participación comunitaria serán clave para fomentar la adopción de prácticas de reciclaje y manejo adecuado de residuos, mejorando así la salud pública. Tecnológicamente, la disponibilidad de infraestructura adecuada y tecnologías innovadoras para el tratamiento y reciclaje de residuos permitirá optimizar los procesos y reducir costos a largo plazo. Finalmente, desde una perspectiva ecológica, es crucial mitigar los impactos ambientales negativos mediante la implementación de un sistema que proteja los recursos naturales y la biodiversidad local, al tiempo que se adapta a los desafíos del cambio climático.

CAPÍTULO V - Propuesta modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliar

5.1 Descripción del Modelo Propuesto

El modelo que se propone de la Gestión de Desechos Sólidos se basó en el diagnóstico de la situación actual y en el enfoque de responsabilidad de la comunidad y la alcaldía del municipio de San Juan Opico.

El modelo de gestión integrado incluye el factor de la utilización del relleno sanitario, la unidad de reciclaje y la planta de compostaje, sin olvidar a la municipalidad la cual deberá de desarrollar las recomendaciones y los aspectos de implementación del modelo.

El planteamiento del relleno sanitario apoyaría en disponer todos los tipos de desechos generados en la municipalidad y los diferentes tipos de derechos existentes, ya que para estos desechos se diseñará la planta de compostaje y una unidad de reciclaje donde se almacenarían y comercializaría a las respectivas consideraciones.

La planta de compostaje es un método conocido y basado en la separación de la materia orgánica para su posterior tratamiento con el fin de obtener el compost o humus que sirve como abono y alimento al suelo. Existen diferentes tipos de compostaje, pero el que se utiliza es el llamado “Compostaje de pilas o montículos” y se basa en la construcción de una pila formada por las diferentes materias primas, y mantener condiciones óptimas para su buen funcionamiento. Estas condiciones serían temperatura, pH, humedad, y la realización de un buen mezclado de los montículos para mantenerles la aireación necesaria para que los microorganismos actúen y descompongan la materia orgánica.

El último factor no es el menos importante y se debe considerar como parte de un modelo integral ya que este permite dar una continuidad y desarrollo a la propuesta presentada, siendo la unidad de reciclaje, aquella que permitirá que ningún tipo de tratamiento al material recolectado,

sea únicamente separada de los materiales y clasificado según el tipo y composición para ser posteriormente vendidos a posibles plantas procesadoras.

Dentro de los aspectos considerados del modelo gestión de los desechos sólidos propuesto son:

- Alto interés por asegurar la prestación del servicio público del manejo integral de los desechos sólidos.
- Limitada afectación al medio ambiente.
- Priorizar la prevención y valorización de los desechos sólidos.
- Factibilidad de las operaciones y factores económicos.

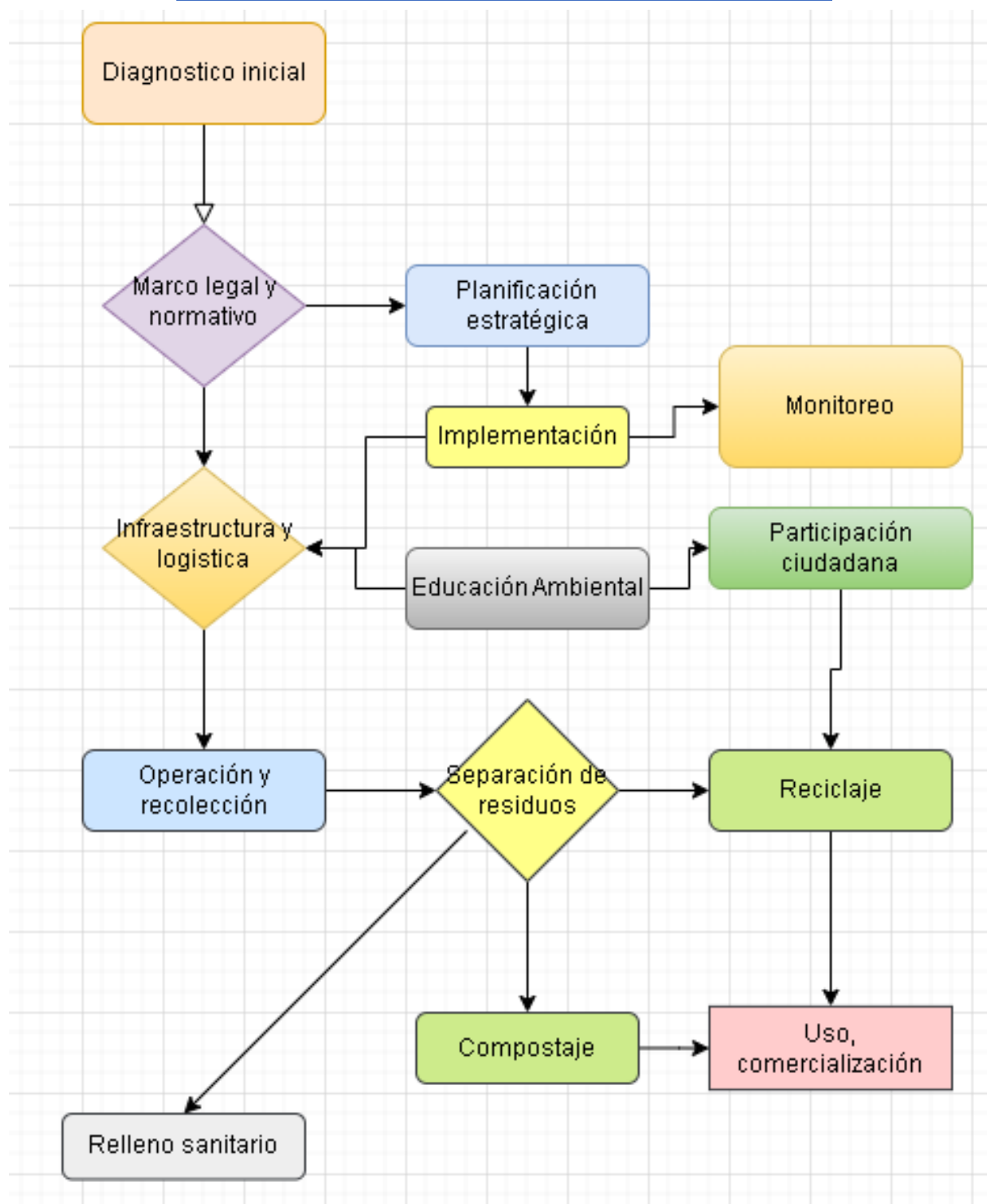
El diseño del modelo del Plan de Desechos Sólidos Domiciliares tiene tres aspectos que deben ser considerados en su desarrollo y no se debe de ignorar estos son:

- Bases del diseño.
- Planeación Estrategia de la Gestión Integral de Desechos Sólidos domiciliars.
- Diseño y evaluación de las líneas estrategias principales.

Las bases del diseño contemplan etapa indispensable que serán necesarias para conocer el entorno en donde se trabajará, con el fin de plantear un modelo que cumpla con las necesidades de la municipalidad y según la legislación salvadoreña.

En el siguiente esquema se encuentran los puntos a desarrollar dentro del Modelo de gestión Integral para el manejo de los Desechos Sólidos Domiciliar.

Modelo de gestión Integral para el Manejo de los
Desechos Sólidos Domiciliar



Elaboración propia

A partir de este punto se considera la información a ser presentada en el siguiente cuadro, el cual presenta aspectos identificados en el lugar de la investigación

Tabla de tipos de residuos y localización

Fuente	Tipo de residuos	Localización o actividad donde se genera
Doméstica	Residuos de comida, papel, cartón, restos de jardín, electrodomésticos, residuos peligrosos.	Viviendas unifamiliares, multifamiliares y áreas residenciales urbanas y rurales.
Institucional y comercial	Papel, cartón, latas, residuos de comida, vidrio, restos de jardines, residuos electrónicos.	Escuelas, comercios, restaurantes, oficinas municipales, talleres, mercados.
Construcción	Escombros, madera, hierro, hormigón, desechos de obras menores.	Proyectos de urbanización, construcción de viviendas y carreteras.
Servicios municipales	Restos de limpieza de calles, jardines, parques, polvo, escombros.	Zonas públicas, calles principales, parques, áreas verdes urbanas.
Plantas de tratamiento	Lodos y residuos sólidos de tratamientos de agua potable o residual.	Planta de tratamiento de aguas residuales del municipio.
Agrícola	Desechos de cosechas, residuos de pesticidas, fertilizantes y plaguicidas.	Áreas rurales agrícolas, fincas de cultivo, producción ganadera.

Fuente propia

Es así como se establece la planeación, con el que se busca integrar a todos los involucrados en el municipio y comprometiendo a todos los habitantes de esta.

El diseño y evaluación de las líneas estratégicas considera los resultados del diagnóstico y el FODA como inicio del cual se estableció una perspectiva del Plan propuesto.

El modelo tiene los siguientes componentes: Generalidades, filosofía, etapas del diseño que contiene: diagnóstico, estrategias de acercamiento, ejes, objetivos, líneas, estrategias, metas, actividades y presupuesto. La importancia de estos elementos se debe a que son revisados continuamente y se adaptan a cambios que se puedan surgir, así como a los resultados de los avances obtenidos que sirven para la implementación de la propuesta.

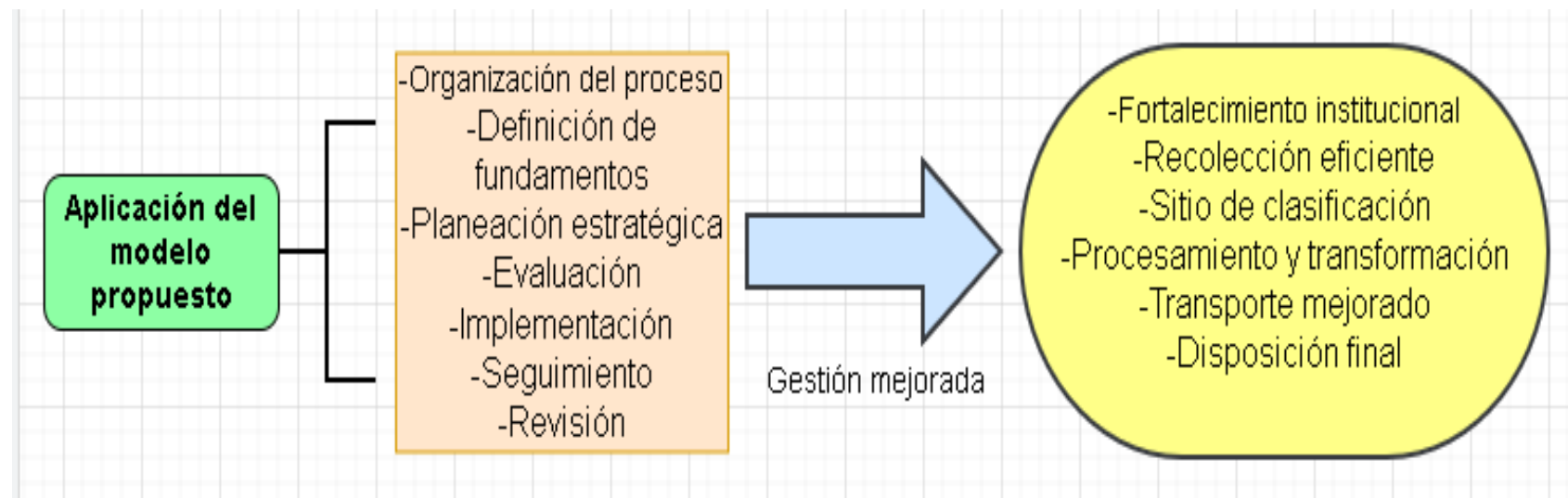
En la ejecución de la propuesta se estableció que su importante se definen en base al monitoreo y continuidad la cual permiten obtener procesos adecuados, mejorando la utilización de los recursos a nivel económicos, humanos e implementando todas las acciones posibles para preventivas aquellas necesidades que no permitan el cumplimiento de los objetivos y metas establecidas para el Plan.

- **Proceso de Desarrollo del Modelo de Gestión de Desechos Sólidos.**

Como punto de partida para analizar la gestión actual, se presenta a continuación un esquema del manejo de residuos sólidos para el municipio diseñado para esta propuesta, el cual tiene como fin presentar los escenarios los procesos de planificación y diseño e incorporación de los componentes de mejora, los cuales proyectan aquellos cambios en el proceso, como se muestra a continuación.

Esquema de la propuesta del sistema de gestión

Ilustración 13 - Esquema del modelo de gestión de desechos solidos



Elaboración propia

- **Componentes de la Planeación Estratégica del Modelo**

La Planeación Estratégica del modelo comprende los siguientes componentes estratégicos políticos y operativos, los cuales no consideran los siguientes elementos: Visión, Misión, Valores, principios, enfoque, objetivos y las estrategias necesarias que permitan la operatividad del proyecto.

Sera muy de importancia que los objetivos permitirán dejar claro el alcance de la propuesta las cuales consideran ser parte de un conjunto de actividades que lograrían el cumplimiento de estos, es así como el plan de ejecución requerirá de una formulación y ejecución del modelo, por medio de un plan que se debe definir cada año, en este se pueden observar las estrategias a corto y mediano plazo, en conjunto con los responsables.

5.2 Utilización de una lista de cotejo

Los indicadores los cuales por medio de una evaluación de tipo cualitativa permitirá evaluar la propuesta en términos tales como: claridad, análisis e interpretación, las cuales buscaran validar su implementación.

Una lista de cotejo es una herramienta que se utiliza para verificar si se han cumplido ciertos criterios o tareas. En el contexto de la gestión de desechos sólidos municipales, esta es de utilidad para el aseguramiento de la verificación de la realización de prácticas adecuadas para la gestión de residuos. A continuación, se presenta la lista de cotejo utilizada para este proyecto.

La escala de valoración a ser utilizado en la lista de Cotejo seria:

10 = Logrado

8 = Logrado con apoyo

0 = No logrado

5.2.1 Lista de cotejo aplicada a la municipalidad

Tabla 4 - Lista de cotejo aplicada

LISTA DE COTEJO				
PARTICIPANTE: Representante de la municipalidad				
OBJETIVO: Evaluar el nivel de comprensión por parte de las partes interesadas del Municipio de San Juan Opico, para la propuesta del Modelo de Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos Domiciliares.				
INDICADORES	ESTATUS			OBSERVACIÓN
	LOGRADO	LOGRADO CON APOYO	NO LOGRADO	
Identifica los actores locales vinculados al tema de desechos domiciliars	10			
Completa de manera congruente la estructura organizativa de la municipalidad	10			
Se tiene claro la ubicación de la unidad de desechos sólidos dentro de la organización municipal	10			
Propuesta del modelo de gestión que considera las necesidades e intereses del municipio.		8		
Completan de manera correcta los instrumentos presentados para la elaboración del diagnóstico		8		Se requiere de información competente de las unidades de las municipalidades, implicado en la participación con la fase del diagnóstico.

LISTA DE COTEJO				
PARTICIPANTE: Representante de la municipalidad				
OBJETIVO: Evaluar el nivel de comprensión por parte de las partes interesadas del Municipio de San Juan Opico, para la propuesta del Modelo de Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos Domiciliarios.				
INDICADORES	ESTATUS			OBSERVACIÓN
	LOGRADO	LOGRADO CON APOYO	NO LOGRADO	
Considera adecuadas las directrices presentadas para la definición y alcance del modelo de gestión		10		
Retoma el modelo de gestión que se propone	8			
Lenguaje utilizado en la guía del modelo de gestión debe ser claro para los usuarios	8			
Quedan claras las instrucciones para llevar a cabo el modelo de gestión	8			
Está de acuerdo con los componentes presentados en el modelo de gestión	8			
Comparte las secuencias de forma lógica presentada de los componentes del modelo de gestión		10		
Total, de puntos	62	36	0	

5.2.2 Análisis e interpretación de la lista de cotejo

Según lo evaluado e identificado en la lista de Cotejo se evaluó a través de los colaboradores de la alcaldía de la municipalidad y los habitantes de San Juan Opico en general.

Aspectos evaluados:

- Claridad del cuestionario utilizado para la captura de información.
- Conocimiento a nivel organizacional, técnico y financieros de la municipalidad.
- Identificación del alcance del servicio que se pretende ofrecer.
- Entendimiento de los indicadores.
- Congruencia en la propuesta.
- Interés en el proyecto.
- Importancia.
- Factibilidad de la propuesta.

El enfoque cualitativo fue parte de la evaluación debido a que se pretendía busca la capacidad que tienen la municipalidad de San Juan Opico para ofrecer el servicio de recolección, logrando así diseñar y ejecutar un documento que, según las necesidades e intereses de esta, permitiendo una gestionar integral para la recolección de los desechos sólidos domiciliarios.

Se logro completar las actividades de recolección de información de manera efectiva, procediendo a la asignación del puntaje correspondiente y con el acuerdo de los involucrados y la valoración en valores como 10, 8 y 0 al como ultimo valor.

Al revisar los resultados de los elementos evaluados se logra determinar que en el 98% de los implicados los cuales comprenden y tienen la capacidad de utilizar una propuesta como un instrumento que permita construir un documento adaptado a la situación actual en el municipio.

De igual manera durante las visitas de campo realizadas en el municipio de San Juan Opico se ha considerado algunas de las causas que estarían contribuyendo a la disposición de los desechos por parte de la población:

- a) Limitada frecuencia en el servicio de recolección de desechos ofrecido.
- b) Procesos incipientes con relación a educación en medio ambiental en la población.
- c) Poca disponibilidad de recipientes para recolectar desechos en la vía pública.
- d) Limitada participación ciudadana en proyectos municipales enfocados en el tema.

A nivel de los recursos económicos, técnicos y humanos enfocados en el manejo integral de los residuos, se evidencia por medio de indicadores como estos ofrecen una cobertura en el servicio, frecuencia y la diferencia existente entre los volúmenes producidos y recolectados, suponiendo que no están en correspondencia con el crecimiento municipal de San Juan Opico.

Los resultados obtenidos del sistema de manejo de desechos actual no son sometidos a procesos de evaluación, por lo tanto, no se permite comprobar su verdadera eficiencia, disminuyendo la capacidad de promover cambios por parte del Gobierno Local, y limitando la incorporación de mejoras a nivel de estrategias que proporcione el ofrecimiento de un mejor servicio.

Prueba de las limitantes que enfrenta este lugar es que no existen estaciones de transferencia de desechos sólidos, por este motivo, las unidades de recolección primaria se encargan de transportar de manera inmediata y directa los residuos hacia el lugar de disposición final, boicoteando el potencial económico de ésta para apoyar el desarrollo de la localidad.

Otro detalle visto es que los niveles de registro de información sobre el servicio de limpieza pública son genéricos en la municipalidad, los cuales impidieron disponer de información, por lo tanto, permite no se tomar decisiones con bases sólidas y monitorear las posibles mejoras. Esta situación ocurre tanto con los datos financieros, así como con la información de eficiencia a un nivel técnico.

Considerando la lista anterior se desarrolló un manual que responde a la construcción detalla de un modelo de gestión integral de desechos sólidos en la municipalidad de San Juan Opico, por lo que se presenta a continuación.

El siguiente manual está comprendido en las siguientes etapas:

- Diagnostico.
- Situación de los desechos sólidos en el municipio.
- Variable técnica.
- Alcance del modelo de gestión.

Los puntos anteriores son solo algunos de los utilizados para el modelo gestión propuesto.

El siguiente manual tiene el propósito de desarrollar una propuesta de un modelo de gestión de desechos domiciliarios para la municipalidad de San Juan Opico, el cual tiene el fin de apoyar en su realización a futuro y ha considerado varios aspectos que ayuden de forma directa a la municipalidad.

5.3 Modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliar

A continuación, se plantea una guía como herramienta para proporcionar información que permita elaborar un modelo de Gestión Integral para el manejo de los Desechos Sólidos en el municipio de San Juan Opico de El Salvador, el cual es el resultado de un estudio realizado para la municipalidad mencionada. Se pretende ofrecer una visión ordenada que son parte del municipio permitiendo obtener un mayor conocimiento, comprensión y dominio de su realidad.

El municipio posee diferentes indicadores tales como: población por municipio, grado de urbanización, Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (INBI) y número de contribuyentes del IVA por cada 10,000 habitantes, número menor de habitantes, baja densidad poblacional, predominantemente rurales, baja de número de contribuyentes IVA y registran los índices más elevados de necesidades básicas insatisfechas, sumando a lo anterior se debe dejar claro que la implementación de la gestión se pretende que independiente al Gobierno que se pongan al frente del país, puede ser efectivo en la gestión propuesta, esto es debido a que se busca guiar a los interesados del municipios los cuales debe de elaboración registros y obtener datos que ayuden a la municipalidad.

La fortaleza para este modelo de gestión radicaría en la participación de las autoridades, actores locales y habitantes del municipio en general en la realización y ejecución, utilizando a su vez en la planificación estratégica y a aplicación de conceptos técnicos y de ingeniería que ayuden a su desarrollo.

Otro de los componentes de debe ser de interés es la educación ambiental para las instituciones gubernamentales no gubernamentales y la población en general; así mismo se presenta estrategias para la reducción de costos en las actividad de modo general a través de una sostenibilidad para la organizaciones de intereses, la economía y los aspectos sanitario ambiental, creado mecanismos que permiten regular e implementación un programas educativos aplicando las 3R (Reducción, Reutilización y Reciclaje de desechos sólidos).

5.4 Generalidades del modelo de gestión integral para el manejo de desechos domiciliarios

La oportunidad de construir posibles escenarios que logre hacer cambios estructurales para una sociedad en cuanto al tema de desechos sólidos, en donde se aplicó la legislación vigente del país y del municipio de San Juan Opico, los cuales garantizarían la sostenibilidad del proyecto. Adicional a la participación de todos los actores locales, responsables de la generación y manejo de los desechos, se pretende generar una capacidad a nivel institucional y municipal para la organización de un servicio de aseo integral de los desechos sólidos, así como a los planes de desarrollo para la municipalidad a futuro.

Las capacidades con que cuenta el Gobierno para apoyar proyecto como los presentado en este documento son los siguientes: legislación vigente en el municipio, incluyendo leyes primarias y secundarias, recursos humanos encargados del manejo a nivel local, recursos técnicos disponibles, presupuesto destinado para cubrir las necesidades del área, participación ciudadana y la capacidad de gestión para captar proyectos de apoyo de otras organizaciones o el diseño de estrategias a nivel interna que permita ofrecer una cobertura.

5.4.1 Participantes

En enfoque que busca la gestión integrada es que las comunidades, instituciones, organizaciones con funciones y responsabilidades en el cuido del ambiente, así como el manejo de los desechos; en las empresas y personas que viven de la comercialización de los desechos organismos de tipo social y económico, los cuales son vinculados al municipio de San Juan Opico.

5.5 Planteamiento del plan de gestión integral

Para este apartado se detalla los componentes y procesos que se deben contemplar en la Gestión Integral del Manejo de Desechos Sólidos para la Municipalidad de San Juan Opico de El Salvador, la cual está asociada con un compromiso que tienen los gobiernos locales como los principales entes responsables de la práctica de valores, principios y enfoques que permiten darle cumplimiento a la misión, visión y objetivos que rigen la razón de ser de las acciones contempladas en la estructura de la gestión integrada propuesta, esta considera los indicadores que serán de ayuda para servir como base de análisis en el enunciado correspondientes a: misión, visión, valores, principios y enfoque, del sistema de gestión.

5.6 Etapas de la creación del sistema de gestión

5.6.1 Diagnóstico

El modelo de gestión se presenta ante la necesidad de realizar un proceso adecuado de recolección de desechos sólidos domiciliarios, siendo por tal motivo la utilización de un diagnóstico que permita definir las condiciones actuales de dicho manejo para el municipio, e identificar los componentes técnicos, operativos, comerciales, administrativos y financieros, así como sus características físicas, socioeconómicas, institucionales y ambientales existentes en el municipio.

El diagnóstico se desarrolló por medio de un proceso de análisis de la realidad actual que permita establecer los siguientes puntos:

- Identificar, describir, analizar y evaluar los problemas asociados a los diferentes componentes de la prestación del servicio público en materia a la gestión de aseo por la recolección de desechos sólidos.
- Plantear las causas y reconocer las consecuencias de dichos problemas.
- Definir las responsabilidades e importancia de los diferentes actores involucrados.

Al finalizar el diagnostico se busca obtener resultados que definan la línea base y los valores asociados a los posibles indicadores que describan la situación actual en la prestación del servicio de recolección de desechos.

Para la etapa del diagnóstico se deberá de obtener por medio de fuentes primarias y secundarias; siendo la caracterización física y química de los residuos sólidos aquella información que ayudara a medir directamente los procesos evaluados, sin olvidar la percepción de los usuarios y responsables de la ejecución de recolección los cuales deberán aplicar un instrumento como es

un indicador sea general o específico para las diferentes etapas, esta información se obtendrá por medio de un cuestionario para los colaboradores de la alcaldía responsable del municipio de San Juan Opico y sus habitantes, estas se encuentra en el área de anexos.

5.6.2 Proceso de Planificación

El problema de manejo de desechos sólidos municipales se debe realizar por medio de una orientación a través de preguntas guías en donde se evalúan la actualidad y el pasado como el objetivo de anticipar los eventos que se pueden relacionarse con la iniciativa propuesta en este documento. A continuación, se describen las preguntas utilizadas para definir una planificación adecuada para una gestión integrada.

¿Qué se va a ejecutar?

Analizar la situación actual de cómo se encuentra y en la que ha estado el manejo de los desechos sólidos domiciliarios en la municipalidad, así como las proyecciones de mejora del proceso.

¿Cuál es el motivo?

Establecer de forma sistemática el manejo de los desechos sólidos domiciliarios por medio de estrategias que permitan potencializar los recursos de apoyo para promover acciones que beneficien a la municipalidad.

¿Quiénes serán los implicados?

El Gobiernos Local, actores presentes en el municipio y los habitantes de este.

¿Cómo se ejecutaría el sistema de gestión integral?

Se debe de ejecutar estrategias que participen en acciones de sensibilización para la comunitaria, con el fin de fortalecer a los gobiernos locales finalizando con el desarrollo de la participación municipal, los cuales pueden proporcionar por medio de esfuerzos en la gestión de los desechos sólidos, por medio de talleres, jornadas de limpieza, concursos, marchas, procesos de capacitación entre los más destacados.

¿Cuándo se ejecutará?

Las estrategias que se plantean han sido clasificadas como de corto, mediano y largo plazo, definiendo un periodo de tiempo de 1 a 5 años, sin embargo, según lo contemplado a través de éstas, se espera realizar evaluaciones de resultados por actividad, proyecto o finalización de este comprendido para un año.

¿Quién será el responsable de la ejecución?

La municipalidad considera los recursos, y los roles y funciones que tienen los encargados en el tema de recolección de desechos sólidos en la municipalidad. Serán estos los encargados o responsables para coordinar e incorporar estrategias y propuestas presentadas en este documento, al mismo tiempo se utilizaran canales de comunicación externa que permitan la vinculación con actores locales involucrados para abordar situaciones específicas, por lo tanto, se forman bloques que motiven a los colaboradores de la comunidad para que formen parte de la cadena que debe interactuar en mejorar cualitativa y cuantitativamente los procedimientos de recolección de los desechos en el municipio.

5.6.3 Proceso del diseño de mapa de actores

Este se constituye como un instrumento metodológico utilizado con el propósito de identificar aquellos actores claves de un tema de interés, proyecto o programa a impulsar. Este permite analizar los roles, funciones de cada uno de los implicados, las relaciones de poder, interdependencia existente las cuales pueden influir de forma positiva o negativa en un proyecto a impulsar.

Para el caso, de un mapa de actores este se diseña de forma integral al marco del Manejo de Desechos Sólidos presentes en la municipalidad de San Juan Opico. Para tal fin se considerarán en la propuesta, y así como se logra establecer un impulso o acciones que permitan desarrollar y buscan abordar la problemática de los desechos generados en la municipalidad.

En este contexto se tendrán de tipo primario, representados por el gobierno municipal y el sector privado, este último a través de su programa de responsabilidad social empresarial, que es parte de los requisitos legales que deben cumplir. Asimismo, existen secundarios, constituidos por el conjunto de instituciones públicas o privadas que brindan un soporte a las actividades impulsadas sobre el tema componiendo el tejido socio institucional que fortalece la cobertura y acceso a los proyectos.

5.6.4 Conocimiento del entorno

Los aspectos sociales, económicos, políticos, culturales, religiosos, demográficos, geográficos, así como los relacionados con el medio ambiente, (flora, fauna silvestre, recursos hídricos, etc.), debe ser aplicado en un enfoque general, es así como el conocimiento de la municipalidad y sus relaciones.

5.7 Situación de los desechos sólidos en el municipio

En la actualidad la situación actual del manejo de los desechos sólidos domiciliarios en el municipio se analizan en base a las siguientes variables:

5.7.1 Variable técnica

Los tópicos técnicos se analizan según su ciclo de vida para el caso de los desechos sólidos. Por lo tanto, se aplicarán instrumentos dirigidos al coordinador, trabajadores de la alcaldía responsables de la recolección de desechos sólidos en la municipalidad y sin olvidar a la población del lugar; estos contienen indicadores que evalúan las etapas que lo constituyen y se almacenan los cuales son barrido en las calles, recolectan, transportan y disponen.

5.7.2 Variable caracterización de los desechos sólidos

El estudio de las características de los desechos sólidos se debe caracterizar y definir que serán los que se contienen en los domicilios del municipio, a partir de este punto se define en cinco pasos, los cuales son:

1 Análisis de la distribución de la población

Este punto consiste en la verificación de zonas del municipio en donde se determinar las áreas de forma homogéneas y delimitarlas tomando en cuenta la siguiente clasificación.

Tabla 5 - Estrato socioeconómico

Estrato socioeconómico		
Alto	Medio	Bajo
Urbanización de residentes de arquitectura sobresaliente.	Urbanización antigua y popular densamente poblada.	Viviendas precarias construido con material rustico.
Posee todos los servicios urbanos y otros complementos.	Posee servicios básicos con mejores condiciones que los bajo.	Carece de algunos servicios básicos, estrato en proceso de consolidación.
Habitantes gozan de altos ingresos	Ingreso económico poco mayor o igual al sueldo mínimo actual.	Ingreso económico familiar por debajo del sueldo mínimo actual.

2 Determinación del número de muestras por estratos

Este punto se definió anteriormente en este documento como parte de la metodología de investigación en donde se definió a cuantas personas se estaría realizando una encuesta o evaluado para apoyar el análisis de la propuesta presentada.

3 Procedimiento para la realización de la encuesta

Una vez obtenido el tamaño de la muestra se realizó la ejecución de la encuesta en el municipio, la cual se realizó considerando los siguientes puntos:

- Trazado de rutas donde se realizará la encuesta en el municipio.
- Se explican los objetivos y la metodología a la población involucrada en el estudio (amas de casa y familia en general del municipio).

4 Definición de los tipos de residuos

A continuación, se presenta una matriz de la clasificación de los tipos de residuos que se obtienen en la recolección de desechos en la municipalidad.

Tabla 6 - Matriz de tipos de residuos

Nº	TIPOS DE RESIDUOS	DETALLE
1	Materia Orgánica	Considera restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares.
2	Madera, Follaje	Considera ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas.
3	Papel	Considera papel blanco tipo bond, papel periódico y otros.
4	Cartón	Considera cartón marrón, cartón blanco y cartón mixto
5	Vidrio	Considera vidrio blanco, vidrio marrón, vidrio verde.
6	Plástico PET	Considera botellas de bebidas, gaseosas, aceites
7	Plástico Duro	Considera frascos, bateas, otros recipientes

Nº	TIPOS DE RESIDUOS	DETALLE
8	Bolsas	Se consideran a aquellas bolsas chequeras o de despacho.
9	Aluminio	Se considera envases de gaseosa en lata, marcos de ventana, etc.
10	Metal	Se considera latas de atún, leche, conservas, fierro
11	Telas, textiles	Restos de telas, textiles
12	Caucho, cuero, jebe	Se consideran restos de cartuchos, cuero o jebes.
13	Pilas	Son residuos de pilas.
14	Restos de medicinas, focos, etc.	Considera restos de medicina, focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares.
15	Residuos de servicios higiénicos	Considera papel higiénico, pañales y toallas higiénicas.
16	Residuos Inertes	Considera, tierra, piedras y similares.
17	Otros (Especificar)	Se consideran aquellos restos que no se encuentran dentro de la clasificación por tipo de residuo.

Nota: Todos estos tipos de desperdicios deben ser pesados total o individualmente de sus elementos.

5.8 Funciones de la municipalidad enfocada en la Gestión integrada de desechos sólidos.

Dentro de las funciones que la municipalidad deberá poseer serian:

Estar pendiente de la recolección que se realice con el número de camiones de recolección con sus respectivos motoristas y apoyos, sin olvidar los horarios que deben ser establecidos y el número de veces por semana que estaría recolectando, adicional se deberá de asegurarse que los desechos sean transportados y depositados en el lugar específico entre el relleno sanitario y la planta de compostaje para su posterior tratamiento.

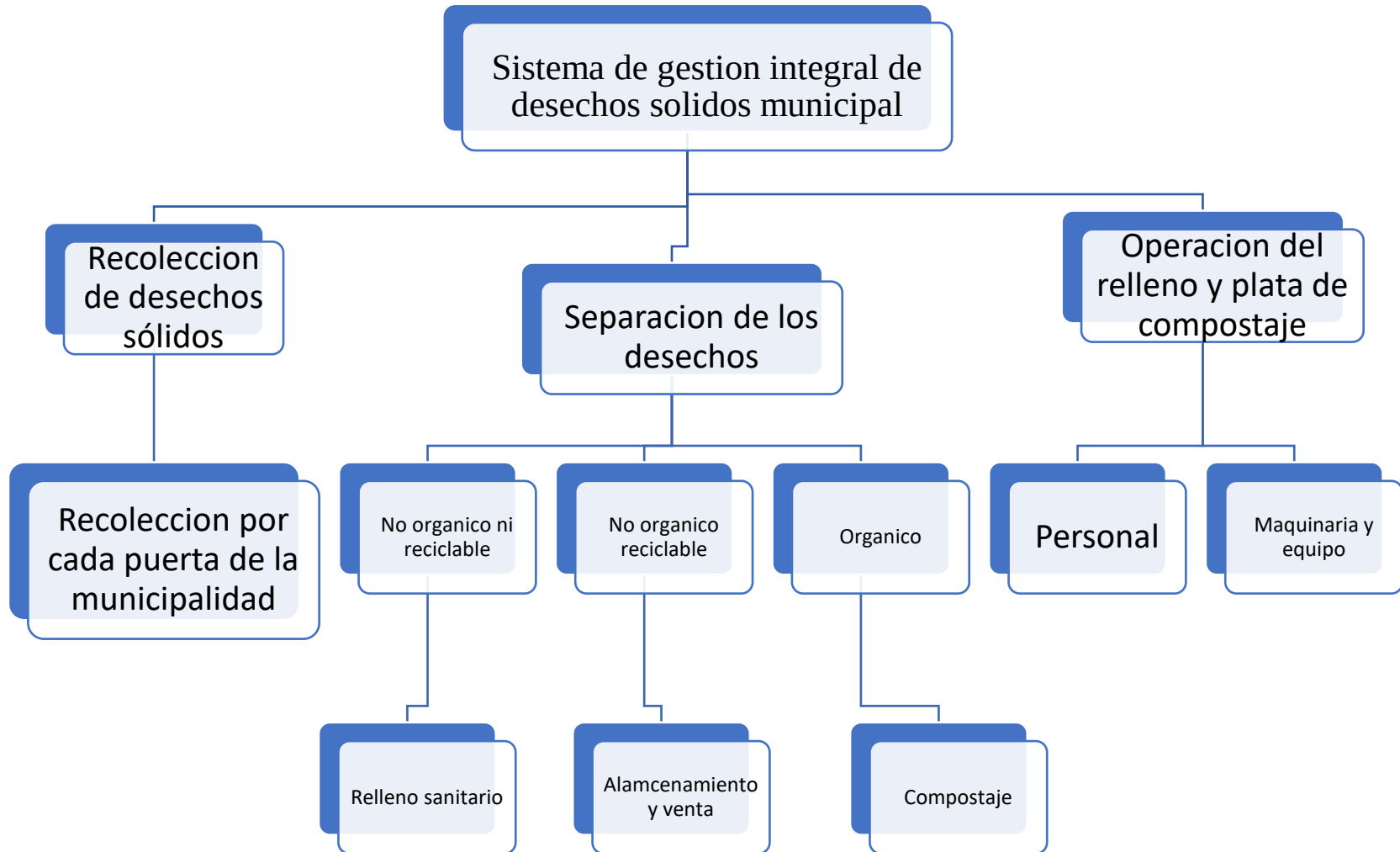
Se debe de asegurar que la separación de los desechos orgánicos y no orgánicos se realicen de manera efectiva. Esto sería logrado por medio de un número de personas determinadas para realizar dicha separación los cuales transportarían los desechos hacia las áreas de tratamiento respectivas. Dicho personal necesita de equipo adecuado para clasificar los desechos en dos tipos (orgánicos y no orgánicos).

La operación y el mantenimiento del relleno sanitario y la planta de compostaje, debe ser ejecutado primero para la planta de compostaje determinar un número de personas determinadas, para formar los montones de desechos, homogenizarlos y mezclarlos de forma periódica para que exista la aireación necesaria. En el caso del relleno sanitario, será necesario poseer personal encargado de colocar los desechos en las zanjas o excavación, compactarlos y rellenarlos con las capas de tierra necesaria.

A continuación, se presenta el sistema de gestión integrado de desechos sólidos en forma gráfica para mayor comprensión de las funciones que deberá ejecutar la municipalidad en cuanto a la gestión de los desechos sólidos conformada por las diferentes áreas involucradas.

5.8 Estructura de las funciones del Sistema de gestión de desechos solidos

Ilustración 14 - Funciones del sistema de gestión de desechos sólidos



Elaboración Propia

5.9 Colaboradores para el sistema

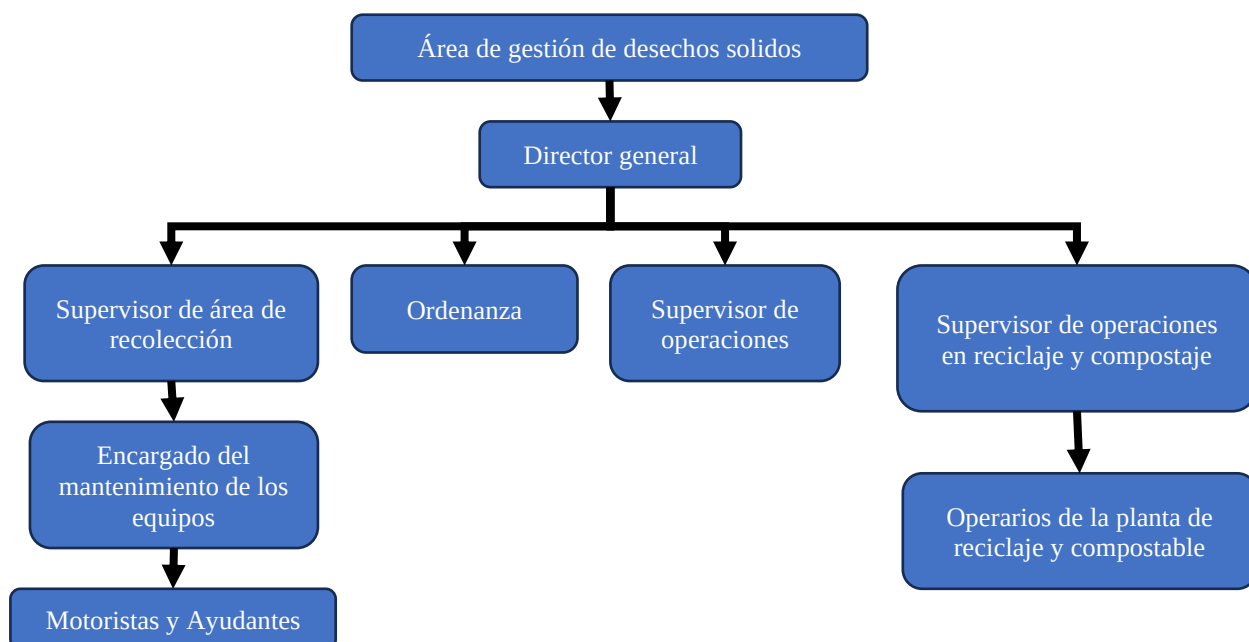
Los colaboradores que apoyen en la ejecución de la gestión propuesta en este documento son muy importantes y necesarios siendo estos los encargados del funcionamiento correcto de cualquier sistema.

Es la unidad de gestión de desechos sólidos la que debe estar conformada por personas encargadas de coordinar y definir la operación, por lo tanto, se debe definir un número de colaboradores necesarios que se encarguen de la recolección, considerando a los motoristas de los camiones y sus ayudantes.

El personal debe estar capacitado para encargarse y apoyar en el funcionamiento y mantenimiento de la planta de compostaje y el relleno sanitario, adicional a esto las personas encargadas deberán de realizar la separación de los desechos y el supervisor del proceso encargado deberá de dirigir y organizar a dicho personal.

En el siguiente esquema se presenta el organigrama propuesto de la unidad de gestión de desechos sólidos a ser utilizada para esta investigación.

Ilustración 15 - Organigrama de la Unidad de Gestión de Desechos Sólidos



5.9.1 Conceptualización de los elementos del organigrama de la unidad de gestión de desechos sólidos propuesto

A continuación, se describen los elementos presentados en el organigrama anterior con fin de dejar claro los aspectos que estos deben contener para su utilización y desenvolvimiento en la alcaldía de San Juan Opico.

- **Director General:** Se refiere al encargado de organizar y dirigir toda la operación y mantenimiento del sistema, cubriendo las áreas de recolección, mantenimiento de equipos, operación del relleno sanitario y planta de compostaje. Su enfoque es de tener un contacto directo con los demás responsables de la unidades, además tiene como función principal ser el contacto con los altos mandos de la alcaldía la municipalidad y su población.
- **Supervisor de área de recolección:** posee la función de organizar y dirigir el sistema de recolección, las rutas de los camiones, horarios y busca conservar en buen estado los camiones utilizados para la recolección. Su principal enfoque es el de poseer un contacto directo con el encargado del mantenimiento de los equipos utilizados para la recolección.
- **Supervisor de operaciones en reciclaje y compostaje:** Posee la función de dirigir toda la operación desde la separación de los desechos sólidos domiciliarios hasta ser tratados según el material orgánico y no orgánico, adicional a esto debe estar pendiente de los trabajadores de las plantas y que estos posean el equipo y materiales necesarios para realizar sus actividades. Su deber debe ser permanecer en contacto con el supervisor de la planta de compostaje y del relleno sanitario.

- **Encargado del mantenimiento de equipos:** Este tiene la función de dar mantenimiento a los respectivos camiones de recolección utilizados en la municipalidad, para esto cada camión tendría un día específico durante la semana para su respectiva revisión.
- **Supervisor de operación:** Tiene la función de dirigir y supervisar las operaciones las cuales se realizan de acuerdo con los procesos de trabajo del relleno sanitario y de la planta de compostaje.
- **Ordenanza:** se refiere al encargado de la limpieza el cual lo realiza en las diferentes áreas de la municipalidad por ejemplo las oficinas, recepción y compra de materiales, entre otras áreas.
- **Motoristas y Ayudantes:** para estos son aquel personal esencial que es encargado de forma específica en la realización de la recolección de todos los desechos sólidos en la municipalidad.
- **Operarios de la planta de reciclaje y compostaje:** se refiere a los encargados en realizar la separación de los desechos sólidos del área de la municipalidad, su separación se enfoca en orgánicos, inorgánicos, reciclables e inorgánicos, no reciclables, de los muchos montones o hileras en la planta de compostaje, adicional al volteo y homogenización y la formación de las celdas del relleno sanitario, además de la compactación.

5.9.2 Almacenamiento

El almacenamiento de los desechos sólidos que se realizaría en las viviendas de la población del municipio de San Juan Opico no debe poseer ningún tipo de cambio al actual, esto es debido a que los camiones recolectores se llevarán todos los desechos hacia un punto determinado de donde se separarán y clasificarán para ser nuevamente transportados a un sitio determinado donde serian tratados.

Los recipientes que se utilizarán serán básicamente los mismos que actualmente se utilizan, siendo estas bolsas plásticas, recipientes plásticos, recipientes metálicos, sacos, y otros, considerados por los habitantes del municipio.

Se propondrá el uso únicamente de bolsas plásticas para evitar dispersiones por animales.

En la actualidad se almacenaban normalmente en las casas en lugares como patios en un punto aislada para evitar malos olores y que esperen hasta que pase el camión recolector de desechos en cada una de las zonas en las que se ha dividido el área urbana del municipio.

Otro aspecto considerado es la influencia de la educación ambiental para la población el cual debe ser realizado bajo un programa en largo plazo, considerando la participación de estos para la ejecución de cambiar a nivel de hábitos generados por el tiempo y la mala cultura de estos, buscando realizar actividades de separación y disposición de los desechos sólidos en el hogar desde su inicio.

5.9.3 Traslado

El proceso se refiere a la recolección de desechos sólidos y su traslado desde su punto de almacenamiento domiciliar hacia el camión recolector.

En lo general y según las condiciones sean las adecuadas, el traslado de los desechos sólidos pretende buscar una continuidad por medio de un sistema de recolección aplicado a ser utilizado por cada casa, el cual tiene el objetivo de evitar que los colectores temporales como método actual se deje de utilizar por ser poco funcionales.

Lo que busca solucionar un sistema de recolección en el municipio de San Juan Opico independientemente las colonias que esta contenga en la actualidad.

De las opciones que se consideran pueden ser utilizadas como parte de esta propuesta se tendrían dos las cuales buscan solventar la problemática actual y estas serían:

Ampliar los horarios de recolección (una hora antes y una hora después), con el fin de complementar las recolectas para el municipio y las colonias que contienen esta con el fin de ser atendidas en el horario siguiente:

Opción # 1: día (5:00 a.m. – 6:00 a.m.) y en horas de la noche (6:00 p.m. – 7:00 p.m.), ampliando el horario de atención, logrando así ampliar su horario debido a que actualmente es de (6:00 a.m. a 6:00 p.m.) y se busca garantizar que en los nuevos horarios del camión recolector se encuentre en una ruta amplia.

Beneficios:

La ampliación del horario de recolección de 5:00 a.m. a 7:00 p.m. brindará los siguientes beneficios:

Mayor cobertura: Permitirá atender más rutas y zonas, mejorando el servicio en áreas con alta demanda.

Flexibilidad para usuarios: Los ciudadanos dispondrán de más horas para sacar sus residuos, adaptándose a diferentes horarios laborales.

Reducción de acumulación: Una ventana más amplia de recolección disminuirá la permanencia de desechos en las calles, evitando malos olores y plagas.

Optimización de recursos: Se aprovechará mejor la capacidad operativa del personal y los vehículos destinados al servicio.

Esta medida busca garantizar una atención más eficiente y un entorno urbano más limpio para la comunidad.

Cuadro comparativo de ampliación de horarios

Aspecto	Horario Actual (6:00 a.m. - 6:00 p.m.)	Propuesta Ampliado (5:00 a.m. - 7:00 p.m.)	Mejora
Cobertura de rutas	Limitada por tiempo operativo.	Permite atender 1-2 rutas adicionales al día.	+ 10-15% más cobertura
Flexibilidad para usuarios	Algunos vecinos no alcanzan a sacar la basura en horarios fijos.	Mayor ventana para depositar residuos (madrugada y tarde).	Mejor servicio al ciudadano
Acumulación de desechos	Basura permanece más tiempo en calles en zonas de última ruta.	Reducción de tiempo de exposición de residuos en vía pública.	Menor riesgo de plagas/olores

Optimización de recursos	Turnos fijos sin aprovechar horas de menor tráfico.	Mejor distribución de rutas (mañana temprano/tarde).	Uso más eficiente de camiones y personal
Seguridad del personal	Horario diurno estándar.	Se mantiene en horarios con luz natural (sin alto riesgo).	Sin mayor impacto negativo
Costo operativo	Costo actual ya cubierto.	Incremento mínimo (1-2 hrs extra de salarios y combustible).	Aumento marginal vs. beneficio

- **Opción # 2:** Esta opción define la compra de contenedores móviles los cuales serían distribuidos y custodiados por empleados del aseo público, colocados en diferentes colonias en el transcurso de la mañana o noche por un periodo de tiempo de dos horas por día en diferentes localidades, manteniendo la frecuencia de servicio en 3 veces por semana; luego de recolectados los desechos domiciliarios, un camión se encargaría de llegar a retirar el contenedor.

Detalles Técnicos y Costos Estimados de los contenedores

1. Dimensiones y Capacidad de los Contenedores

Tipo: Contenedores metálicos o de polietileno con ruedas para fácil movilidad.

Capacidad: 1,100 litros (aprox. 1 tonelada de residuos).

Dimensiones:

Altura: 1.3 m

Ancho: 1.2 m

Fondo: 0.8 m

Material: Resistente a la intemperie y vandalismo (policarbonato reforzado o acero galvanizado).

2. Cantidad y Cobertura

Zonas prioritarias: Colonias con alta densidad poblacional y generación de residuos.

Contenedores por ruta: 2 por comunidad (rotación mañana/noche).

Total, inicial: 20 contenedores (para cubrir 10 colonias en rotación).

Costo de los contenedores

Detalles Técnicos y Costos Estimados de los contenedores

1. Dimensiones y Capacidad de los Contenedores

Tipo: Contenedores metálicos o de polietileno con ruedas para fácil movilidad.

Capacidad: 1,100 litros (aprox. 1 tonelada de residuos).

Dimensiones:

Altura: 1.3 m

Ancho: 1.2 m

Fondo: 0.8 m

Material: Resistente a la intemperie y vandalismo (policarbonato reforzado o acero galvanizado).

2. Cantidad y Cobertura

Zonas prioritarias: Colonias con alta densidad poblacional y generación de residuos.

Contenedores por ruta: 2 por comunidad (rotación mañana/noche).

Total, inicial: 20 contenedores (para cubrir 10 colonias en rotación).

Beneficios esperados por el uso de contenedores

- Reducción de basura en calles (depósito controlado).
- Mayor eficiencia en rutas (recolección focalizada 3 veces/semana).
- Conciencia ciudadana (empleados custodian y orientan sobre separación de residuos).
- Flexibilidad (rotación en horarios y zonas críticas).

Recomendaciones

- Fase piloto: Implementar en 5 colonias para ajustar logística.
- Mantenimiento: Limpieza semanal de contenedores para evitar olores.
- Educación ambiental: Charlas en comunidades para promover el uso correcto.

Inversión inicial razonable con impacto rápido en limpieza urbana.

5.9.4 Equipo propuesto

Para cada colaborador del servicio de aseo público se le deberá de brindar el siguiente equipo: 5 uniformes, 2 capa para lluvias, 6 pares de guantes, 4 pares de zapatos y 12 mascarillas, por al año; los costos del equipo mencionado serian proporcionado por parte de la municipalidad a continuación se presenta el costo de su adquisición.

Tabla 7 - Costos de equipamiento del personal de limpieza.

Concepto	Unidad	N° de trabajadores abastecidos	Coste Dólares / Unidad	Frecuencia de entrega al año	Coste Anual
Capa para la lluvia	Traja de 2 piezas	25	\$20.00	4	\$2,000.00
Zapatos (Fal Tal S3 IR10)	Par	25	\$68.20	2	\$3,410.00
Uniformes	Traja de 2 piezas	25	\$45	4	\$4,500.00
Guantes de cuero reforzado con hule	Par	25	\$4.90	4	\$490.00
Mascarillas	Unidad	25	\$1.40	12	\$420.00
				Total	\$10,820.00

Fuente Propia

Notas:

- Los costos unitarios de los artículos fueron cotizados en EPA y Vidri
- La información adicional de este cuadro fue tomada en cuenta con la información mencionada por parte de los responsables en la alcaldía de San Juan Opico.

5.9.5 Personal capacitado

Siendo el personal el elemento principal de la recolección de desechos, y considerando a que se requerirá mantener o aumentar su cantidad para lograr abordar a todos los sectores de la municipalidad que necesiten de la recolección.

Se debe de considerar que será necesario brindar al equipo una distribución inicialmente como se realiza en la actualidad para los colaboradores en los camiones de recolección siendo la de un motorista y dos ayudantes para los camiones compactadores y un motorista y con tres ayudantes para los camiones de volteo.

A un corto plazo, la municipalidad no tiene la intención de incrementar las áreas de barrido de las calles y ha solicitado que éstas se mantengan únicamente en el casco urbano siendo los centro histórico y barrios de la ciudad los que adquieran la prioridad en la limpieza.

Como punto final se debe de definir que todo el personal deberá poseer los beneficios de ley como seria el seguro social, que garantice el acceso a las consultas médicas y a la indemnización de un 75% por incapacidad médica, queda a discreción de la municipalidad la implementación de una revisión periódicas de salud para estos. Sin olvidar que el personal del área de aseo está sujeto a variaciones en sus horarios de jornada laboral y días de descanso, propias del trabajo que estos ejecutan.

5.9.6 Proceso de recolección y separación

La gestión de recolección y separación de desechos sólidos domiciliarios, se basan en la fase del p6roceso más familiar para la mayoría de los habitantes de la municipalidad, es así como es la actividad que más afecta a la misma, la cual si deja de funcionar y suele representar un 75% de los costes de la gestión completa de la recolección de los desechos para el municipio de San Juan Opico. La recolección de desechos es la única parte que se lleva a cabo dentro de la gestión logrando obtener una representación aproximada del 25% del presupuesto municipal.

Es por lo antes descrito que es prioridad el realizar mejoras sobre las deficiencias en la recolección de desechos sólidos domiciliarios, teniendo como criterios para priorizar las mejoras

para el servicio de recolección de desechos sólidos, siendo establecidas según el tiempo de ejecución y la urgencia del servicio que la población percibe.

¿Por qué la recolección de desechos representa el 75% de los costos?

Principales Factores

1. Flota vehicular (40% del costo)

1. Combustible, mantenimiento, depreciación.

2. Mano de obra (30% del costo)

1. Conductores, ayudantes, supervisores.

3. Ineficiencias logísticas

1. Rutas no optimizadas, tráfico, frecuencia alta.

4. Tecnología obsoleta

1. Camiones sin compactación, falta de GPS/software.

5. Crecimiento urbano desordenado

1. Distancias largas en zonas periféricas.

5.9.6.1 Nuevo itinerarios de recolección de desechos sólidos

Es necesario determinar las zonas que son atendidas en el municipio de San Juan Opico, y aquellas que no llegan a alcanzar a dar el servicio en la actualidad, por lo que se recomienda la identificación de las zonas a ser atendidas.

Cuadro de zonas y cantones

Zona	Ubicación aproximada	Cantones incluidos o cercanos
Zona 1	Noroeste	San José La Cueva, El Castillo, Buena Vista, Nombre de Dios
Zona 2	Norte	Talcualuya, San Antonio, San Pedro Mártir, Tehuicho
Zona 3	Noreste	Barranca Honda, Los Amates, Pitichorro, Nueva Encarnación
Zona 4	Sureste	San Pedro Oriente, San Felipe, Los Encuentros, Agua Escondida
Zona 5	Sur	Lomas de Santiago, Joya de Cerén, Sitio del Niño, Chanmico
Zona 6	Suroeste	El Matazano, Sitio Grande, El Jabalí, Las Delicias, Las Granadillas

Al tener definidas las zonas, igualmente se rediseñarán las rutas, esto para mejorar la recolección de los desechos basándose en nuestro modelo de gestión integral, factor que implicaría un proceso de prueba que requiera de la experiencia y tiempo para la optimización e implementación del modelo. Adicional a lo antes descrito se debe de diseñar ciertos criterios los cuales se debe de tomar en cuenta los siguientes:

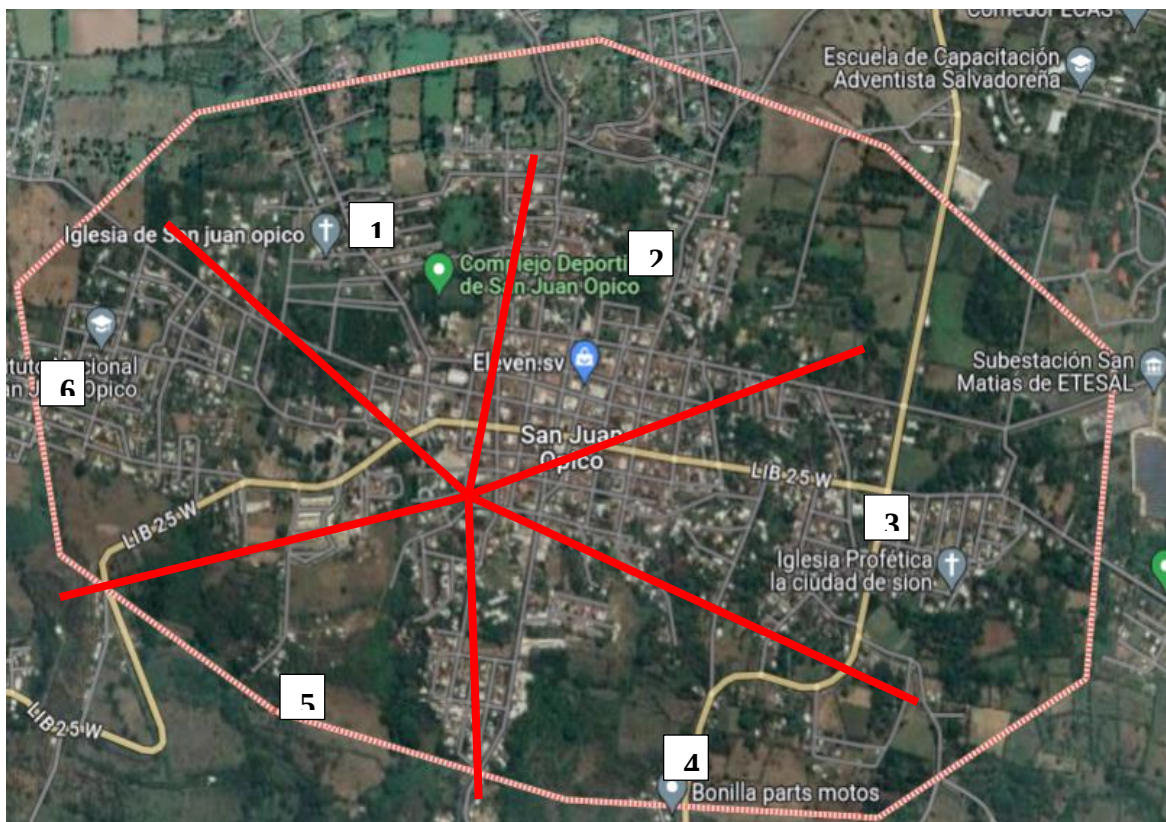
- Aprovechamiento en la capacidad de los camiones recolectores actuales.
- Utilizar al máximo la jornada laboral de los colaboradores de área de servicio.

- Rutas trazadas tomando en cuenta que el último contenedor de esta se ubique lo más cerca posible del sitio de disposición final.
- Cubrir todo el municipio.
- Trazar rutas que inicien y terminen cerca de las arterias principales del municipio por medio del uso de barreras topográficas y naturales como límites de la ruta.

En el municipio se debe de efectuar un estudio para la diagramación general de las rutas de recolección y luego para cada barrio o colonia que serían atendidos.

Para esta propuesta se ha considerado delimitar el municipio en 6 zonas como se presenta a continuación, esto es debido a que se busca atender a toda la población, y de forma gráfica se visualizará de la siguiente manera.

Ilustración 5 -delimitación de municipio en 6 zonas



A continuación, se detalla los horarios propuestos para la recolección domiciliar para ser aplicado al nuevo modelo.

Tabla 8 - Horarios de recolección domiciliar propuestos para el nuevo sistema

ZONA	Días de recolección	Horario de recolección
1	Lunes – Miércoles - Viernes	12:00 pm a 7:00 pm
2	Martes – Jueves – Sábado	12:00 pm a 7:00 pm
3	Lunes – Miércoles – Viernes	05:00 am a 12:00 pm
4	Martes – Jueves – sábado	05:00 am a 12:00 pm
5	Lunes – Miércoles – Viernes	05:00 am a 12:00 pm
6	Martes – Jueves - sábado	05:00 am a 12:00 pm

Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque y adaptación propia

5.9.6.2 Monitoreo del sistema de gestión de recolección

El diseñar del sistema de gestión integral debe contemplar un buen sistema de recolección, y a su vez el sistema de control deber de garantizar que la operación cumpla lo que se ha establecido, con esto se permitirá identificar, y reorganizar en caso de tener problemas, y así responder adecuadamente a las contingencias a momento de ofrecer un servicio de calidad para los pobladores del municipio de San Juan Opico.

Entre las necesidades que se debe controlar por los efectos del servicio de recolección se deben considerar los siguientes puntos:

- Cobertura efectiva diaria del servicio de recolección.
- Carga del vehículo adecuado a las especificaciones.
- Tiempo de la ejecución del servicio de recolección.
- Costos inferidos al servicio de recolección.

Cobertura efectiva diaria del servicio de recolección: Se debe de verificar el cumplimiento del programa de rutas diario, por lo que es necesario que exista un supervisión cantante de las rutas las cuales se debe de verificar para saber si la cobertura estipulada se está cumplimiento y en caso de ocurrir diferentes dificultades que no permitan realizar la recolección de desechos olidos se deberá de diseñar rutas alternas, que garantice el mantenimiento periódico para las unidades evitando así los posibles desperfectos mecánicos.

Carga del vehículo adecuado a las especificaciones: la carga de los camiones recolectores los cuales al final de su ruta no está completamente lleno deberá rediseñar la ruta de recolección para hacer uso de toda su capacidad de su carga.

Tiempo de la ejecución del servicio de recolección: El control del tiempo utilizado durante el proceso de recolección debe ser evaluado con el fin de reducir las ineficiencias y los tiempos de no recolección que son causados por falta de responsabilidad por los colaboradores.

Costos inferidos al servicio de recolección: Se debe tener un control sobre todos los costos de la operación y a su vez detectar los posibles problemas que se tenga de esa verificación, sin olvidar que de realizar cambios en la operación del sistema también se deberán de evaluar.

5.9.6.4 Propuesta de mejora de las rutas de recolección

El diseño para establecer las rutas para las zonas de recolección consiste en dividir un área, la ciudad o lugar en sectores, de manera que cada sector se le asigne a cada equipo de recolección una cantidad apropiada de trabajo, utilizando toda su capacidad. Como se muestra en el mapa anterior se dividieron en sectores todo el municipio.

El propósito del diseño de las zonas es debe establecer los siguientes puntos:

- 1 Dividir la ciudad en sectores, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad más apropiada de trabajo.
- 2 El desarrollo de una ruta para cada sector debe ser en modo que facilite al equipo que realizan el trabajo con una menor cantidad de tiempo y recorrido.

La creación de las zonas para la recolección se propone en este documento en dividir un área en sectores operativos, para establecer un determinado número de camiones necesarios para cada área, y con esto asignar una parte del sector a cada vehículo que realizaría la recolección.

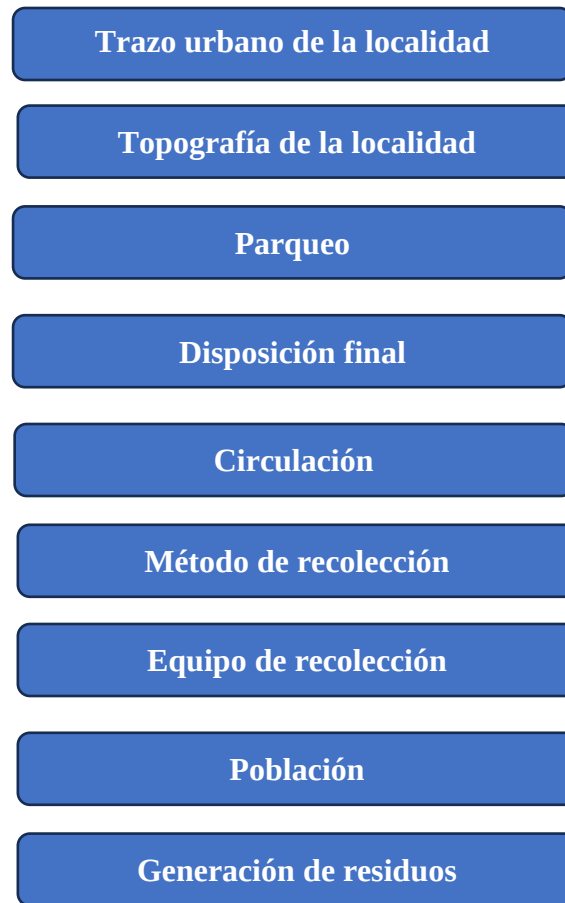
Zonas de recolección

Para el caso de las dimensiones de cada zona de recolección deberá de estar expresada en kilómetros cuadrados con cantidades similares entre sí, con estos se procederá a calcular el área que cubrirá cada vehículo. Se deberá de tomar en cuenta que se tendrá algunas zonas con una mayor cantidad de habitantes y por consecuencia del incremento de la población, por lo tanto, todas las zonas representan las mismas dimensiones, sino que se ha considerado la cantidad de habitantes por zonas

5.9.7.5 Rediseño del recorrido de los vehículos recolectores

Luego de haber diseñado la localización de las rutas será necesario determinar cada ruta en detalle la cual deberá seguir en las diferentes zonas, esto consiste en desarrollar un recorrido para cada zona de recolección.

Para diseñar la ruta es necesario considerar ciertas reglas básicas que se sustentan en una serie de factores variables de acuerdo con la localidad considerando las siguientes variables:



Comparación en los recorridos

Considerando la situación actual del a nivel del recorrido se detalla a continuación cuales seria las diferencias que aplicaría el recorrido propuesto.

Tabla 9 - Matriz comparativo de las rutas de recolectores de desechos solidos

Situación actual	Propuesta
Los recorridos actuales se realizan según como el conductor considere o vea conveniente.	Rutas planificadas a nivel de los recorridos que se buscan mejora a través de la ejecución de una ruta determinada.
No existen límites en la ruta específicos para cada zona en donde se recolectaría.	Las zonas están delimitadas por dimensiones, tipos de calles y avenidas, barreras topográficas y densidades.
Desconoce si la ruta será completada al finalizarla y posiblemente realiza dobles rutas al final de cada día, Si la zona sobrepasa la recolección de desechos sólidos aumenta la frecuencia.	Sera varias zonas uniformizadas Y divididas en dos frecuencias con la necesidad de que la flota de vehículos realice un número de zonas específica para trabajar de manera óptima
Problemática al revisar los recorridos realizados debido a que cada conductor realiza estos según su experiencia, logrando con estos variar según los días y la rotación del personal, por lo que se tiene una dificultad a la hora de buscar mejoras.	Posibilidad de verificar los recorridos planificados a través de los tramos cubiertos por un nivel de servicio que pueda buscar mejoras en los diseños planificados.

5.10 Tratamiento y disposición final

El nuevo sistema de gestión integrado propuesto para la municipalidad debe adquirir un terreno para ser utilizado en la construcción de un relleno sanitario, también la creación de la unidad de reciclaje, una planta de compostaje y una unidad de separación de los desechos sólidos, todo estos para lograr crear el modelo de gestión. Es así como en el lugar destinado para el área de disposición final de los desechos generados por el municipio y en el cual se dará el tratamiento respectivo.

Para la construcción de la planta de compostaje, del relleno sanitario y en conjunto con la unidad de reciclaje, necesitara realizar un cálculo de las áreas respectivas de trabajo y operación, en el cual debe estar de acuerdo con la cantidad de desechos generados por el municipio evaluado y los porcentajes destinados para compostar, reciclar y para su disposición final en el relleno sanitario.

5.10.1 Unidad de separación de los desechos solidos

La unidad de separación de los desechos sólidos domiciliarios deben tener como función principal recibir la totalidad de los desechos recolectados durante el día y separarlos en dos tipos siendo orgánicos, inorgánicos reciclables e inorgánicos no reciclables. Adicional a la realización del trasladarlos a los depósitos destinados para cada tipo de desechos, será el personal pertinente quien se encargará de dar un proceso respectivo.

Según los presentado anteriormente en el tema de sobre la “**Mano de obra para rellenos sanitarios**” se requerirá de 4 colaboradores los cuales serán de ayuda en la unidad de separación los cuales tendrán entre sus funciones manejar el área de reciclaje para la separación de materiales como: Metales, vidrio y plásticos.

El diseño del área que permita proyectar las cantidades de material a recibir al final de la vida útil de la unidad, adicional al tiempo de retención máximo el cual sería de un día debido a que se plantea que la separación y procesamiento para los desechos sólidos domiciliarios debe ser constante.

A continuación, se detalla los aspectos técnicos que se debe de considerar para la evaluación de la contención de los desechos sólidos domiciliarios en el municipio de San Juan Opico, estas son:

- Tiempo de vida útil para la planta de compostaje será de 20 años. (Consideraciones técnicas)
- Desechos sólidos anual 8,888.28 Toneladas (según el último análisis realizado en el 2019 por parte de Ministerio de medio ambiente)

Según los valores anteriores se tendría un total de desechos sólidos de 177,765.60 Toneladas en 20 años.

5. 11 Unidad de Reciclaje

Lo que busca la unidad de reciclaje es el de extraer la mayor cantidad posible de materiales como: latas, cobre, aluminio, botellas plásticas, vidrio y materiales de tipo férricos los cuales son reutilizables y también posibles de reciclar.

La etapa que se deben de desarrollar sería la primera la cual separaría los materiales reciclables del resto de los desechos sólidos domiciliarios y la segunda parte debe de separar de forma selectiva los materiales según el tipo de composición, almacenamiento y posterior venta a para las diversas plantas procesadoras.

5.12 Planta de compostaje.

El diseño y la operación para las instalaciones de una planta de compostaje deben incluir el tamaño de las partículas de los materiales que se fermentarían, el horario necesario de mezcla, las necesidades del oxígeno, el contenido de humedad, temperatura y control de esta, el grado de descomposición, la tasa de respiración y el control de patógenos, por lo que a continuación se presentan algunas variables que se deben considerar para la elaboración del compostaje.

Se recalca que en la actualidad la municipalidad de San Juan Opico cuenta con una planta de compostaje desde el año 2021 desarrollado por parte de una universidad del El Salvador, en el cual actualmente se deposita en promedio 0.8 ton/día de materia orgánica proveniente principalmente del mercado del municipio.

Actualmente el proceso utilizado en la planta de compostaje es el de utilizar el método de pilas o montículos, el cual se seguirá utilizado para aprovechar la experiencia adquirida en el proceso durante un periodo de tiempo el cual es de un promedio de 8 años que tiene de funcionar dicha planta por aspectos técnicos de esta.

La materia organiza se debe colocar de tal forma que esta se encuentre lo más fresca con el fin de lograr que se adhiera a la pila del día anterior, formando así hileras largas, con este proceso la trasformación de los desechos orgánicos en compost dura alrededor de 3 meses, pero si las condiciones son óptimas, y es en ese tiempo donde los desechos deben hacerse un mantenimiento, para que durante ese tiempo los residuos orgánicos se conviertan en compost.

5.12.1 Mantenimiento y Limpieza de las pilas de compostaje

La precisión en una distribución para las pilas, así como el espacio entre éstas, deben tener el cuidado de limpiar el lugar de piedras o materiales que puedan afectar de forma negativa el proceso.

En el caso de la contaminación del suelo por causa de los lixiviados, es recomendable elaborar una plancha de concreto que cubra toda el área destinada para las pilas de compostaje, ya que en estas plancha de concreto se deberá de presentar una leve inclinación para drenaje de los lixiviados y las aguas lluvias que son ocasionados en el tiempo de invierno, adicional a estos se

debe de elaborar una canaleta que proteja el contorno de esta con el fin de evitar en lo posible la sobresaturación de las pilas.

5.12.2 Recepción de residuos

Para el caso de los residuos en general el equipo de recolección debe descargar estos en un lugar donde se forma la pila, siendo de vital importancia ejecutar un proceso de separación de materiales inorgánicos antes de ser colocar los desechos orgánicos en la pila.

5.12.3 Selección del material inorgánico

La separación de los diferentes materiales tales como: metal, plástico, vidrio, tela y material orgánico de largo tiempo de descomposición, así como es el cartón, papel, cuero y madera; las ramas no muy robustas, las cuales tardan en descomponerse y esto permite una aireación de las pilas, por lo que no es necesario su extracción ya que al final del proceso quedarán retenidas en el flujo del tamizado.

5.12.4 Diseño físico de las pilas de compostaje

El diseño del área debe ser proyectada para una cantidad de material que será recibido hasta el final de la vida útil de la planta y el tiempo de retención de los desechos que sería de 12 semanas, como consideraciones técnicas.

Debido a lo antes descrito a continuación se detallan los aspectos principales que debe contar la planta de compostable para ser utilizada en el municipio de San Juan Opico, esta es:

Datos de la planta de compostaje

- Tiempo de vida útil: 20 años
- Desechos sólidos totales actuales: 8,888.28 Toneladas

Desechos sólidos totales proyectados:

- Años: 24.69 toneladas/ día
- 10 años: 88,882.80 toneladas/ anual
- 15 años: 133,324.20 toneladas/ anual
- 20 años: 177,765.60 toneladas/ anual

Considerando que la cultura de separación de los desechos sólidos domiciliarios en nulo, es necesario que un proceso de educación que los habitantes deben ser capacitados ya que ese proceso es lento y las mejoras pueden obtenerse a largo plazo, por lo tanto, se considera desarrollar un proceso de compostaje únicamente con fracciones que generen este tipo de desechos y que sean recolectados de forma separada y no suelen ir mezclados con cantidades de otros materiales inorgánicos, además se tomará como base 1 ton/día promedio que se obtiene de parte del mercado municipal.

5.12.5 Personal y equipo destinado a la propuesta

Para el proceso de compostaje se necesita de un mínimo de 5 personas capacitadas para que ejecuten el proceso de manera adecuada. Para el caso de la elaboración de las composteras en el transcurso de un año se necesitaría un equipo mínimo de 4 palas, 4 azadones, 3 carretillas, 2 zaranda, 1 manguera, plástico negro considerando las necesidades, 8 juegos de guantes, 5 cascos y 40 mascarillas, adicional el equipo para utilizar diferentes actividades del desarrollar durante el proceso de compostaje.

Tabla 10 - Herramientas y equipos utilizados en la planta de compostaje

Actividad	Herramientas por utilizar
Separación	Palas, Rastrillos, Guantes y mascarillas
Triturado	Cortadora y rastrillos
Mezclado	Palas
Transporte	Carretilla manual
Elaboración de Hileras	Plas, Guantes y mascarillas
Volteo	Palas

Fuente propia

5.12.5.1 Perfil de los trabajadores

Un modelo de gestión integrado requiere de definir el perfil de los trabajadores para cada labor encomendada. Es así como el personal que desempeña la función puede ser género masculino o femenino, con una edad promedio de 22 años en adelante, pero con fuerza suficiente para caminar y arrastrando bolsas de residuos sólidos.

De preferencia personas que no tengan alergias de ningún tipo ya que estará en contacto directo con gérmenes.

Actualmente los que hacen esta función poseen conocimientos de jardinería, se recomienda que sigan siendo ellos los que desempeñen la función de recolección.

Para la recolección de las bolsas de basura en los puntos de acopio

Para el caso de este personal debe sepa manejar camión de 5 toneladas. Actualmente esta función la desempeña el personal establecido, por lo que se recomienda sea este el responsable de realizar dicha actividad.

5.12.6 Operación de la planta de compostaje

El proceso que se realiza para la planta de compostaje inicia con la recolección de los desechos según los horarios de recolección domiciliar propuestos para el nuevo sistema presentados anteriormente, para luego llevarlos a la zona de separación de estos que estará ubicada entre el relleno sanitario y las hileras de los montones de compostaje.

La separación es muy importante para el buen funcionamiento del sistema, para esta actividad se requiere contar con el personal adecuado y capacitado el cual pueda separar el material orgánico para el compostaje, como se detalló anteriormente en la tabla del personal necesario en cada área de trabajo las cuales deben utilizar las herramientas necesarias que les faciliten la tarea.

La separación completa que se realizaría a diario sería el siguiente paso para luego pasar a la trituración del material orgánico con una cortadora especial de ser posible, para que los materiales posean las dimensiones adecuadas la cual sería de cinco centímetros. Para luego triturar lo que sea necesario hasta lograr un mezclado para lograr la homogeneidad antes de formar los montones.

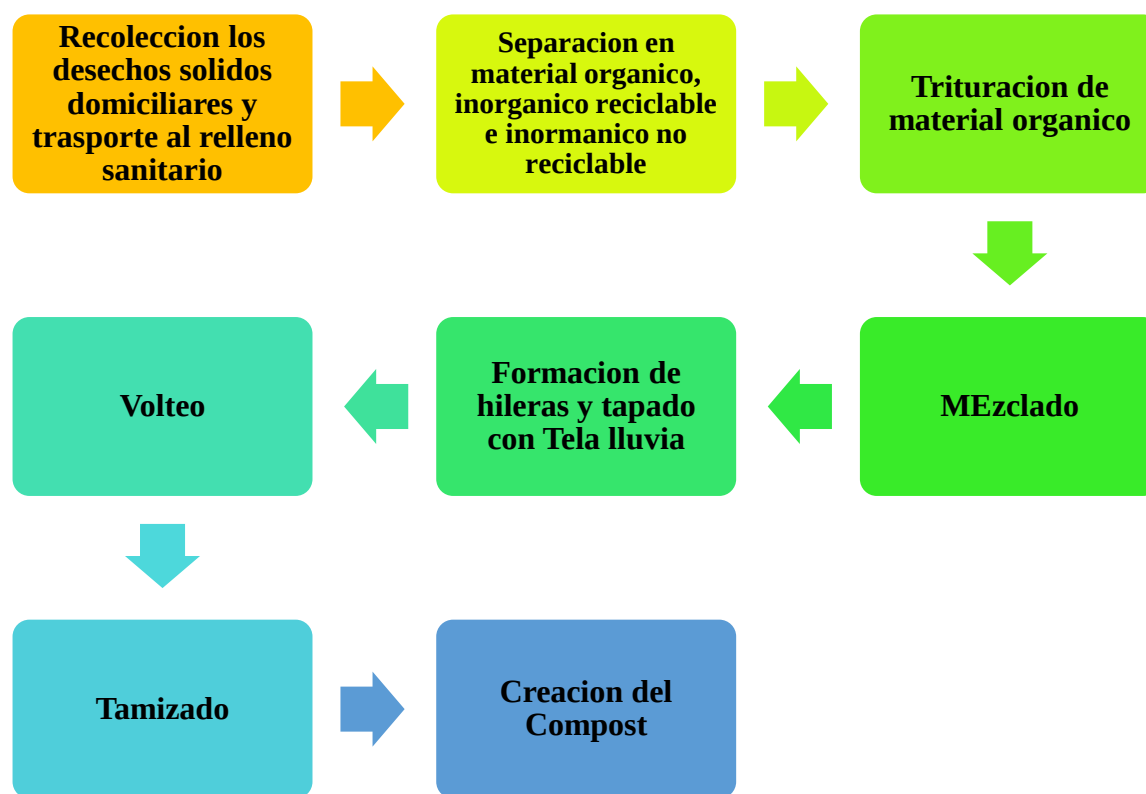
Al tener la mezcla de los desechos orgánicos y estos al estar homogenizados se inicia la formación de los montones de material con suficiente volumen con el fin de conseguir un adecuado nivel de equilibrio entre humedad y aireación, sin olvidar que deben estar en contacto directo con el suelo.

Con la formación de varios montones se inicia la construcción de las hileras que son filas de montones que se encuentran acumulados en un área específica.

El primer volteo se realiza a los quince días permitiendo la formación para la quinta semana y luego en la octava semana, hasta alcanzar los noventa días que dura el ciclo para la obtención del compostaje.

A continuación, se presenta el esquema de la planta de compostaje con un sistema manual, el cual permitiría de forma básica realizar las gestiones del sistema de gestión integrado propuesto.

Tabla 11 – Función y ejecución de la planta de compostable



Elaboración propia

Los montones formados en hileras se deberán de voltear de forma periódica con el fin de darle oportunidad que adquiera una aireación y que esto de a la acción de la descomposición por parte de los microorganismos de forma efectiva, es así como en esta área la planta de compostaje necesitará de cinco personas para que realicen las labores antes descritas.

5.13 Determinación del número de vehículos para la recolección de desechos sólidos.

El número óptimo de vehículos que será utilizado para la recolección de desechos sólidos domiciliarios permitirá aportar los recursos utilizados para realizar esta actividad los cuales no deben encontrarse subutilizados o sobreutilización.

Para el diseño de la solución se consideran ciertas variables debido a que estas pueden tener un efecto diferente a los resultados estas variables serian:

- Generación per cápita de desechos sólidos
- Equipo actual
- Especificaciones técnicas del equipo actual
- Frecuencias y turnos de recolección
- Costo de recolección
- Costo de adquisición de nuevo equipo
- Presupuesto

5.13.1 Costos de uso de camios computadores

Los costos se deben de minimizar al ser aplicados a la cantidad de camiones compactadores, los cuales tiene un costo asociado en combustible, mantenimiento, personal para su operatividad, entre otros aspectos.

Al aplicar una función objetivo como se representa en la siguiente ecuación la cual sería la función objetiva la cual se expresa de la siguiente manera: **Minimizar $Z = cX_1$**

En donde: c = Costo diario por camión y X_1 = Numero óptimo de camiones

Nota: la frecuencia seria aplicada a las frecuencia y turnos de recolección, los costos diarios de recolección y el equipo actual.

5.13.2 Frecuencias y turnos de recolección

En la actualidad hay dos tipos de frecuencias de recolección, la primera son para los días Lunes, Miércoles y Viernes; y la segunda: Martes, Jueves y Sábado, para el municipio de San Juan Opico, esta forma se mantiene en la elaboración de las restricciones debido a que es viable desde el punto económico, los camiones recolectores se dividen según el uso en las dos frecuencias, si se recogiera cada día se necesitaría un número considerablemente mayor de vehículos, aumentando los costos de operaciones, y se sufriría un cambio en la recolecta cada dos días el cual aumentaría la problemática, ya que la densidad poblacional es bastante alta.

La jornada de recolección como actual es de 4:30AM a las 4:00PM, se estima que en este tiempo se pueden realizar en dos itinerarios, cumpliendo con el llenado del camión y llevarlo a su disposición final.

Para realizar el análisis de la propuesta se considera de la siguiente manera; Las áreas se dividen para que un camión realice un viaje para la jornada laboral, y dos viajes en la jornada laboral para casos especiales, un segundo viaje se realizara para la mayoría de casos de sobrantes o cuando se inicia en una semana, estimando no sobrepasará la mitad de la capacidad del camión recolector, y por consecuencia el tiempo necesario seria según el segundo viaje el cual rondaría por la mitad del tiempo normal o menos generalmente.

5.14 Propuesta de implementación

Como parte de la propuesta se presenta la propuesta de implementación que se ha considerado para ejecutar y podrá funcionar este proyecto. Por lo que se debe mencionar que el objetivo sería:

Establecer un plan que desarrolle la implementación que mejora en el proceso actual de la recolección de desechos sólidos domiciliarios en el municipio de San Juan Opico que finalice las actividades necesarias del proyecto para la adecuada de la gestión del este.

Proceso de validación

A continuación, se detalla la presentación del proceso para la ejecución de este proyecto, el cual se desarrollaría en siete puntos, estos serían:

- **Aprobación del proyecto**

Se debe de definir como primera parte del plan de implementación de este proyecto que se debe de aprobar por parte de las autoridades municipales de la alcaldía de San Juan Opico, debido a que según el Art. 4 del código municipal emitido mediante Decreto Legislativo No. 274, el cual dice: Art. 4.- Compete a los Municipios: La elaboración, aprobación y ejecución de planes de desarrollo local”

- **Gestión del financiamiento**

El financiamiento de este proyecto es responsabilidad de la municipalidad en donde se está planteando su realización ya que esta tiene la facultad de ejecutar obras y la adquisición de bienes para ayudar al desarrollo del municipio. Como se detalla en el artículo 94 del decreto 274. En el cual describe los siguiente: “El artículo. 94.- Define que las erogaciones para ejecución de obras,

adquisición de bienes y prestación de servicios se regirán por la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública.”

Para realizar una ejecución del modelo de gestión integral de desechos sólidos por parte de la municipalidad, esta deberá de justificar el proyecto mencionado para ser desarrollado a nivel local, permitiendo mejorar el servicio de recolección de desechos sólidos.

Se debe de cumplir las siguientes actividades que ayudaran a lograr desarrollar el proyecto en el tiempo:

- Presentación del proyecto a las autoridades de la municipalidad del municipio.
- Realización de una licitación para la compra de vehículos.
- Aprobación de un presupuesto que evalúe los siguientes aspectos: Compra de vehículos, Capacitación del personal, Contratación de personal y Puesta en marcha de la nueva distribución de zonas de recolección.
- **Gestión del financiamiento**

Este punto tiene la finalidad de buscar contratar personal que se considere necesario para poner en marcha las nuevas rutas de recolección, y es responsabilidad del área de planillas del departamento de aseo urbano que es parte de la municipalidad.

- **Capacitación del personal**

El personal operativo o encargado de ejecutar las actividades de recolección debe tener claro las funciones y contexto de su puesto de trabajo, por lo que, al utilizar las rutas y rutinas de trabajo, será necesario considerar el cambio general y su impacto de forma directa por parte de la actitud de este personal.

- **Compra de maquinaria y equipo.**

La propuesta del modelo de gestión no está ajena a este proyecto por lo que se ve necesario la compra de la maquinaria y equipo de recolección, de igual manera en las herramientas básicas para los trabajos manuales.

- **Prueba preliminar de implantación.**

La prueba piloto del recorrido de las propuestas en rutas actuales de recolección será necesario con el fin de definir si la propuesta cumple con su cometido, buscando aprobar la viabilidad del recorrido y las rutas propuestas, sin menos preciar los posibles cambios que permita una mejora en estas. Es así como a continuación se detallan algunas actividades que se han considerado necesarias para este punto:

- Verificación del recorrido según la ruta y zonas propuestas.
- Evaluación y documentación del recorrido – definido por unas pruebas piloto.
- Seguimiento y monitoreo de los cambios de las rutas y la obtención de la mejora del recorrido.
- **Campañas de información.**

La ciudadanía que conforma el municipio de San Juan Opico debe saber y utilizar la recolección de desechos, es así como debe existir una información que sea alcanzada por el ciudadano de los cambios y mejoras que tendrían el servicio de recolección de desperdicios. Por lo tanto, se debe haber una campaña de información con el objetivo de presentar los nuevos horarios, frecuencias y recorridos específicos del camión recolector.

La población debe ser informada con el fin de que esta realice un uso adecuado de los servicios de recolección de desperdicios, con el fin de contar con sistema de recolección óptimo y eficiente. Es así como se plantean algunas actividades que permitirá presentar esta comunicación de forma orgánica, la cual consta de:

Las actividades que se desarrollaran en este apartado son las siguientes:

- a) Dar a conocer la nueva programación, de los horarios y frecuencias de rutas de recolección. Manteniendo una campaña de información en las redes sociales oficiales de la alcaldía teniendo en cuenta el alcance que estas tienen, además de generar un costo bajo y un servicio optimo.
- b) Informar y capacitar sobre los métodos de recolección de desechos sólidos para generar un uso idóneo de los contenedores y depósitos mediante afiches y volantes informativos.

5.15 Estrategias para la implementación del modelo de gestión integral

A nivel de estrategias se pretende reducir el tiempo de implementación de las licitaciones las cuales deberían ser comunicadas directamente al proveedor de los recursos necesarios tales como vehículos, papelería, entre otros.

La adquisición de los vehículos debe apoyar en la inducción por parte del proveedor para proporciona un conocimiento amplio del recurso, y además se debe buscar la ganancia del mantenimiento y garantía como un agregado del pago de compra.

5.16 Establecimiento de políticas

Como parte de la política se describe a continuación algunos tópicos que serán de ayuda para el desarrollo de la propuesta, estas serían:

- Tiempo de implementación del proyecto debe ser según la programación esperada del mismo.
- El valor de la inversión del proyecto no debe superar el 10% de su valor inicial como condición de la municipalidad, para no aumentar el costo inicial propuesto.

5.17 Objetivos del sistema de gestión de desechos sólidos domiciliarios

A continuación, se detalla algunos objetivos específicos del sistema de gestión para la municipalidad de San Juan Opico, con el fin de establecer los aspectos que se debe de tomar en cuenta el sistema propuesto.

- Mejorar el uso de los recursos actuales.
- Evitar la contaminación del medio ambiente por parte de los desechos domiciliarios.
- Contribuir a la mejora en el nivel de vida de los pobladores del municipio por medio de una adecuada disposición final de los desechos.

5.18 Esquema conceptual

A continuación, se detalla los puntos que se tocan en la propuesta para definir un alcance específico el cual es desarrollar un sistema de gestión apropiado para la municipalidad.

- La generación de residuos es ocasionada en base a los hogares y comunidades que generan residuos sólidos, incluyendo papel, cartón, plástico, vidrio, metales, orgánicos, etc.

- **Tipo de recolección:** Este utiliza en el municipio de contenedores de recolección instalados en áreas estratégicas para la fácil disposición de los residuos.
- **Rutas de Recolección:** Establecer un diseño de rutas eficientes por zonas segmentadas para lograr una recolección más eficiente y periódica.
- **Transporte:** El uso de vehículos apropiados para el transporte seguro de los residuos desde los contenedores hasta las instalaciones de tratamiento.

Clasificación y Separación:

- **Actualmente por medio del Ministerio del medio ambiente y recursos naturales (MARN),** ofrece apoyo para realizar la actividad de clasificación de residuos en un relleno sanitario ubicado en: Kilometro 77, costado derecho de la calle que conduce de Santa Ana a Metapán, en la Hacienda Santa Rosa, Caserío El Zompopo, Cantó Cujucuyo, municipio de Texistepeque/Santa Ana.
- **En las instalaciones** de ese relleno sanitario los residuos se separan según su tipo para facilitar el reciclaje y el tratamiento adecuado.
- **Tecnologías de Separación:** Se utiliza apoyo de pepenadores que trabajan directamente para el relleno los cuales de forma manual realicen el proceso de clasificación y revisión de los desechos para ser luego colocado en bandas transportadoras y el uso de, tambores magnéticos que los dirigen al área donde se estarían depositados para ser desechados.

Tratamiento

La utilización del compostaje es de vital importancia para el proceso de desechos sólidos ya que aplicaría en los residuos orgánicos, procedentes de la municipalidad.

- Reciclaje: Procesos para convertir materiales reciclables en nuevos productos.
- Incineración: Para la eliminación segura de residuos no reciclables.
- Vertedero Sanitario: Para residuos que no pueden ser tratados de ninguna otra manera.

Educación y Sensibilización

Campañas para concientizar a la comunidad sobre la importancia de la reducción, reutilización y reciclaje.

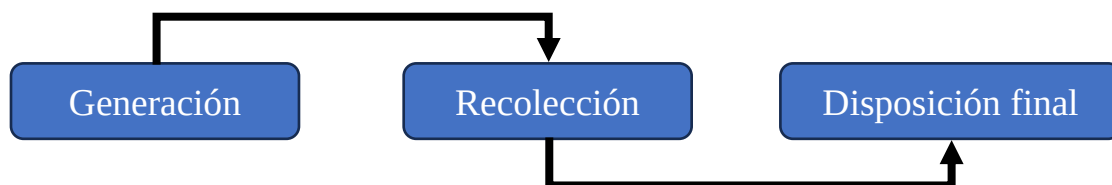
- Información sobre la correcta disposición de diferentes tipos de residuos.

Tecnología y Monitoreo

Implementación de sistemas tecnológicos para rastrear la cantidad y el tipo de residuos generados.

Monitoreo las actividades por parte de la municipalidad y los encargados por parte de la alcaldía será necesario con el fin de presentar la eficacia y cumplimiento de dichas actividades.

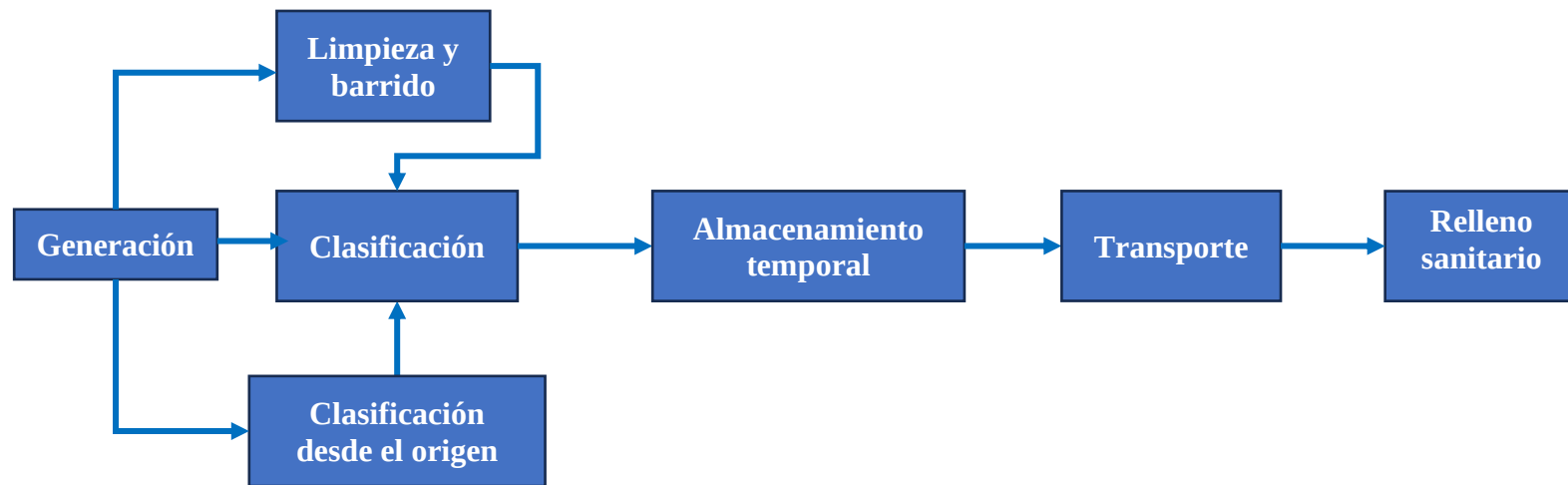
Diagrama del modelo de gestión integral del manejo de los desechos solidos



5.18.1 Diseño del sistema de gestión de desechos sólidos municipales

A partir de los conceptos antes descrito en este documento se presenta a continuación la metodología de aprobación para la propuesta, la cual se representa por medio del siguiente esquema:

Ilustración 17 - Esquema del diseño del Sistema de gestión de desechos sólidos municipales



Fuente propia

5.19 Ventajas del sistema propuesto versus actual

Con el fin de definir las principales características del sistema actual de gestión de residuos de la municipalidad de San Juan Opico se presenta a continuación las diferencias de tener estructurado un modelo de recolección adecuado.

Tabla 12 - comparativa entre el sistema actual y el sistema propuesto

Sistema actual	Sistema propuesto
No hay ningún tipo de aprovechamiento de los materiales posiblemente reciclables.	Se aprovechará todos los materiales posiblemente reciclables obtenidos del municipio.
Carencia de planes de mejoras en la gestión de recolección por parte de la comuna.	Se plantea métodos alternativos y de bajo costo para lograr motivar la adecuada segregación y formación de conciencia ambiental.
No se cuenta con ningún registro de control de los residuos y volumen de los obtenidos.	Se busca identificar una proyección de los desperdicios en un periodo de tiempo determinado.
No se cuenta con un almacén adecuado para los materiales reciclables.	Se propondrá un diseño cerrado para poder almacenar los materiales segregados en el ambiente de segregación.
No existencia de un ambiente de segregación.	Diseño y presupuesto para la segregación.
Ausencia de plantillas de monitoreo y control.	Propuestas de plantillas de seguimiento y control de los residuos sólidos generados en cada edificio y personal.
Ausencia del perfil de personal requerido.	Propuesto del perfil del personal requerido.

El establecimiento del modelo de gestión integral de residuos sólidos propuesto antes descrito el cual busca seguir las operaciones necesarias para desarrollar una propuesta ideal para ser utilizado en el municipio de San Juan Opico.

5.20 Propuesta de utilización de PACK de clasificación de desperdicios

El uso de PACK es un método muy antiguo y utilizados en diferentes zonas de El Salvador, ahora bien, el éxito del uso de ese tipo de elementos en un municipio se debe principalmente a la cultura que posee la población de la zona, es por este punto donde el objetivo de hacer más fácil el utilizar los packs. Por lo que el uso de este tipo de equipo es eficiente y útil para una clasificación previa de los desechos sólidos de la zona.

Ilustración 18 - propuesta de Pack



Fuente: <https://a1contenedores.com.mx>

Como se puede apreciar en la imagen anterior se presenta colores de cada deposito para diferentes usos, y su definición se presenta a continuación:

Colores de los deposito: los colores pueden ser cambiados según consideraciones de la de la ley de implementación y uso de basureros separadores (2019), de El Salvador, estos en el Art. 2 estipula los siguientes colores:

- Verde: residuos orgánicos
- Amarillo cartón y Papel
- Azul Plástico, Vidrio y latas
- Negro: residuos comunes

5.21 Alcance del plan de manejo de residuos sólidos

El alcance de la presente investigación comprendió las actividades relacionadas a la generación de desechos en el municipio de San Juan Opico. En este punto no se presentan incluida la gestión y el manejo de los desechos domiciliarios.

Refuerzos de la municipalidad

Se debe de fortalecer los aspectos generales y específicos de la recolección de desechos sólidos en el municipio para asegurar una adecuada prestación del servicio a nivel técnico, operativo, financiero, legal y ambiental, estos se verán reflejados en la prestación de servicio para el municipio.

Participación de la ciudadanía

Este es uno de los factores de mayor aporte para lograr una integración en el sistema de gestión de desechos sólidos, por lo que es fundamental en la mejora continua, incrementar los niveles de sensibilización y educación ambiental, así como los distintos organismos que se comprometan de acuerdo con la normativa del manejo de desechos sólidos.

5.22 Evaluación por métricas

Los indicadores del sistema de gestión en la municipalidad deben utilizar toda la información necesaria que permita tomar decisiones. Es así como al definir un conjunto de indicadores clave, estos deben hacerse con base a las características que requiere el municipio en estudio, y por tal motivo debe ser supervisados por parte de la alcaldía de San Juan Opico.

Indicadores de efectividad

Este indicador busca cuantificar el logro o metas, también es sinónimo de eficacia y se le define como "Capacidad de lograr el efecto que se desea".

Los indicadores de eficacia o efectividad tienen que ver con hacer realidad un intento o propósito, y están relacionados con el cumplimiento de los objetivos. A continuación se presenta la fórmula a ser aplicada:

$$\text{Efectividad en el uso de las Instalaciones} = \frac{\text{Volumen aprovechado}}{\text{Volumen generado}} * 100$$

Esta fórmula busca obtener el grado de aprovechamiento de desechos reciclables y abono orgánico frente a lo generado, para ser vendido en el municipio u ofrecido a sus habitantes. Siendo estos medidos en toneladas y el indicador es medido porcentualmente (%).

Indicadores de eficiencia

La eficiencia es la capacidad administrativa de producir el máximo de resultados con el mínimo de recursos, el mínimo de energía y en el mínimo de tiempo posible.

Entre los indicadores de eficiencia se pueden mencionar los siguientes:

$$\text{Nivel de cumplimiento de objetivos} = \frac{\text{Objetivos cumplidos}}{\text{Objetivo programados}} * 100$$

Esta fórmula busca presentar el grado de cumplimiento de los objetivos planteados del sistema frente a los alcanzados.

$$\text{Presupuesto} = \frac{\text{Gastos del sistema}}{\text{Presupuesto de gastos}} * 100$$

Mide el rendimiento de los gastos que se tendrán dentro de la implementación del sistema.

Indicadores de calidad

El concepto técnico de calidad representa más bien una forma de hacer las cosas en las que, fundamentalmente, predominan la preocupación por satisfacer al cliente y por mejorar, día a día, procesos y resultados. Hoy en día introduce el concepto de mejora continua en cualquier organización y a todos los niveles de esta. Entre los indicadores de calidad se pueden tener los siguientes:

$$\frac{\text{Cantidad de objetivo conformes}}{\text{Cantidad total de objetivos}} * 100$$

Rendimiento de calidad

Esta fórmula permite Medir el nivel de rendimiento de los objetivos planteados del sistema.

Indicadores de riesgo financieros

Para el sistema de gestión de desechos y residuos sólidos del municipio de San Juan Opico no se tienen el calcular de riesgos financieros, pero no implica que no tengan riesgos, por lo tanto, es posible establecer un indicador de riesgo considerando la posibilidad de que la organización no pueda cubrir sus costos de operacionales y financieros.

Riesgo operativo = Utilidad en operaciones mayor que cero

MATRIZ DE INDICADORES DE GESTIÓN PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

Municipio de San Juan Opico, Departamento de La Libertad

Área de Gestión	Indicador	Unidad de Medida	Objetivo	Frecuencia
Operación y Cobertura	% de cobertura del servicio de recolección domiciliaria	Porcentaje (%)	Garantizar la atención a toda la población	Trimestral
	Frecuencia promedio de recolección por zona	Veces por semana	Evaluar eficiencia operativa	Mensual
	Residuos recolectados por habitante	Kg/habitante/mes	Medir la generación de residuos per cápita	Mensual
	Puntualidad en recolección	Porcentaje (%)	Verificar cumplimiento del cronograma	Mensual
Gestión Ambiental	% de residuos separados en origen	Porcentaje (%)	Fomentar separación en la fuente	Trimestral
	% de residuos reciclados o valorizados	Porcentaje (%)	Medir eficiencia en reciclaje y compostaje	Trimestral
	Reducción de residuos enviados a disposición final	Porcentaje (%)	Disminuir volumen destinado a rellenos sanitarios	Anual
Participación Comunitaria	Nº de campañas educativas realizadas	Número de actividades	Sensibilizar a la población	Trimestral
	% de hogares participantes en separación de residuos	Porcentaje (%)	Evaluar participación ciudadana	Semestral

	Nº de grupos comunitarios activos	Número	Fortalecer liderazgo y vigilancia ambiental	Anual
Administración y Finanzas	Presupuesto municipal destinado a la gestión de residuos	USD	Analizar inversión pública en el sistema	Anual
	Costo operativo por tonelada recolectada	USD/tonelada	Medir eficiencia financiera del sistema	Trimestral
	Índice de quejas/reclamos sobre el servicio	Porcentaje (%)	Evaluar percepción y calidad del servicio	Trimestral

La matriz de indicadores de gestión elaborada para el manejo integral de los desechos sólidos en el municipio de San Juan Opico, La Libertad, constituye una herramienta clave para fortalecer la toma de decisiones, la planificación operativa y el control institucional del sistema de limpieza pública.

Al establecer indicadores específicos, medibles y alineados con los ejes operativos, ambientales, comunitarios y financieros, el municipio puede monitorear de manera sistemática el desempeño del servicio, identificar puntos críticos, y priorizar intervenciones según evidencia. Además, permite establecer metas realistas y fomentar la transparencia y rendición de cuentas ante la ciudadanía.

Asimismo, la matriz promueve una gestión más eficiente y sostenible al facilitar la evaluación de resultados a corto, mediano y largo plazo, sentando las bases para el diseño de políticas públicas permanentes y la posible articulación con el sector privado, organismos de cooperación y comunidades organizadas.

En definitiva, implementar esta matriz no solo fortalece el sistema técnico de manejo de residuos, sino que también representa un paso firme hacia un municipio más limpio, saludable y comprometido con el medio ambiente.

5.23 Plan de implementación

El alcance de este proyecto no incluye una etapa de implementación final por parte de la municipalidad, pero es necesario establecer los parámetros que desarrolla dicha etapa para futuras referencias y trabajos que puedan ser creados con la finalidad de darle cumplimiento e implementar el sistema de gestión integrado para el manejo de desechos sólidos domiciliarios, en los cuales se incluye el tratamiento y disposición de estos.

La implementación se refiere a la ejecución o puesta en marcha de todas las actividades y tareas correspondientes al diseño para hacer realidad el funcionamiento del sistema.

Cronograma de actividades

N°	Tarea	Duración
1	Implementación del SGMIDS	12 meses
2	Dirección del proyecto	15 días
3	Análisis de los estudios de la situación actual	15 días
4	Elaboración del plan de dirección del proyecto	7 días
5	Legalización y obtener permisos	7 días
6	Obtención de permisos de obra civil y ambientales	7 días
7	Financiamiento	45 días
N°	Tarea	Duración
8	Aprobación y recepción de los fondos	12 meses
9	Cotización y elaboración del diseño estructural del patio de compostaje	15 días
10	Recepción, revisión y aprobación del diseño	15 días
11	Definición de materiales a utilizar para construcción	7 días
12	Cotización y evaluación de proveedores	7 días
13	Equipar y capacitar	7 días
14	Entrega de sistema de gestión en funcionamiento	45 días

Costo-Beneficio.

La alcaldía actualmente posee centros de almacenamiento de desechos sólidos, con la mejora continua, aplicada con este proyecto, se estima que la población, se venga beneficiada con creaciones de parques recreativos en ares verdes, esto con el fin de tener espacios sanos y con poco flujo de desechos sólidos, claramente esta inversión contraria un gasto monetario, pero traería un beneficio positivo a la comunidad y sus habitantes, veamos;

Antes de eliminar los minerales y productos derivados, es fundamental considerar las siguientes implicaciones:

Viabilidad del proyecto: La recolección y tratamiento de residuos sólidos no requiere de mantener a los empleados abastecidos con los productos derivados, ya que estos poseen un salario que cubre con las necesidades de cada familia, es decir, esto se puede tomar para dicha función.

Alternativas: Si se eliminan estos costos, ¿qué alternativas se plantean para la recolección y tratamiento de los residuos? ¿Se externalizará el servicio? ¿Se utilizarán métodos menos convencionales?

Conclusiones

Eliminar los minerales y productos derivados puede reducir la inversión inicial, pero también puede generar una serie de desafíos y comprometer la sostenibilidad del proyecto a largo plazo. Es necesario evaluar cuidadosamente las alternativas y considerar los impactos ambientales y sociales antes de tomar una decisión.

Para una comunidad de 5,000 personas, podemos ajustar los valores del análisis de la siguiente manera siguiente manera:

Beneficios Netos:

Venta de materiales reciclables: Supongamos que se pueden vender \$25 en materiales reciclables por persona al mes. En un año, serían \$750 por persona, lo que equivale a \$3,750,000 para la comunidad, tomando en cuenta la inversión inicial de \$ \$2,178,908.31; es decir que nuestro costo beneficio seria de la siguiente manera:

Valor de costo-beneficio = Beneficios Netos / Costos de Inversión

$$B/C = \$3,750,000 / \$2,178,908.31 = 2.0$$

Considerando que para la fórmula de B/C se tiene la siguiente regla:

- Si **B/C > 1**, los beneficios justifican la inversión.
- Si **B/C < 1**, los costos superan los beneficios.

Analizando el resultado anterior se confirma que la implementación del Modelo de Gestión Integral de Residuos Sólidos en San Juan Opico es económicamente viable, socialmente beneficiosa y ambientalmente sostenible. Se recomienda su ejecución, priorizando:

- La optimización de costos para mantener o mejorar la relación B/C.
- Monitoreo continuo para asegurar que los beneficios proyectados se materialicen.

Conclusión

El manejo de los desechos sólidos domiciliarios necesita de información, educación, capacitación, cumplimiento de las leyes, reglamentos y normas que en síntesis buscando cumplir los objetivos de manejar de forma adecuado de los desechos, así como la creación de infraestructura requerida de parte de la alcaldía.

En el contexto del Municipio de San Juan Opico, Departamento de La Libertad, la implementación de un modelo de gestión integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliarios es crucial para abordar los desafíos ambientales y de salud pública asociados con la acumulación y disposición inadecuada de residuos.

A lo largo de esta investigación, se ha explorado la necesidad de un enfoque holístico que trascienda la mera recolección y disposición final de los desechos.

Los antecedentes y el análisis del Sector en el municipio enfrentan un aumento constante en la generación de desechos sólidos domiciliarios debido al crecimiento poblacional y al desarrollo económico.

La gestión tradicional se centra en la disposición final, lo que resulta en problemas como la saturación de vertederos y la contaminación ambiental.

La problemática se logra evidenciar debido a la falta de un modelo integral para el manejo de los desechos sólidos domiciliarios limita la eficiencia y la sostenibilidad del sistema actual. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de redefinir el concepto de residuo y adoptar prácticas más sustentables.

Es así como se justifica la implementación de un modelo integral el cual permitiría los siguientes puntos:

- Reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos.
- Fomentar la valorización material y energética de los desechos.
- Mejorar la eficiencia en la recolección y transporte.
- Sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de la separación y minimización de residuos.

Por lo antes descrito se puede determinar que el modelo de gestión integral propuesto debe considerar aspectos culturales, ambientales, urbanos y normativos. Además, se requiere un marco regulatorio e institucional sólido para garantizar su viabilidad territorial. Al implementar estas recomendaciones, San Juan Opico puede avanzar hacia un manejo más sostenible y responsable de los desechos sólidos domiciliarios.

Recomendaciones

Se recomienda implementar un programa de rutas propuestas, que trace la ruta a seguir por un equipo, horarios de recolección, números de viajes a realizar, tipo de equipo a utilizar, personal necesario y frecuencia de recolección. Para la obtención de rutas óptimas de recolección y brindar un mejor servicio en la recolección de desechos sólidos domiciliarios.

Con el fin de lograr un mejor servicio en la recolección y transporte de los desechos sólidos será indispensable realizar un estudio posterior, que determine la eficiencia de la maquinaria y equipo de recolección utilizado en el manejo de los desechos sólidos para el Municipio.

Se recomienda proponer una tarifa municipal unificada, es decir considerar un sistema simple del servicio aplicado al pago de luz, agua y recolección de desechos sólidos el cual se debería cobrar en un solo recibo, con esto la municipalidad se asegura de la realización de pago del servicio de recolección.

Se recomienda elaborar un manual para el área de actividades del tren de aseo, con el fin de ordenar y detallar las operaciones a cargo de la institución o unidades administrativas que intervienen en dichas operaciones. Que permita una optimización del recurso financiero por medio de un estudio posterior para identificar la rentabilidad del servicio prestado por la municipalidad.

Otra recomendación sería el de aplicar un reglamento de higiene y seguridad ocupacional para el área del tren de aseo, con el fin de reducir los riesgos y enfermedades ocasionadas por el contacto directo de los desechos sólidos y manejo de estos.

Se recomienda que para el barrido y limpieza de las calles se deben colocar y ubicar los contenedores en puntos estratégicos según cada zona, tales como: mercados y terminal de buses o paradas principales.

En el caso de la población se recomienda introducir una educación ambiental que se dirija a las comunidades de la zona urbana del Municipio de San Juan Opico tales como: Plazas comerciales, instituciones públicas y privadas, entre otros; con información en temas de separación de basura y reciclaje y apoyado con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Y como punto final se recomienda realizar futuras investigaciones de aquellos riesgos de contaminación por los lixiviados y controles de gases de los desechos sólidos.

Bibliografía

- Ministerio de medio ambiente, (2023), <https://www.ambiente.gob.sv/>
- Decreto 42. (200) Diario Oficial 101, tomo 347. 87-89. <https://esf-cat.org/es/que-hacemos/proyectos/el-salvador/presentacion/salvador-gestion-residuos/>
- EPA, (2023), <https://sv.epaenlinea.com/calzado-bajo-piel-cafe-38.html>
- Vidri, (2023), <https://www.vidri.com.sv/producto/143890/mascarilla-desechable-n95-9822.html>
- Vidri, (2023), <https://www.vidri.com.sv/producto/974/guantes-de-cuero-reforzado-con-hule.html>
- Facebook de Oficial de la alcaldía de San Juan Opico, (2023), https://www.facebook.com/AlcaldiaMunicipalSJO/posts/213382654306443/?locale=es_LA
- Ecoembes. (2020, junio 15). Cómo se clasifican los residuos. Ecoembes. <https://ecoembesdudasreciclaje.es/como-se-clasifican-los-residuos/>.
- Facebook. (s/f). Facebook.com. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <https://www.facebook.com/AlcaldiaMunicipalSJO>
- Concejo, E. (s/f). DECRETO No. 3. Gob.sv. Recuperado el 24 de julio de 2023, de <https://www.jurisprudencia.gob.sv/DocumentosBoveda/D/2/2010-2019/2010/08/8972E.PD>.
- (S/f). Gob.sv. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/276/Lineamientos%20para%20separaci%C3%B3n%20y%20centros%20de%20acopio%20version%2011022012%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- MIDES. (s/f). Com.sv. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <https://mides.com.sv/>.
- (S/f-c). Cepal.org. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a5f80abc-8063-4e19-b871-e954f1db5bf6/content>

Anexo

Anexo # 1 Encuesta Habitantes

Buen día, somos estudiantes de la Universidad Técnica Latinoamérica y a continuación se encontrará una serie de preguntas que le solicitamos completar, estas posteriormente se utilizaran para efectos de un trabajo final de graduación.

Objetivos de la encuesta:

1. Conocer las condiciones y maneras actuales de cómo se realiza el servicio de recolección de desechos sólidos en el municipio de San Juan Opico.
2. Conocer las opiniones que poseen los residentes e instituciones con respecto a los servicios de recolección de los desechos sólidos.
3. Conocer las necesidades y demandas que se requieren por parte del servicios de recolección.

Preguntas

Genero:

M:_____ F:_____

Número de residentes en su hogar: _____

Ingreso del hogar:

- 100 – 500: _____
- 501-1000: _____
- 1001- a más: _____

1. ¿Qué medio de comunicación consulta más en el día?

Televisión: _____

Internet_____

Radio: _____

Redes sociales_____

Periodos: _____

Otros: _____

2. ¿Cuánto tiempo dedica a consultar a ese medio de comunicación al día?

- 30 minuto: _____
- 1 hora: _____
- 2 horas: _____
- 3 horas: _____

3. ¿En qué lugar deposita la basura antes de ser recolectada?

- Frente a su casa: _____
- Lo lleva al contenedor del pasaje: _____
- Lo lleva al camión recolector: _____
- Lo lleva a empresa recicladora u otro centro: _____

4. ¿Qué contenedor utiliza para depositar la basura antes de ser recolectada?

- Bolsa de plástico: _____
- Madera: _____
- Cartón: _____
- Canasto de hierro: _____
- Otros: _____

5. ¿Por qué utiliza ese tipo de contenedor?

6. ¿Tiene problemas de personas o animales buscando en su basura o regándola? ¿Qué tipo de problema?

7. ¿Tiene servicio de recolección de basura?

Si: _____

No: _____

8. ¿Con que frecuencia pasa el servicio de recolección de desechos?

- Todos los días: _____
- Dos veces por semana: _____
- Tres veces por semana: _____
- Mas de tres veces a la semana: _____

9. ¿Tiene hora predeterminada que pasa el servicio de recolección?

Si: _____ No: _____

10. ¿Quién le presta el servicio de recolección de basura?

- Alcaldía: _____
- Servicio privado: _____
- Ambos: _____

11. ¿Nivel de satisfacción del servicio de recolección?

- Muy satisfecho: _____
- Satisfecho: _____
- Insatisfecho, explique sus razones: _____

12. ¿A quién considera como responsable de prestar el servicio de recolección?

- Alcaldía: _____
- Gobierno: _____
- Otros: _____

13. ¿Conoce donde coloca los desechos la alcaldía de su municipio?

- Si, donde: _____
- No: _____

14. ¿Apoyaría al sistema de recolección separada, donde se dividieran la basura orgánica (desechos de alimentos, jardinería) y la inorgánica (plásticos, vidrio, madera, otros) Porque?

15. ¿Sabe lo que es reciclaje?

- Si, porque: _____
- No, porque: _____

16. ¿Conoce empresas recicladoras?

- Si, cuales: _____
- No: _____

17. ¿Considera que el reciclaje es necesario?

- Si, porque: _____
- No, porque: _____

18. ¿A tenido la oportunidad de vender a personas que compren basura?

Si: _____ No: _____

19. De ser su respuesta SI, ¿Qué le tipo de basura le compran?

- | | |
|-------------------|-----------------|
| • Plástico: _____ | • Cartón: _____ |
| • Vidrio: _____ | • Metal: _____ |
| • Papel: _____ | • Otros: _____ |
| • Madera: _____ | |

20. ¿Vende material reciclable a centros de recolección?

- Si, Donde?: _____
- No: _____

21. ¿Sabe que es el compostaje?

Si: _____ No: _____

22. ¿Qué hace con sus residuos alimenticios o desechos de jardinería?

- Tirar a la basura: _____
- Quemarla: _____
- Compostaje para abono: _____
- Venderla: _____

23. ¿Compraría artículos que sean amigables con el medio ambiente?

- Si, porque: _____
- No, porque: _____

24. ¿Pagaría una tarifa por recolectar desechos?

- Si, Cuando: _____
- No, porque: _____

25. ¿Cómo se le factura la tarifa del servicio de recolección?

- Recibo de luz: _____
- Recibo de agua: _____
- Otro: _____

26. ¿Estaría usted satisfecho con la tarifa actual?

- Si: _____
- No, porque: _____

27. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por la recolección de desechos?

28. ¿Como preferiría que se hiciera el cálculo de la tarifa de recolección de desechos sólidos?

- Actual: _____
- Por cantidad de desechos descargados: _____
- Por área de la propiedad: _____
- Por consumo de electricidad: _____
- Por consumo de agua Por ingresos: _____

29. ¿Método de facturación que prefiere?

- Por separado: _____
- En el recibo de electricidad: _____
- En el recibo de agua potable: _____
- Impuesto municipal: _____

30. ¿Ha recibido charlas sobre los métodos para el manejo apropiado de los desperdicios sólidos?

- Si, donde: _____
- No: _____

31. ¿Considera que es necesario realizar campañas para mantener limpio el municipio y el medio ambiente?

Si: _____ No: _____

¿Participaría en alguna campaña o programa de limpieza y apoyo al medio ambiente?

Si: _____ No: _____

32. ¿Quién considera que debe promover de las campañas de recolección de desechos?

Seleccione uno de los siguiente:

- Alcaldía: _____
- Gobierno: _____
- Empresa privada: _____
- Todos los anteriores: _____

33. ¿Realiza limpieza en las aceras de su casa?

Si: _____ No: _____

34. ¿Cuál es la frecuencia con que realiza limpieza en la aceras?

35. ¿Qué problemas considera que existen con la acumulación o manejo que recibe los desechos sólidos?

Anexo Ficha técnica del zapato para colaboradores del aseo



INDUSTRIAL RANGE

FAL IR10

Normativa:	EN-ISO 20345:2011 S3+SRC+CI
Referencia:	257031
Tallas:	35 a 48 EU
Altura:	6 cm internamente ($\pm 5\%$) [Talla 42]
Peso:	1,22 Kg/par (APROX) [Talla 42]

DATOS TÉCNICOS



DESCRIPCIÓN

Zapato de piel. Puntera no metálica Vincap. Plantilla antiperforación textil. Suela de poliuretano bidensidad con nivel de deslizamiento SRC.

Corte: Piel grabada negra.

Forro: Tejido de poliéster: transpirable y resistente a la abrasión. Acolchado.

Plantilla extraíble: Anatómicamente preformada. Resistente a la abrasión.

Suela: Doble densidad de poliuretano con relieves anti-deslizamiento.

Puntera de protección: Composite (Ligera, no magnética, aislante térmico, recupera su forma después del impacto establecido en la normativa).

Plantilla de protección: Plantilla anti perforación no metálica (Poliéster de Gran Tenacidad).

Sistema de cierre: Cordones.

CARACTERÍSTICAS


PIEL HIDROFUGADA

FORRO TRANSPIRABLE

**RESISTENTE
HIDROCARBUROS**

CORDONES

PUNTERA NO METÁLICA

**PLANTILLA ANTI-
PERFORACIÓN FLEXIBLE**

**PLANTILLAS EXTRAÍBLES
LAVABLES**

Anexo Listado de rellenos sanitarios proporcionado por el MARN (año 2018)



DIRECCIÓN GENERAL DE SANEAMIENTO AMBIENTAL Unidad de Desechos Sólidos y Peligrosos

San Salvador, 16 de abril de 2018

Respuesta Solicitud: MARN-2018-0116

1. Rellenos sanitarios del país

LISTADO DE RELLENOS SANITARIOS EN EL PAIS

No	Nombre Relleno Sanitario	Ubicación
1	Mides, SEM	cantón Camotepec, Municipio de Nejapa, Departamento de San Salvador
2	Puerto de La Libertad	Cantón Melara, Municipio del Puerto de La Libertad
3	Sonsonate	Cantón Salinas de Ayacachapa, municipio y departamento de Sonsonate.
4	AMUSNOR	Caserío Quebrada Honda, cantón Estanzuelas, municipio de Tejutla, departamento de Chalatenango
5	Santa Ana	Kilometro 77, costado derecho de la calle que conduce de Santa Ana a Metapán, en la Hacienda Santa Rosa, Caserío El Zompopo, Cantó Cujucuyo, municipio de Texistepeque/Santa Ana.
6	Atiquizaya	Cantón Zunca, municipio de municipio de Atiquizaya, Ahuachapán.
7	San Francisco Menéndez	Cantón El Jocotillo, caserío El Martillo, municipio de Francisco Menéndez/Ahuachapán.
8	Santa Isabel Ishuatán	Calle al Cementerio, municipio de Santa Isabel Ishuatán/Sonsonate.
9	Usulután	Sur-Oriente de la ciudad de Usulután a 4.5 kilómetros, Cerro El Desparramo, Cantón Palo Galán, Municipio de Usulután, Departamento de Usulután
10	San Miguel	Cantón Las Peñitas, Carretera que conduce al municipio de Uluazapa, municipio de San Miguel, departamento de San Miguel
11	ASINORLU, Santa Rosa de Lima, La Unión	Hacienda Santa Rosa Agua Caliente, Cantón La Chorrera, Municipio de Santa Rosa de Lima, Departamento de La Unión
12	Corinto, Morazán	1.5 kilómetros al sur poniente de la ciudad de Corinto, Caserío El Recreo, Cantón Corralito, Municipio de Corinto, Departamento de Morazán
13	Meanguera, Morazán	6 kilómetros al norte de la ciudad de Meanguera, Caserío El Cutuco, Cantón La Joya, Municipio de Meanguera, Departamento

Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla,

Calle y Colonia Las Mercedes,

Edificios MARN, complejo ISTA,

San Salvador, El Salvador, Centro América.


MARN

 Ministerio de Medio Ambiente
y Recursos Naturales

No	Nombre Relleno Sanitario	Ubicación
		de Morazán
14	Perquín, Morazán	1.5 kilómetros al norte de la ciudad de Perquín, calle a Sabanetas Cantón Casa Blanca, Municipio de Perquín, Departamento de Morazán
15	Suchitoto	800 mts. Al Sur de Suchitoto, sobre la carretera que conduce a San Martín, cantón Milingo, municipio de Suchitoto, Cuscatlán
16	AMUCHADES	Calle al municipio de Potonico, cantón El Gramal, San Antonio Los Ranchos

2. Total anual y mensual de basura que recolectan (toneladas) , del año 2015 hasta el año 2017

TOTALES DEPOSITADOS EN 2014

RELLENOS SANITARIOS	TOTAL DEPOSITADO	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO DIA	PORCENTAJE %
SAN FRANCISCO MENENDEZ	4,147.400	345.617	11.521	0.37
ATIQUIZAYA	8,445.920	703.827	23.461	0.76
SANTA ANA	70,819.330	5,901.611	196.720	6.37
LA LIBERTAD	52,458.780	4,371.565	145.719	4.72
ISHUATAN	63.000	5.250	0.175	0.01
CAPSA	148,721.955	12,393.496	413.117	13.38
MIDES	673,516.780	56,126.398	1,870.880	60.61
MEANGUERA	296.000	24.667	0.822	0.03
PERQUIN	232.000	19.333	0.644	0.02
CORINTO	2,028.000	169.000	5.633	0.18
SOCINUS	72,542.724	6,045.227	201.508	6.53
SAN MIGUEL	49,012.395	4,084.366	136.146	4.41
ASINORLU	14,228.518	1,185.710	39.524	1.28
SUCHITOTO	1,118.000	93.167	3.106	0.10
CINQUERA	475.500	39.625	1.321	0.04
AMUSNOR (CHALATENANGO)	11,466.08	955.507	31.85	1.03
AMUCHADES	1,615.83	134.653	4.49	0.15
	1111,188.212	92,599.018	3,086.634	100.00

Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla,
Calle y Colonia Las Mercedes,
Edificios MARN, complejo ISTA,
San Salvador, El Salvador, Centro América.