



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN
PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LOS ENFOQUES DE LA
NORMA ISO 14 001:2015 PARA EL VERTEDERO MUNICIPAL DE
SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**

Bayron Alejandro Mejía Solares

Asesorado por el MA. Ing. Carlos Alejandro Alegre Ordoñez

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN
PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LOS ENFOQUES DE LA
NORMA ISO 14 001:2015 PARA EL VERTEDERO MUNICIPAL DE
SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BAYRON ALEJANDRO MEJÍA SOLARES

ASESORADO POR EL MA. ING. CARLOS ALEJANDRO ALEGRE ORDOÑEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Glenda Patricia García Soria
EXAMINADOR	César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Hugo Leonel Alvarado De León
EXAMINADOR	Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIA	Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN
PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LOS ENFOQUES DE LA
NORMA ISO 14 001:2015 PARA EL VERTEDERO MUNICIPAL DE
SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrados, con fecha 11 de marzo del 2,022

Bayron Alejandro Mejía Solares



EEPFI-PP-0216-2022

Guatemala, 14 de enero de 2022

Director
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

Estimado Ing. Urquizú

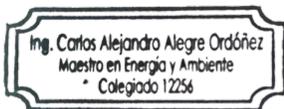
Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería.

El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el Diseño de Investigación titulado: **DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LOS ENFOQUES DE LA NORMA ISO 14 001 2015 PARA EL VERTEDERO MUNICIPAL DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**, el cual se enmarca en la línea de investigación: **Sistemas Integrados de Gestión - Gestión ambiental**, presentado por el estudiante **Bayron Alejandro Mejía Solares** carné número **200011319**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en ARTES en Gestion Industrial.

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

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"



Mtro. Carlos Alejandro Alegre Ordóñez
Asesor(a)

Mtro. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Coordinador(a) de Maestría



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





EEP-EIMI-0216-2022

El Director de la Escuela Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LOS ENFOQUES DE LA NORMA ISO 14 001 2015 PARA EL VERTEDERO MUNICIPAL DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**, presentado por el estudiante universitario **Bayron Alejandro Mejia Solares**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2022

LNG.DECANATO.OI.249.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UNA PROPUESTA PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN LOS ENFOQUES DE LA NORMA ISO 14 001:2015 PARA EL VERTEDERO MUNICIPAL DE SANTA CRUZ NARANJO, SANTA ROSA**, presentado por: **Bayron Alejandro Mejía Solares**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aureilia Anabeia Cordova Estrada
Decana



Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el centro de mi vida y alimento espiritual, mi principio y mi fin.
- Mis padres** Sergio Marino Mejía (q. e. p. d.) y Aura Himelda Solares. Su amor, su esfuerzo y enseñanzas serán siempre mi inspiración.
- Mi esposa** Saira Pineda Samayoa. Por tu amor incondicional, por apoyarme en este esfuerzo de vida y por ser una importante influencia en mi carrera y en mi vida.
- Mis hijos** Lisa María, María Alejandra y Sergio Andrés. ángeles a los que Dios me permitió guiar y que son el motor de mis esfuerzos.
- Mis hermanos** Sergio Manuel Mejía (q. e. p. d.), tu recuerdo sigue presente en nuestros corazones; y Luis Fernando Mejía, por ser parte importante y por ser incondicional.
- Mis tíos y primos** Porque cada uno de ustedes forma parte de mi legado de vida. Su guía, su consejo y su apoyo han forjado parte de mis principios y valores.

Mis amigos

Por las vivencias, las charlas amenas, las discusiones edificantes, los buenos y los malos momentos.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Mi alma <i>mater</i> . Casa de estudios que me permitió alcanzar un gran proyecto de vida
Facultad de Ingeniería	Porque forjó en mí el deseo de esfuerzo, superación y lucha. por cada oportunidad que me brindó para descubrir y materializar mis sueños
Escuela de Estudios de Postgrado	Por la oportunidad para alcanzar una meta anhelada, por los conocimientos y por traerme a este momento
Mi familia	Por ser el soporte y el apoyo en todo momento, por cada una de las convivencias, las alegrías y las adversidades.
Mis amigos	Por motivarme a seguir adelante y esforzarme por ser mejor.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
3.1. Contexto general	9
3.2. Descripción del problema	10
3.3. Formulación del problema	11
3.4. Preguntas auxiliares	11
3.5. Delimitación del problema	11
4. JUSTIFICACIÓN	13
5. OBJETIVOS	15
5.1. General.....	15
5.2. Específicos	15
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN	17

7.	MARCO TEÓRICO	19
7.1.	Plan de gestión integral.....	19
7.2.	Gestión de residuos	20
7.3.	Residuo sólido.....	21
7.4.	Origen de residuos sólidos.....	21
7.5.	Clasificación de residuos sólidos	23
7.6.	Plan municipal para la gestión integral de residuos y desechos sólidos.....	23
7.7.	Ciclo de vida de los residuos sólidos.....	24
7.7.1.	Generación.....	25
7.7.2.	Recolección.....	25
7.7.3.	Almacenamiento.....	25
7.7.4.	Transporte.....	26
7.7.5.	Tratamiento	26
7.7.6.	Disposición final	27
7.7.7.	Comercialización	28
7.8.	Caracterización de residuos sólidos.....	29
7.9.	Procesos de caracterización	30
7.10.	Planta de tratamiento	32
7.11.	Norma ISO 14001:2015	33
7.12.	Enfoques de la norma ISO 14001:2015	33
7.12.1.	Antecedentes de la Norma ISO 14001:2015	34
7.12.2.	Objetivo de un sistema de gestión ambiental de la norma ISO 14001	34
7.12.3.	Factores de éxito de la norma ISO 14001	35
7.12.4.	Enfoque PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar).....	35
7.12.5.	Planificación de gestión según enfoques PHVA.....	36

8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	39
9.	METODOLOGÍA.....	43
9.1.	Características del estudio	43
9.2.	Unidades de análisis	45
9.3.	Variables.....	46
9.4.	Fases del estudio	47
9.4.1.	Primera fase	47
9.4.2.	Segunda fase.....	47
9.4.3.	Tercera fase.....	48
9.4.4.	Cuarta fase	48
9.4.5.	Quinta fase	48
9.4.6.	Sexta fase.....	49
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	51
11.	CRONOGRAMA.....	53
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	55
12.1.	Factibilidad técnica	55
12.2.	Factibilidad económica	56
13.	REFERENCIAS.....	59

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	18
2.	Manejo ambiental y sustentable de los residuos sólidos.....	20
3.	Gestión integral de residuos sólidos.....	28
4.	Ciclo de vida de residuos sólidos	29
5.	Determinación de la composición física de los residuos sólidos	32
6.	Modelo de Gestión según enfoques de gestión de mejora	37
7.	Tipos de Análisis	52

TABLAS

I.	Esquema de solución	17
II.	Actividades generadoras de residuos sólidos	22
III.	Datos para toma de muestra	45
IV.	Variables cuantitativas y cualitativas	46
V.	Cronograma de actividades	53
VI.	Presupuesto de factibilidad económica	57

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
ρ	Densidad
CO₂	Dióxido de carbono
g	Gramo
kg/hab/día	Kilogramo por habitante por día
km²	Kilómetros cuadrados
lb	Libra
m	Metro
m³	Metro cúbico
mm	Milímetro
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Almacenamiento	Fase inicial en el manejo de residuos, en la que son depositados en un recipiente hasta que el camión recolector realiza la recepción de estos.
Biodegradabilidad	Es la característica que tiene los residuos sólidos que se puede descomponer en un ambiente natural sin intervención alguna.
Caracterización	Proceso que se realiza con el objetivo de conocer la composición de los residuos sólidos generados en un lugar específico.
Clasificación	Es la acción de separar los residuos sólidos, antes de la recolección de estos.
Disposición final	Es el aislamiento o eliminación total de desechos, por medio de tecnología que garantice un estricto control del riesgo sanitario y ambiental.
Manejo integral	Es un sistema que ejecuta a través de varios procesos que tienen como objetivo brindar el manejo adecuado a los residuos sólidos.

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló con la finalidad de proporcionar una herramienta para la gestión integral de residuos sólidos para el vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa. A través de los enfoques de la norma ISO 14,001:2015. Se pretende revalorizar aquellos residuos con valor de rescate y dar tratamientos adecuados a los residuos generados por el municipio para reducir la cantidad de deshechos que va a disposición final.

Se realizará la caracterización de residuos sólidos, calculando una muestra de viviendas para recolectar sus residuos durante ocho días. Estos residuos se analizarán para conocer su composición física, el peso de las muestras, volúmenes y densidades, para calcular producción per cápita y los porcentajes de su composición y brindar la estrategia para la gestión integral de estos. Se analizará la situación actual del municipio, evaluando el proceso desde la recolección, el transporte, almacenamiento y la disposición final. Por último, se definirán estrategias centrales para el tratamiento de los residuos sólidos, iniciando con los residuos orgánicos

Se establecerá el beneficio anual que tendría la revalorización de residuos que pueden vender a una recicladora (papel, cartón, metal, PET, nylon). Finalmente se van a sugerir acciones de monitoreo y seguimiento para cada para la mejora continua del proceso.

1. INTRODUCCIÓN

El manejo de los residuos sólidos en los centros urbanos se ha convertido en tema de relevancia toda vez que la generación, acumulación y propagación van de la mano con el desarrollo económico. Guatemala no es ajena a esta problemática y aunque se han desarrollado estudios sobre el tema, poco se ha publicado sobre los métodos y propuestas específicas para administrar dichos procesos. Existen programas de control, pero no suficientes para lograr contener la proliferación de los desechos y los vectores producto de la existencia de estos; algunos programas realizan procesos parciales y otros simplemente los vierten en predios alejados de la población sin ser procesados.

La problemática demanda atención pues las consecuencias a futuro serán difíciles de atender debido a que el crecimiento poblacional y el consumo de bienes y servicios van de la mano e inevitablemente conllevan a la generación de residuos sólidos. El tema requiere una solución eficaz ya que la mayoría de los residuos que el ser humano genera son sólidos, es así como surge la necesidad de la investigación que busca la sistematización de los procesos que ocurren en el vertedero gracias a una propuesta que permita gestionar los residuos sólidos mediante el uso de los enfoques de la norma ISO 14001:2015 como marco de referencia.

Al finalizar el estudio se espera contribuir al vertedero mediante el diseño de procesos derivados de la caracterización de los residuos sólidos; trabajo de campo que servirá para desarrollar la arquitectura de solución que permitirá finalmente el tratamiento eficaz de los residuos. La propuesta contempla además el estudio de los factores biofísicos del vertedero, el análisis de los

procesos vigentes y el desarrollo de un arquetipo que permita revalorizar los residuos sólidos.

El primer capítulo plantea el marco teórico, en donde se desarrollan los temas generales, el análisis de antecedentes tomados como referencia y casos de revisión para comprender mejor el problema y abordar el esquema de solución. El segundo capítulo aborda el desarrollo de la investigación, propone el planteamiento del problema, el cual refiere la existencia de un vertedero de desechos y residuos sólidos producto de la urbanización de las comunidades, describe un contexto general y formula el problema con las respectivas delimitaciones. Describe el diseño de una propuesta para gestionar los residuos sólidos, caracterizar los mismos, y evaluar a los actores involucrados. El tercer capítulo presenta los resultados de la evaluación previa y discute la validez y veracidad de estos. Finalmente, en el cuarto capítulo se desarrolla la propuesta de solución, misma que tomará todos los elementos previos para sistematizar los procesos vigentes en el vertedero finalmente el capítulo onceavo que se refiere a la factibilidad técnica y económica, que permite determinar la probabilidad de que el estudio llegue a buen término.

2. ANTECEDENTES

La construcción de la comunidad incluye el reconocimiento individual y colectivo de las personas, implica comprender la existencia de derechos y obligaciones para todos por igual. Para la construcción de antecedentes de la presente investigación, se presenta la propuesta hecha por Cárdenas *et al.* (2019), quien señala en el estudio: *Propuesta Metodológica Para el Sistema de Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos en Villa Clara, ubicada al oriente de la Habana, Cuba*. Una guía cuyo objetivo metodológico plantea ayudar al medio ambiente y su protección, se propone un método de investigación descriptivo enfocado en la generación, la recolección, el transporte, el tratamiento y la disposición de los residuos sólidos al final del proceso.

En dicho estudio se utilizó el algoritmo del problema del Agente Viajero, empleo además el método de contenedores y el algoritmo del problema del Cartero Chino. Para recuperar la información, se utilizó la técnica de recolección por acera. Como resultado del estudio, se obtuvo la ruta de desplazamiento óptimo, el cual contenía la mejor distancia a recorrer por el camión recolector de basura, se utilizó el Módulo *Network Modeling* del Software WinQSB.

Un antecedente cuya revisión es necesaria tiene que ver con el propuesto por Monterroso (2017) en la tesis de maestría *Diagnóstico sobre la dimensión del problema de contaminación y manejo de desechos sólidos y propuesta alternativa correctiva en el municipio de la Esperanza, del departamento de Quetzaltenango*. Cuyo objetivo es el desarrollo de una propuesta de solución al mal manejo que se tiene sobre el manejo de desechos y residuos sólidos, la metodología del estudio es descriptiva pues el documento

menciona el sistema que actualmente funciona en la municipalidad; para la formulación de la hipótesis, el autor utilizó el método deductivo que permite ir de lo particular a lo general.

Los instrumentos de campo a utilizar fueron las entrevistas a funcionarios de la municipalidad, actores del ministerio de salud y personas involucradas en las etapas de atención a los residuos. Cabe resaltar el resultado de los residuos dentro del análisis de la caracterización que en promedio se genera:

El peso varía en cada vivienda y generan al mes 58.56 toneladas mensuales de desechos sólidos, cuya composición es del 68 % de plástico, papel, cartón, 12 % de vidrio, aluminio, metal y chatarra y 20 % de materia orgánica, eso significa que una familia compuesta de 5 miembros produce 120 libras de desechos sólidos por mes, 30 libras por semana y 6 libras por persona por semana. (Monterroso, 2017, p. 33).

Adicional, se expone un sistema para recolección que permita la habilitación, funcionamiento y atención de un relleno sanitario que admita administrar de una forma eficaz los residuos sólidos.

Meléndez (2017) en el estudio titulado *Evaluación de la viabilidad de la gasificación de residuos sólidos municipales para la generación de energía eléctrica en Guatemala*, plantea la viabilidad de una planta piloto de gasificación mediante residuos sólidos municipales para la generación de energía eléctrica, el objetivo es diseñar una planta eléctrica cuya producción sea de 300 kW a partir un gasificador cuya materia prima es a base residuos sólidos, el marco metodológico es experimental toda vez que se caracterizaron residuos sólidos existentes en un vertedero local y se determina la capacidad calorífica según Peavy, Rowe y Tchobanoglous (1985) y a partir de dichos resultados se logra

proponer y presupuestar técnica y económicamente un planta eléctrica basada en residuos sólidos.

Urbina y Zúñiga (2016), realizaron un estudio titulado *Metodología para el ordenamiento de los residuos sólidos domiciliarios*; el estudio al que hace referencia el autor utiliza una metodología cualitativa y cuantitativa.

El mismo está compuesto por varios instrumentos como lo son entrevistas y el desarrollo de cuatro etapas y nueve secciones con procedimientos específicos para utilizar como instrumentos de soporte. Se utilizaron en el estudio métodos teóricos y métodos empíricos. Los teóricos permitieron mostrar las relaciones con el objeto de investigación. Los empíricos facilitaron explicar las características del objeto en la fase de análisis y acopio de información, así como en la comprobación de campo de la hipótesis. El estudio tiene como objetivo corregir la situación del medio ambiente en el espacio urbano en general y el mayor resultado fue la composición de un método adaptable, para unir los esfuerzos de los actores involucrados en el proceso (instituciones privadas, gobierno y ciudadanía) en un proyecto ecológico y participativo.

En la tesis de maestría de Girón (2017) titulada *Elaboración de un plan de manejo integral de residuos sólidos para el vertedero controlado, ubicado en el km 22, carretera al pacífico, Villa Nueva, Guatemala*, busca establecer una opción especializada para el tratamiento integral de los residuos sólidos y propone caracterizar los residuos que llegan al vertedero. El marco metodológico es descriptivo por lo que usa dicha caracterización de residuos como herramientas de medición para clasificar la clase de residuos y, utilizando la recolección de fuentes primarias y secundarias de información propone una solución tecnológica para el tratamiento de dichos residuos, alcanzo como

resultado la separación deseable, el aprovechamiento o revalorización del material biodegradable y el procesamiento de residuos sólidos.

Gálvez (2016) en la tesis de maestría titulada *Estimación de la huella ecológica, huella de carbono y diseño del plan de gestión para la organización Cáritas diócesis de Zacapa, Guatemala*, presenta un estudio cuyo marco metodológico es descriptivo dado que realizó el análisis de parámetros ambientales, como lo son: “emisión de gases de efecto invernadero, consumo de agua y producción de residuos y desechos sólidos”. (p.15)

Para la realización del trabajo de investigación se utilizó la medición de los diferentes gases que produce la organización adentro de un invernadero desarrollado como instrumento para la simulación de escenarios y la obtención de resultados, el objetivo era determinar la huella de carbono que genera la organización y proponer un plan para implementar en los programas de desarrollo, entre los resultados se puede señalar que:

El plan de gestión se presenta como una guía para la reducción en la emisión de GEI y en la reducción de la huella de carbono y huella ecológica, según la estimación realizada la reducción más alta será en las fuentes de emisión del alcance 1 con un 23 %. (Gálvez, 2016, p. 41).

Hernández (2016) en la tesis titulada *Evaluación ambiental del proceso de residuos sólidos no peligrosos en una planta de tratamiento de residuos no peligrosos para la sustentabilidad*, se analizan los residuos reciclables no peligrosos que son generados por las ciudades y como son clasificados en centros de acopio, se propone un segundo uso para dichos residuos sólidos con base en el análisis de la composición y procedencia , el marco metodológico es descriptivo y mediante análisis de calidad y el método de evaluación de riesgos

desarrollado por William Fine logra obtener como resultado la clasificación de aquellos residuos peligrosos y no peligrosos, así mismo propone el desarrollo de prendas de vestir a partir de la manipulación de algunos residuos sólidos o la reutilización de materiales en el caso de residuos ferrosos.

En materia de residuos sólidos, Rodríguez (2016) en la tesis de maestría titulada "*Propuesta de un modelo mínimo de centro de acopio para desechos sólidos, caso validado en el mercado municipal de Casillas, Santa Rosa*", plantea la edificación de un módulo de acopio basado en el modelo de mínimos, plantea un marco metodológico descriptivo debido a que se describen acciones, hábitos y actividades del mercado municipal, todas incluyentes para la investigación.

Se plantean caracterizaciones, entrevistas y procedimientos como instrumentos de apoyo, el trabajo de campo consistió en la entrevista de actores principales y directores del mercado municipal, la elaboración y el diseño arquitectónico de una planta que sirva para la implementación del área de gestión de residuos sólidos.

Hernández *et al* (2016) en el estudio titulado *Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en américa latina y el caribe* sobre este aspecto afirma: "Los análisis de generación de residuos sólidos confirman que las viviendas de América Latina mantienen una estratificación socioeconómica similar, pero esta no incide en la composición y cantidad de residuos sólidos producidos". (p. 1). El estudio infiere que la cantidad de residuos sólidos generada no está asociada a la riqueza o al producto interno bruto PIB de las naciones, sino que está más asociada al desarrollo como nación y al arraigo de los valores comunitarios. El estudio tiene como objetivo general la comparación de residuos sólidos provenientes de diferentes regiones y analizar las

diferencias y similitudes. El marco metodológico es descriptivo pues en materia de residuos sólidos, desarrolla la caracterización en las diferentes regiones urbanas y rurales, se utilizaron como instrumentos de trabajo la información que obra en los registros públicos.

Dentro de los resultados “se encontraron variaciones en la generación y composición de los residuos sólidos y se determinó que la fracción orgánica continúa siendo predominante; no obstante, la heterogeneidad de la composición se ha incrementado, siendo la mayor parte de componentes reciclables” (Hernández *et al*, 2016, p. 1). El estudio concluye que la composición de residuos sólidos es irrelevante a los estratos socioeconómicos, por el contrario, resalta la necesidad de incluir todos los actores poblacionales en la conformación de planes de acción para mitigar esta realidad.

Finalmente, López (2010), en la tesis de maestría *Gestión de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Santiago Sacatepéquez, Sacatepéquez*, comenta que, según una encuesta realizada a una muestra de 201 casas de habitación en Santiago, Sacatepéquez; “el 65 % de la población está dispuesta a participar en la búsqueda de soluciones al problema de la basura” (p. 127). El estudio cuya metodología es no experimental con aplicación del método deductivo propone como objetivo establecer campañas de educación a la población con la finalidad de cambiar los hábitos de consumo, reducir los volúmenes de residuos, reusar, reciclar y clasificar éstos por la peligrosidad mediante instrumentos estadísticos y administrativos. Dentro de los resultados es importante remarcar la estructura propuesta de jerarquías y responsabilidades con la finalidad de contribuir en conjunto a la reducción de residuos en las áreas de estudio.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema demanda conocer el entorno para comprender a fondo la dinámica con la que el vertedero funciona, descifrar las entradas de los desechos sólidos y las salidas de los residuos, así como profundizar en los procesos actuales del mismo. Es bajo esta premisa que el problema será diagnosticado y entonces el planteamiento surgirá como punto de partida del estudio.

3.1. Contexto general

La extensión del municipio es de 57.1 km², con una población de 16,385 habitantes, según el censo poblacional elaborado en el año 2018. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo BID, el humano promedio produce 0.63 kg de desechos sólidos por día, esto representa para el municipio una producción estimada de 7 toneladas de desechos sólidos por día.

Se cuenta con el vertedero municipal, cuya existencia data de 20 años y que sirve para procesar los desechos que ingresan diariamente de las diferentes aldeas y comunidades aledañas. La causa del problema radica en que el tratamiento actual no responde a una herramienta que permita hacer un uso eficiente de dichos residuos. La política Nacional establece la implementación de las 3 R's (Reducir, Reusar y Reciclar).

El municipio cuenta con personal que se encarga de hacer la recolección en las diferentes aldeas y comunidades que lo conforman, el proceso es tercerizado y el procesamiento final lo realizan con personal de la

municipalidad, quienes se encargan de la clasificación y venta de los residuos acumulados en un tiempo determinado. Los ingresos terminan en el fondo de usos privativos de la municipalidad.

3.2. Descripción del problema

El problema surge debido a la generación desmedida de residuos y desechos sólidos o RDS en el vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa; se presenta un reto importante para la población y para la municipalidad debido a las carencias en el manejo integral de residuos sólidos, que, si bien son procesados, no lo hacen dentro de un marco técnico que permita sostenibilidad a futuro. El problema ha ocurrido diariamente en los últimos 20 años y este parte de la necesidad de revisar los procesos que la municipalidad utiliza para el manejo del vertedero ya que, si bien tienen un impacto positivo, aún existen residuos que podrían ser valorizados o reutilizados si se aplica una norma de gestión ambiental a dicho proceso.

El problema afecta a la población local pues en el futuro mediano se verán en la necesidad de buscar otro predio para atender el manejo de los desechos sólidos. Otro problema es que el predio no es significativamente grande y a pesar de los esfuerzos que el personal municipal realiza, el caudal de residuos sigue en crecimiento. Se espera que, a través de la implementación de los cambios propuestos, se pueda alargar la vida del vertedero mediante el reciclaje de residuos, la reubicación de desechos, la revalorización de residuos, la educación y la promoción de programa de concientización para los vecinos.

3.3. Formulación del problema

Para la formulación del presente diseño de investigación, se inició con el desarrollo de las siguientes preguntas:

- Pregunta central. La pregunta central de investigación es:

¿Qué propuesta de plan se puede realizar para la gestión integral de residuos sólidos conforme los enfoques presentados en la norma ISO 14001:2015 para el vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa?

3.4. Preguntas auxiliares

- ¿Cuál es la composición física de los residuos y desechos sólidos que ingresan al vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa?
- ¿Qué porcentaje de residuos sólidos que son revalorizables ingresan al vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa?
- ¿Qué beneficios ofrece un plan de gestión de residuos sólidos de acuerdo con el enfoque de la norma ISO 14001:2015 para el manejo de estos en el vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa?

3.5. Delimitación del problema

El trabajo de investigación se realizará en la municipalidad de Santa Cruz Naranjo, Departamento de Santa Rosa; en el área del vertedero de desechos sólidos, en el periodo de enero a junio del 2022.

4. JUSTIFICACIÓN

La línea de Investigación pertenece a los Sistemas Integrados de Gestión, particularmente a la Gestión Ambiental, de la Maestría de Gestión Industrial, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos. La presente propuesta de trabajo de investigación busca la elaboración de un sistema basado en los enfoques de la norma ISO 14001:2015 para la gestión de Residuos Sólidos.

Para la justificación del estudio, se presume que la mayoría de los residuos que el ser humano produce diariamente son sólidos; surge entonces la necesidad de un sistema que permita manejar dichos residuos, de una forma integral y eficiente. Se pretende consecuentemente implementar una metodología basada en los enfoques de la norma ISO 14001:2015 que permita gestionar el manejo de los residuos sólidos de una forma responsable, eficaz y eficiente.

Al finalizar la ejecución del presente trabajo, se espera contar con procesos basados en los enfoques de la norma ISO 14001:2015, que permitan gestionar eficazmente los residuos sólidos que diariamente llegan al vertedero municipal. Es de esta forma que se lograra incidir directamente en la mitigación de los índices de contaminación que existen en dicho vertedero. El estudio permitirá además contar con un plan de continuidad, que permita mejoras a futuro para el predio, posible captación de recursos económicos y reclasificación de los residuos sólidos, lo que finalmente se traduce en bienestar para la comunidad.

Entre los principales beneficiados de esta propuesta se puede incluir a la comunidad circundante; a los llamados “guajeros”, posibles beneficiarios de un trabajo informal; los ingresos municipales, al percibir beneficio económico por la venta de residuos, el resto de municipalidades de la Anam, quienes pueden tomar el presente como un documento mártir y adaptarlo a las necesidades y requerimientos particulares y finalmente la población local en general, al administrar de una forma eficiente los residuos sólidos.

5. OBJETIVOS

El proceso de estudio debe contener sentido claro de hacia dónde orientar los esfuerzos teóricos y prácticos. Para el caso del manejo de residuos sólidos se deben conceptualizar los objetivos como punto de partida y punto final para lo que se pretende convertir en un sistema con resultados tangibles, es por ello por lo que se plantean los siguientes objetivos:

5.1. General

Realizar una propuesta para la elaboración de un plan de Gestión Integral de residuos sólidos conforme los enfoques presentados en la norma ISO 14001:2015 para el vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

5.2. Específicos

- Caracterizar los residuos y desechos sólidos que ingresan al vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.
- Establecer las posibles revalorizaciones que puede darse a los residuos que ingresan al vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.
- Describir los beneficios de un plan integral de gestión de residuos sólidos que responda a los enfoques de la norma ambiental ISO 14001:2015 para el vertedero municipal de Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE LA SOLUCIÓN

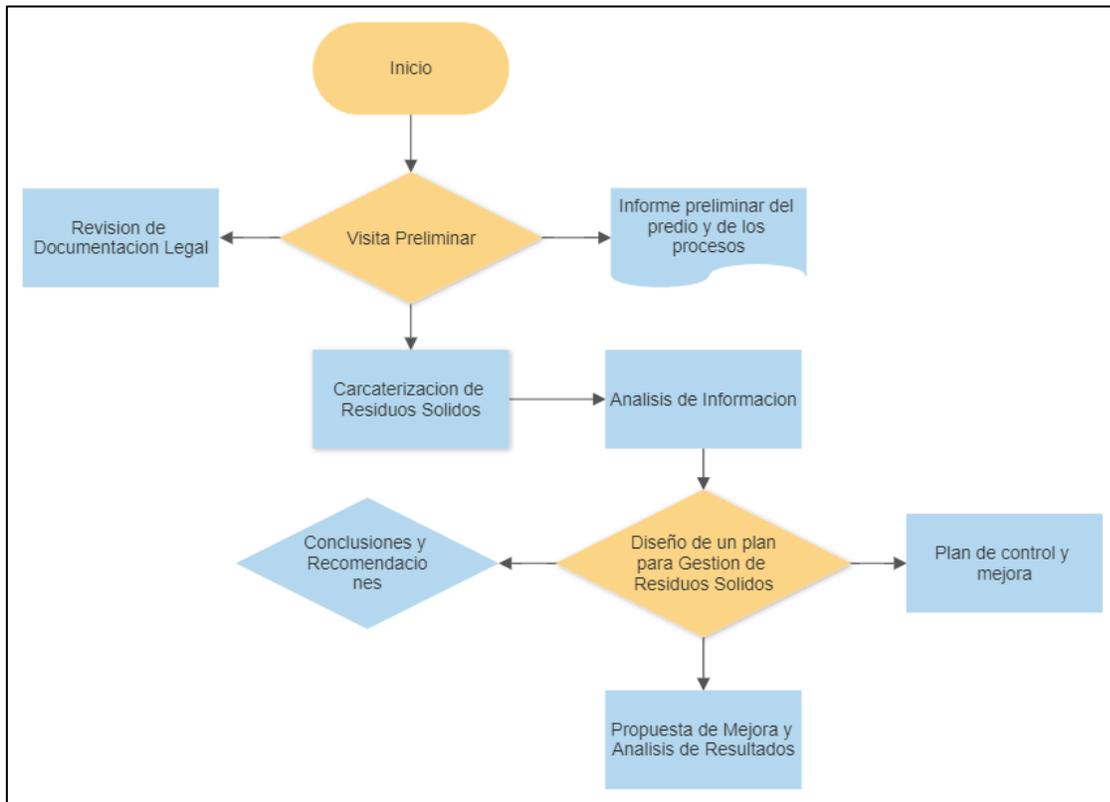
La programación de actividades requiere establecer objetivos y con base en operativizar los insumos, optimizar los procesos y medir los resultados. En el caso del manejo de los residuos sólidos, se requiere de un andamiaje que responda a estrategias claras y objetivos definidos, se enumeran los siguientes pasos en la propuesta del esquema de solución:

Tabla I. **Esquema de solución**

No	FASE	DESCRIPCION
1	Diagnostico	Mediante la revisión de los antecedentes y métodos de caracterización de los residuos sólidos se propone desarrollar un plan de procesos que permita administrar mejor el vertedero
2	Evaluación Preliminar	Se evaluarán las consideraciones preliminares, los procesos y documentos con los que se cuenta actualmente. Así como revisar el marco legal alrededor de la propuesta.
3	Ejecución	Se realizarán visitas de campo para caracterizar residuos y evaluar los métodos que actualmente se realizan en el vertedero.
4	Análisis	Se realizará un estudio basado en los enfoques del sistema de gestión ambiental ISO 14001:2015 a través de registros, formatos, manuales, instructivos, matrices, entre otros.
5	Verificación y Documentación	Se definirá un plan de continuidad para el sistema de gestión ambiental, según los enfoques de la norma ISO 14001:2015 los cuales constaran en el sistema de gestión.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

7. MARCO TEÓRICO

El marco teórico describe a continuación un compendio de temas afines al desarrollo conceptual del estudio para respaldar el trabajo de investigación y comprender con mayor claridad la orientación del proyecto.

7.1. Plan de gestión integral

La gestión integral se describe como el proceso articulado entre distintos elementos: técnicos, sociales, económicos y legales. Todos bajo un trabajo en conjunto con la consideración de responsabilidades compartidas. Marulanda (2010); por supuesto el propósito será alcanzar los objetivos comunes y previamente definidos. En materia ambiental será además contribuir a la protección del ambiente y el bienestar colectivo. Es así, mediante el plan, que se busca fomentar las capacidades institucionales para formular, desarrollar y mantener dinámicas de gestión a largo plazo. Es necesario considerar a la comunidad en dicho plan, así como el medio ambiente y la tecnología vigente; unidos en busca de mejorar a la comunidad y su calidad de vida. Al respecto del tratamiento y gestión de residuos Marulanda (2010) comenta:

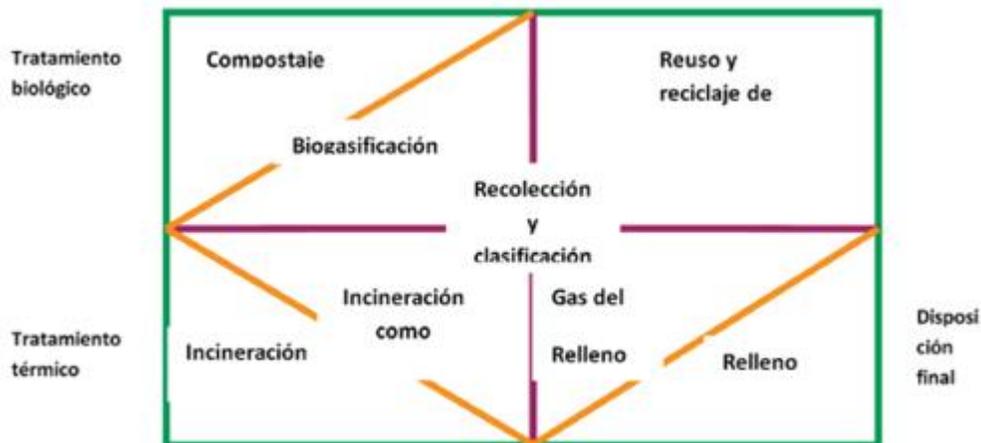
La gestión integral de residuos sólidos involucra una serie de aspectos desde la generación, el almacenamiento temporal es el primer paso, este consiste en depositar segregada y temporalmente los residuos en áreas definidas, para su aprovechamiento, transformación, comercialización, o presentación al servicio de recolección para su tratamiento o disposición final, la cual obedece al confinamiento o deposito terminal de residuos. (p. 11).

El proceso se encuadra en la secuencia de operaciones destinadas a dar a los residuos un acuerdo según características como: volumen, procedencia, capacidad de recuperación, comercialización y/o disposición final.

7.2. Gestión de residuos

Rodríguez (2012) señala en su libro *Gestión Integral de Residuos Sólidos* al respecto de la gestión y tratamiento de residuos sólidos que “El manejo integral y sustentable de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región”. (p. 41). El concepto encuadra los objetivos que el estudio persigue toda vez que describe la génesis del estudio, los procesos de transformación y señala que para lograr las metas y los objetivos se deben combinar opciones de gestión como lo son: el compostaje, la incineración para alcanzar recuperación de energía, la biogásificación y la mejor disposición final para desechos y residuos.

Figura 2. **Manejo ambiental y sustentable de los residuos sólidos**



Fuente: Rodríguez. 2012. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*.

La clave no es determinar la cantidad de tratamientos a utilizar o en qué medida deban aplicarse en el vertedero, sino en el hecho de que dichos tratamientos respondan al contexto local y las necesidades de la población. El objetivo final será lograr beneficios sociales, económicos y ambientales que a la vez permitan hacer eficiente y eficaz el tratamiento de residuos sólidos en el relleno sanitario o vertedero.

7.3. Residuo sólido

Rodríguez (2012) en el libro *Gestión Integral de Residuos Sólidos* define el residuo como “aquel objeto, material o elemento resultante del uso de un bien o servicio, del cual el dueño se desprende o entrega para ser manejados priorizando la valorización y en último caso, la disposición final” (p. 44). Como resultados del estudio cabe resaltar que los residuos sólidos se subdividen en recuperables y no recuperables, los primeros serán los que tienen un segundo uso por diferentes vías de tratamiento, los no recuperables son los que no tienen capacidad de revalorización, en cuyo caso se debe estudiar el almacenamiento y disposición final.

7.4. Origen de residuos sólidos

Los residuos sólidos se conceptualizan como una masa heterogénea compuesta por desechos provenientes de viviendas, comercio, industria e instituciones, así como desechos producto de la limpieza de áreas públicas, cuya gestión está bajo responsabilidad de entidades públicas. Jaramillo (1999). Conocer la cantidad y clasificación de residuos sólidos refleja el tipo de población que habita en la comunidad y la dinámica generadora predominante, lo cual servirá para establecer métodos acordes a los resultados del estudio.

De acuerdo con Rodríguez (2012) una forma de segregar los residuos según el origen es separarlos en torno a dos categorías básicas: húmedos y secos. Los residuos húmedos son desechos orgánicos con capacidad de fermentación, ejemplos: cáscaras de huevo, sobrantes alimenticios, sobrantes de jardín, grasas animales, aceites comestibles, plumas, café, etc. Los residuos secos son aquellos inertes que están constituidos por: vidrios, gomas, telas, bolsas de nylon, latas, botellas, envases plásticos, papeles y cartones. Bajo esta propuesta, la población pudiera cooperar a minimizar procedimientos de residuos sólidos domiciliarios clasificando los mismos de forma primaria.

Tabla II. **Actividades generadoras de residuos sólidos**

ACTIVIDADES GENERADORAS	COMPONENTES	% DEL TOTAL DE RSM América Latina y el Caribe ¹
Residencial / domiciliario	desperdicios de cocina, papeles y cartón, plásticos, vidrio, metales, textiles, residuos de jardín, tierra, etc.	50 a 75
Comercial Almacenes, oficinas, mercados, restaurantes, hoteles, y otros	<i>Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales y peligrosos</i>	10 a 20
Institucional Oficinas públicas, escuelas, colegios, universidades, servicios públicos y otros	<i>Semejantes al comercial</i>	5 a 15
Industria (pequeña industria y artesanía) Manufactura, confecciones de ropa, zapatos, sastrerías, carpinterías, etc.	<i>Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, etc. Incluye residuos de comida, cenizas, demolición y construcción, especiales y peligrosos.</i>	5 a 30
Barrido de calles y áreas públicas	<i>Residuos que arrojan los peatones, tierra, hojas, excrementos, etc.</i>	10 a 20

Fuente: Jaramillo. (1999). *Gestión integral de residuos sólidos municipales-GIRSM*.

7.5. Clasificación de residuos sólidos

De acuerdo con el decreto 164-2021 (2021) del gobierno de Guatemala en el artículo 12, establece que toda persona individual o jurídica que genere residuos sólidos debe separarlos de acuerdo con la clasificación siguiente:

- Clasificación primaria
 - Orgánico
 - Inorgánico

- Clasificación secundaria
 - Cartón o papel
 - Vidrio
 - Plástico
 - Metal
 - Multicapa

7.6. Plan municipal para la gestión integral de residuos y desechos sólidos

De acuerdo con *El reglamento de gestión integral de desechos y residuos sólidos comunes*, artículo 3, inciso K (decreto 164-2021, 2021), define el plan municipal guatemalteco para la gestión integral de desechos y residuos sólidos y lo conceptualiza como:

Instrumento de planificación que establece los objetivos propuestos a mediano y largo plazo, junto con las estrategias generales para alcanzarlos, involucrando aspectos técnicos, económicos, administrativos, sociales, educativos y legales; así mismo, podrá incluir

las políticas básicas para el establecimiento, la ampliación y la optimización de la prestación de los servicios municipales relativos a la gestión de los residuos y desechos sólidos. (p. 2)

El plan municipal debe ser establecido como un referente de los trazos a seguir para cualquier estudio municipal cuyos objetivos sean definidos y elaborados dentro del marco técnico legal necesario, todo está llevado a la práctica sin dejar como prioridad las especificaciones técnicas establecidas para el efecto.

Los programas de tratamiento de residuos municipales deberían incluir estrategias para minimización, separación de residuos en la fuente, programas para almacenamiento, transporte, revalorización, tratamiento y disposición. Madrid (2012). Es ideal que cuando se desarrollen programas para la gestión de residuos, se considere la distribución de obligaciones, los procesos definidos en función de los beneficios que cada interacción aporta a la sistematización, así como los presupuestos. La minimización por ejemplo es la estrategia más efectiva para el manejo de programas municipales ya que evita la generación de residuos y promueve el ahorro de recursos económicos, también existe el aprovechamiento, el tratamiento y la disposición final.

7.7. Ciclo de vida de los residuos sólidos

De acuerdo con Fuentes *et al* (2008) “el ciclo de vida de los desechos y residuos sólidos inicia desde que los mismos son generados y termina en el momento que son eliminados o bien pasan a un proceso de disposición final” (p. 17). Definir el ciclo de vida es vital para la gestión de residuos toda vez que en esa definición se pueden considerar factores como el tiempo estimado de

vida de los residuos, el grado de contaminación, el uso o disposición final, etc. el proceso incluye las siguientes actividades:

7.7.1. Generación

Es el resultante de las actividades generadoras, el producto será un elemento final o bien un material sobrante. (Fuentes *et. al.*, 2008). La generación surge de toda actividad de productiva y de consumo, así como recreativas. El modelo económico de sociedad promueve el consumo de bienes y servicios, mismos que van de la mano con la producción de los residuos; esta etapa no debe ser menospreciada ya que es acá donde mediante procesos de clasificación se pueden alcanzar resultados de eficiencia y control.

7.7.2. Recolección

Una vez generados los residuos sólidos o RDS, se deben iniciar los procesos de recolección para el traslado a la próxima etapa, ya sea tratamiento o almacenamiento. (Fuentes *et. al.*, 2008). Esta etapa es fundamental para la clasificación ya que facilita los procesos subsiguientes en la medida y forma que se realice la recolección y por ende la revalorización alcanzara mejores resultados. La recolección incluye desde equipos para evitar el escurrimiento o la caída de residuos, las medidas de limpieza y prevención para los operarios, hasta los manejos adecuados que faciliten la acción al siguiente paso, sea este tratamiento o disposición final.

7.7.3. Almacenamiento

En esta etapa se describen las actividades que involucra el aglutinar una cantidad o volumen de residuos para que justifiquen los costos necesarios para

ser trasladados a la siguiente etapa, sea este tratamiento, disposición final o una nueva zona de almacenamiento distinta a aquella en la cual se generó inicialmente. (Fuentes *et. al.*, 2008). El proceso de almacenamiento debe darse de tal forma que no permita el arrastre de residuos por lluvias, vientos o factores externos y debe almacenarse de forma aislada a las áreas de tratamiento para prevenir la contaminación de residuos ya procesados.

7.7.4. Transporte

Se nombra así al traslado de residuos desde el punto de almacenamiento o centro de acopio hacia un lugar para tratamiento, otro lugar de almacenamiento o bien a un relleno sanitario. (Fuentes *et. al.*, 2008). El transporte debe hacerse en vehículos habilitados para el propósito con la finalidad de que no se dispersen en el ambiente los residuos en deterioro las etapas previas.

7.7.5. Tratamiento

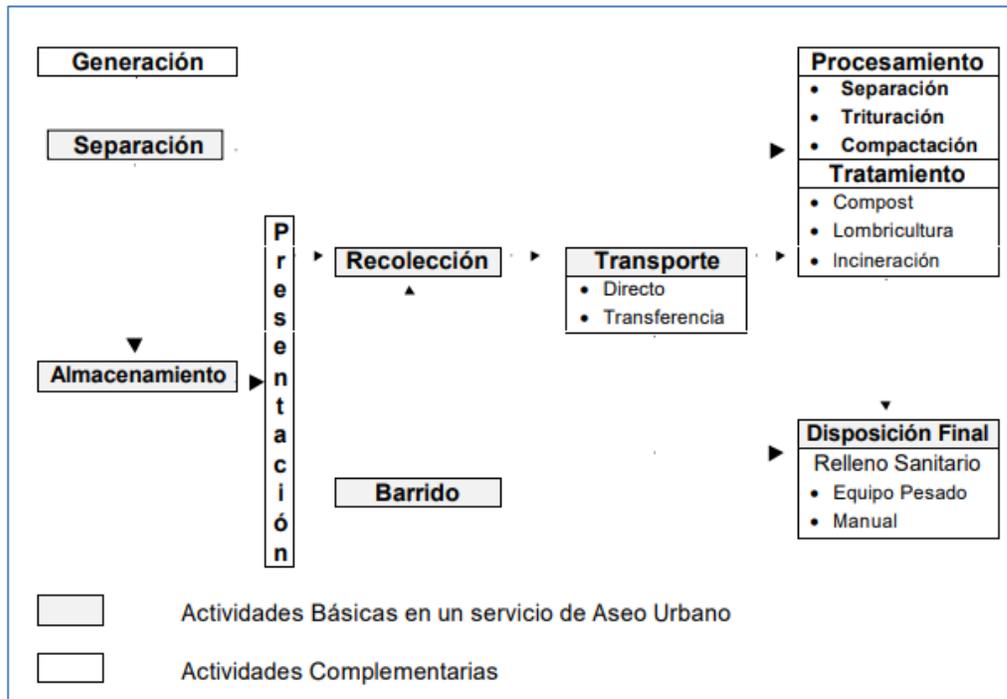
Es la etapa en la que los residuos pueden ser sometidos a procesos que generen beneficios operativos, técnicos, ambientales o económicos (Fuentes *et. al.*, 2008) Los procesos comunes para el tratamiento de residuos son el compostaje, la estabilización biológica, el secado, la compactación y la incineración. Existen varias formas de tratamiento, por citar algunos la reducción del volumen para facilitar la disposición final. La reducción del contenido de humedad, la separación de elementos no deseados como materiales no aprovechables, usualmente residuos orgánicos como el papel sanitario, el cual no puede pasar por procesos de tratamiento. Se recomienda siempre reducir las materias tóxicas que puedan ser causa de problemas en el manejo o la manipulación.

7.7.6. Disposición final

Es el nombre técnico que recibe el sitio final donde se vierten los residuos, es también llamado relleno sanitario o informalmente en botaderos. (Fuentes *et. al.*, 2008). Los rellenos sanitarios son terrenos usualmente alejados de la población, adecuados para recibir los residuos sólidos que son recolectados en comunidades, zonas urbanas o áreas circundantes bajo un estricto control de aquellos factores que generan degradación ambiental. La etapa de disposición final no necesariamente garantiza que no puedan ocurrir nichos de contaminación debido a filtraciones o bien desperdicio de residuos que de ser tratados pudieran volver al ciclo productivo.

Jaramillo (1999) subraya que en “regiones o países en vías de desarrollo es una práctica común el uso de basureros a cielo abierto” (p. 3). Usualmente lugares que terminan siendo focos de contaminación para la población debido al desarrollo de vectores por la proliferación de insectos portadores de patógenos causantes de diversas enfermedades. Las plantas de tratamiento y los rellenos sanitarios en cambio son instalaciones en donde existen principios, normativos y procesos de ingeniería que son utilizados para el uso y la disposición del suelo, el confinamiento de residuos y la adecuada gestión de fluidos y gases derivados de la descomposición que ocurre a la materia orgánica.

Figura 3. **Gestión integral de residuos sólidos**

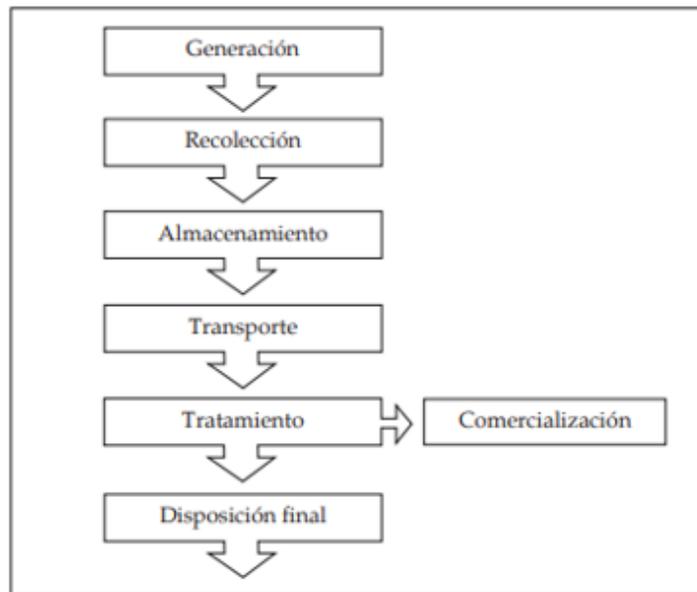


Fuente: Jaramillo. (1999). *Gestión integral de residuos sólidos municipales-GIRSM*.

7.7.7. Comercialización

Los residuos sólidos, luego de pasar por un tratamiento adecuado y ser transformados en bienes con valor económico y pueden ser revalorizados, normalmente como materia prima o bien como insumos. (Fuentes *et. al.*, 2008) Esta fase es importante para alcanzar los objetivos de la sistematización del proceso, toda vez que, con base al logro de las metas económicas, se logran generar recursos económicos para ampliar los programas de control y mitigación de los residuos.

Figura 4. **Ciclo de vida de residuos sólidos**



Fuente: Fuentes *et. al.* (2008). *Gestión de residuos sólidos municipales*.

7.8. Caracterización de residuos sólidos

Según López (2009) el concepto de caracterización de residuos sólidos se refiere al estudio que recolecta muestras para identificar características, fuentes de origen y cantidad de residuos generados. Al respecto de sus beneficios señala:

La caracterización de los residuos permite planificar las acciones para el manejo de los residuos, así como encontrar las soluciones más apropiadas a los problemas que se presentan en las operaciones básicas de almacenamiento, recolección, transporte y disposición final, evitando el deterioro de la calidad ambiental y la salud de las personas. (p. 18).

El proceso de caracterización es esencial para determinar los procedimientos necesarios y adecuados para el almacenaje, tratamiento, comercialización y disposición final. La importancia del estudio radica en la toma de decisiones necesarias para la construcción del arquetipo de solución.

7.9. Procesos de caracterización

De acuerdo con el estudio desarrollado por López (2009), los pasos necesarios para llevar a cabo el proceso de caracterización para residuos sólidos deben contener los siguientes elementos:

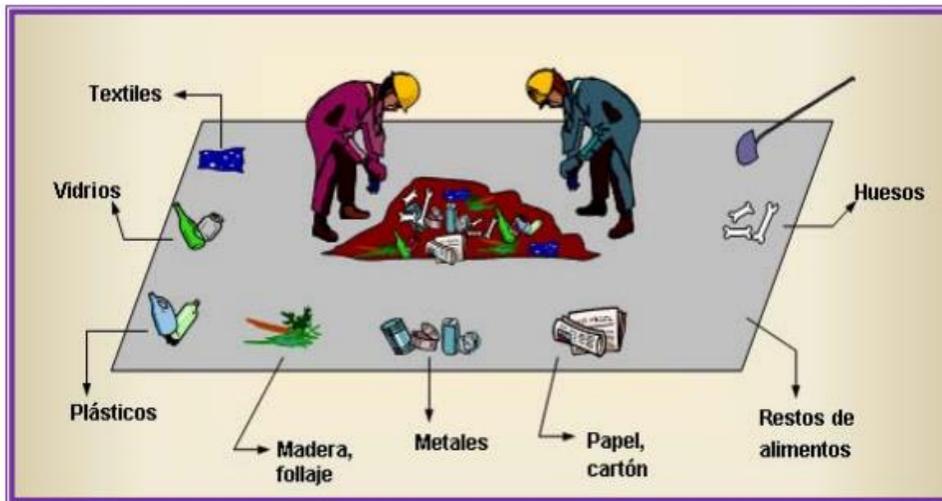
- Zonificación de las áreas homogéneas o con características similares
- Determinación de la población actual (integrantes por familia)
- Determinar el número de la muestra a evaluar
- Sensibilizar a la población seleccionada sobre el almacenaje y el acopio de los residuos en sus viviendas. cabe resaltar el color de las bolsas que servirán para el estudio según el tipo de desecho o residuo.
 - Verde: orgánico
 - Azul: inorgánico
 - Negro: sanitarios
- Toma de la muestra a cada participante del estudio. Se hace la observación que cada muestra debe ser analizada en un lapso no mayor a 3 días.
- En un área de trabajo (manta o espacio físico) se descargan las muestras, se separan, clasifican y pesan, se debe anotar de forma técnica la información.

- Se determina la generación per cápita mediante la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{\text{Kg. RECOLECTADOS}}{\text{No. HABITANTES}}$$

- Se establecerá la densidad de los residuos que estarán en la muestra, para hacerlo se realizan los siguientes pasos:
 - Acondicionar un recipiente con capacidad de 50 litros de agua.
 - Tomar una de las muestras previamente medida y pesada.
 - Introducirla al recipiente por 3 veces consecutivas para llenar vacíos y medir la cantidad de agua desplazada.
 - Calcular la densidad mediante la fórmula $D = \text{Peso} / \text{Volumen}$.
- Determinar la composición física de las muestras
 - Vaciar el contenido y separar los componentes de acuerdo con el tipo de residuo.
 - Los componentes diferenciados regresan a la bolsa y los residuos restantes se tamizan para obtener materia inerte y seguir con el proceso de segregables.

Figura 5. **Determinación de la composición física de los residuos sólidos**



Fuente: López. (2009). *Estudio de caracterización de los residuos sólidos*.

7.10. **Planta de tratamiento**

Para Madrid (2012) “El tratamiento de los residuos sólidos comprende la alteración física, química o biológica de los mismos, mediante la utilización de tecnologías de conversión térmica, química y/o biológica”. (p. 8).

Se debe entender por tratamiento a todo proceso que altere los residuos con la finalidad de beneficiar a la comunidad; la planta de tratamiento es el centro donde los residuos convergen para ser manipulados y determinar cuál es el paso a seguir para cada residuo según la consideración realizada. Es recomendable identificar aquellos residuos que deban ser tratados para reducir la peligrosidad antes de ser tratados o bien para garantizar la disposición final.

7.11. Norma ISO 14001:2015

Acuña, Figueroa y Wilches (2017) señalan que la norma ISO 14001 tiene como objetivo identificar aquellos aspectos ambientales significativos, así como formular compromisos con la política ambiental. El propósito es ser una guía que señale los principios para llevar a cabo el correcto manejo de la contaminación ambiental.

La norma ISO 14001 se ajusta a los requerimientos de todas las normas ISO en los sistemas de gestión. Sin embargo, esta norma en particular no incluye requisitos como en cambio sí sucede con otros sistemas de gestión, tal el caso de: la salud, calidad y la seguridad laboral, además de la administración financiera y el consumo de energía humana.

La norma fue puesta en marcha en 1996 con el nombre de *Norma ISO 14001*, cuyo propósito es alcanzar el equilibrio entre los tres cimientos sostenibles: Lo ambiental, lo social y lo económico. La norma ISO 14001 permite al analista o a la organización utilizar el enfoque basado en el pensamiento común y en riesgos calculados. Con ello se pretende atender las necesidades que requieren las generaciones actuales, sin comprometer a las generaciones futuras de poder satisfacer las necesidades propias (Norma ISO 14001, 2015).

7.12. Enfoques de la norma ISO 14001:2015

De acuerdo con Fernández, García, Morales y Soto (2016) el enfoque en el que se basa la norma es el modelo planificar, hacer, verificar, actuar, aunque se debe incluir una serie de aclaraciones relativas al contenido, por ejemplo, la observancia de la estructura necesaria y la incorporación de enfoques

novedosos que permitan desarrollar la unificación de la gestión ambiental o cualquier programa de gestión organizacional o empresarial.

De acuerdo con el concepto antes mencionado, la norma ISO 14001 no es rígida en la estructura y enfoque, sino que se adapta a las condiciones de la organización, empresa o entidad para brindar resultados positivos y eficaces.

7.12.1. Antecedentes de la Norma ISO 14001:2015

Los antecedentes de la norma ISO 14001 se remiten a la norma British Standard (BS) 7750 de 1990, la cual es elaborada en Inglaterra por el Instituto de Normalización Británica (British Standard Institución) a inicios de la década de los 90's. Sanabria (2019) señala al respecto de este evento que "Acá se desarrolló un sistema de gestión ambiental diseñado para respaldar las acciones ambientales logrando la congruencia entre las metas determinadas y la confirmación externa de cumplimiento". (p.11). Hoy día, obtener el equilibrio entre economía, ambiente y sociedad es crucial para complacer las generaciones actuales sin comprometer a las futuras sociedades.

El progreso se transforma entonces en objetivo alcanzable debido al balance de los tres cimientos de la sostenibilidad: La transparencia en la ejecución, las perspectivas para el desarrollo sostenible y la rendición de cuentas (Fernández *et. al.*, 2016).

7.12.2. Objetivo de un sistema de gestión ambiental de la norma ISO 14001

El propósito de la norma ISO 14001 es ofrecer el marco referencial que sirva para resguardar el medio ambiente y atender las condiciones ambientales

en constante cambio, pero bajo la búsqueda del equilibrio entre las condiciones ambientales con los requerimientos sociales y económicos (Fernández *et. al.*, 2016).

Establecer la sistematización de los enfoques para gestionar el medio ambiente conlleva a que la alta dirección tenga información suficiente para construir a largo plazo con éxito. Existen diversas opciones cuyo fin contribuye al desarrollo del medio ambiente.

7.12.3. Factores de éxito de la norma ISO 14001

Todos los factores de éxito en el sistema de gestión ambiental dependen de la responsabilidad que tenga el equipo humano que compone la organización, liderados todos por la alta dirección. El liderazgo de la organización debe abordar de forma eficaz y transparente los riesgos y oportunidades que según el sistema gestión ambiental de los procesos de negocio se deban contemplar, considerando la estrategia en la toma de decisiones.

Alineándolos con otras prioridades de la organización. Según Fernández *et. al.* (2016), la implementación de la norma ISO 14001 será disímil en cada organización, ya que depende del contexto en el que la misma este.

7.12.4. Enfoque PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar)

El modelo PHVA refleja procesos de intercambio enfocado a las organizaciones para obtener la mejora continua, esto según Fernández (2016). Se puede aplicar en el sistema de gestión ambiental completo y en cada uno de

los elementos o enfoques individuales. Para ampliarlos, se puede realizar una descripción breve:

- Planificar: establece todos los objetivos ambientales y los procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con la política ambiental de la empresa.
- Hacer: implementar los métodos y procesos en la forma que se encontraba prevista o planificada.
- Verificar: establece procesos de seguimiento y medir la política ambiental, se deben incluir los compromisos, los objetivos ambientales y los criterios de operación.
- Actuar: tomar decisiones para crecer sosteniblemente. Desarrollar programas que permitan monitorear el progreso de la sistematización.

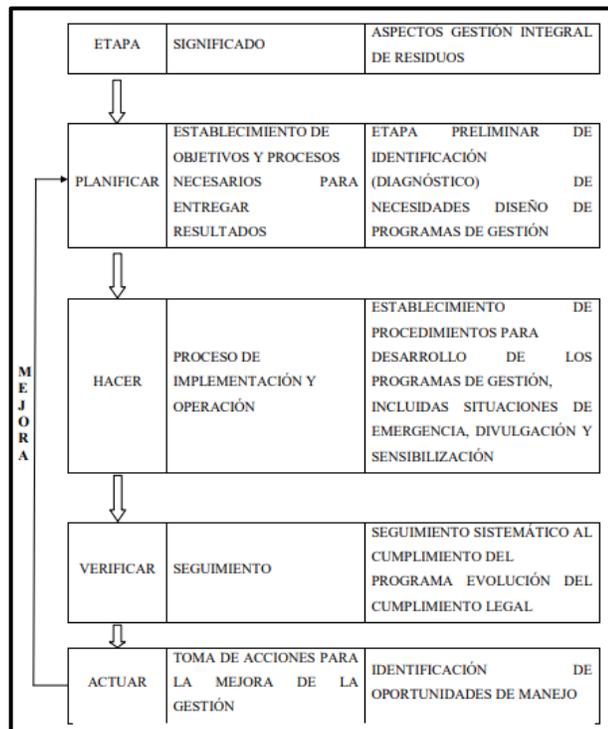
7.12.5. Planificación de gestión según enfoques PHVA

Para ejecutar la gestión de residuos sólidos de forma adecuada, es preciso conocer las actividades que se realizan en torno a los mismos. Madrid (2012), el diagnóstico debiera incluir la siguiente información mínima para ejecutar el proceso de forma eficaz:

- Caracterización de residuos sólidos, cantidad y frecuencia
- Causas que originan los residuos sólidos y lugar en donde se originan.
- Medios para almacenamiento de los residuos sólidos: descripción del vertedero, identificación de los procesos.
- Costos de manejo y técnicas actuales de aprovechamiento

- Tratamiento actual de los residuos sólidos
- Legislación aplicable

Figura 6. **Modelo de Gestión según enfoques de gestión de mejora**



Fuente: Madrid. (2012). *Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Mercado Central del Cantón Esmeraldas.*

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

INTRODUCCIÓN

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Generalidades

1.1.2. Antecedentes

1.1.2.1. Estudios nacionales

1.1.2.2. Estudios internacionales

1.1.2.3. Principales resultados de los estudios

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Plan de gestión integral

2.2. Gestión de residuos

2.3. Residuos sólidos

2.4. Clasificación de los residuos sólidos

2.4.1. Clasificación primaria

2.4.2. Clasificación secundaria

2.5. Plan municipal para la gestión integral de residuos sólidos

2.6. Ciclo de vida de los residuos sólidos

- 2.6.1. Generación
- 2.6.2. Recolección
- 2.6.3. Almacenamiento
- 2.6.4. Transporte
- 2.6.5. Tratamiento
- 2.6.6. Comercialización
- 2.6.7. Disposición final
- 2.7 Caracterización y clasificación de los residuos sólidos
- 2.8 Procesos de caracterización
- 2.9 Norma ISO 14001:2015
- 2.10 Enfoques de la Norma ISO 14001:2015
- 2.11 Antecedentes de la Norma ISO 14001:2015
- 2.12 Objetivos de la Norma ISO 14001:2015
- 2.13 Factores de Éxito de la norma ISO 14001:2015
- 2.14 Enfoques PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar)
- 2.15 Planificación de gestión según enfoques PHVA

3. MARCO METODOLÓGICO

- 3.1. Tipo de la investigación
- 3.2. Diseño
- 3.3. Enfoque
- 3.4. Variables
- 3.5. Población
 - 3.5.1. Criterios de inclusión
 - 3.5.2. Criterios de exclusión
- 3.6 Muestreo
- 3.7. Método de recolección de datos
- 3.8. Técnica
- 3.9. Instrumento

- 3.10. Obstáculos (riesgos y dificultades)
- 3.11. Riesgo de la investigación
 - 3.11.1. Nivel 1 (sin riesgo)

- 4. ESTUDIO TÉCNICO
 - 4.1. Descripción del área de estudio
 - 4.2. Misión del área en estudio
 - 4.3. Visión del área en estudio
 - 4.4. Área de atención del estudio
 - 4.5. Recursos físicos y tecnológicos del área en estudio

- 5. MARCO LEGAL
 - 5.1. Ac. Gub. 281-2015, Política nacional. para la gestión integral de residuos sólidos
 - 5.2. Ac. Gub. 164-2021. Reglamento para la gestión integral de residuos sólidos
 - 5.3. Decreto 12-2002. Código Municipal

- 6. ANALISIS DE RESULTADOS
 - 6.1. Preguntas de instrumentos o discusión de resultados

- 7. ARQUETIPO DE SOLUCIÓN
 - 7.1. Funcionalidades del sistema
 - 7.2. Diseño del sistema
 - 7.3. Arquitectura del sistema
 - 7.4. Operación del sistema
 - 7.5. Herramientas necesarias
 - 7.6. Detalles de la funcionalidad

- 8. FACTIVIDAD DEL ESTUDIO
 - 8.1 Factibilidad técnica
 - 8.2 Factibilidad económica

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La metodología del estudio requiere análisis del esquema a seguir como referencia didáctica del estudio, corresponde a esta delimitar a profundidad la ruta a seguir en el desarrollo de la investigación.

9.1. Características del estudio

El alcance metodológico de investigación es descriptiva e inductiva, debido a que se realizará el análisis de la caracterización de residuos, así como la observación de las técnicas empleadas actualmente. Se observarán los procedimientos empleados para obtener conclusiones y recomendaciones para mejorar el sistema. Al ser realizado el estudio dentro del vertedero municipal, se observarán y determinarán los riesgos que podrían afectar al sistema de gestión de residuos sólidos, con lo que se pretende mejorar el desempeño y la eficacia del sistema. Se propondrá el diseño que pueda ser aplicado a sistemas con características similares.

El enfoque del estudio propuesto es mixto, ya que el mismo presenta algunas características del enfoque cualitativo y cuantitativo, a través de variables numéricas como la caracterización de sólidos, cuantificación y clasificación de residuos sólidos, así mismo variables cualitativas como la calidad y reciclabilidad de los residuos.

El alcance técnico: durante el período de la investigación se utilizarán técnicas de gestión de procesos para identificar y modificar los puntos de mejora de una forma eficiente y funcional. Asimismo; se tomará cierto

porcentaje de las actividades de los procesos del sistema con el objeto de determinar qué actividades son susceptibles de mejora, y así diseñar medidas para corregir los procesos y de esta forma elaborar el sistema integral para la gestión de los residuos sólidos.

Alcance de tiempo: el estudio se enmarca en un período comprendido hasta julio de 2021. Tiempo en el cual se recopilará información para el trabajo de investigación. Alcance de espacio: la observación de los procesos dentro del vertedero se debe partir de la información de los procesos que actualmente se realizan para el manejo de los residuos sólidos adentro del vertedero.

Alcance de resultados: se estipula generar al concluir este trabajo de graduación una serie de análisis que permitan realizar acciones de mejora dentro y fuera del proceso, que permitan manejar los residuos de una forma más estructurada, eficaz y efectiva.

El diseño de investigación adoptado es no experimental, porque no se utilizarán ensayos de laboratorio para determinar información a ser utilizada en el proyecto del manejo de residuos sólidos y tampoco se manipulan variables en laboratorio. La recolección de información será de corte transversal, esto debido a que se estudiará de forma longitudinal de tendencia evolución de grupo panel, el comportamiento de los residuos sólidos en el vertedero en un período de tiempo determinado, que abarca de diciembre de 2021 a Julio 2022, tiempo durante el cual se realizará la observación y recolección de datos del vertedero en general.

9.2. Unidades de análisis

La población en estudio será conformada por colaboradores municipales, quienes engloban el universo de estudio y lo compone una población de 128 colaboradores, de la cual se extraerán muestras de forma aleatoria, que serán estudiadas a totalidad. Dada al nivel de confianza del 90 % y margen de Error del 10 %, el tamaño de la muestra del tipo sistemática será de 45 colaboradores.

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

Tabla III. **Datos para toma de muestra**

Parámetro	Descripción	Dato	Observaciones
n	Tamaño de muestra	45	
N	Tamaño de la población	128	
z	Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza en %	1.65	(Nivel de confianza 90% = z 1.65)
e	Margen de error (error de estimación máximo aceptado), cantidad de error del muestreo aleatorio	0.10	
p	Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)	0.50	se eligió ya que no se conocen datos según investigaciones pasadas
q	Probabilidad de que no ocurra el evento (fracaso), formula q=1-p	0.50	se eligió ya que no se conocen datos según investigaciones pasadas

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

9.3. Variables

Las variables de estudio serán las unidades de análisis que servirán de referencia para alcanzar los objetivos, la validación de los valores será cuantificada en base a los procesos de toma y carga de datos de la muestra, al análisis de resultados y a la revisión de los procesos vigentes y propuestos. Las mismas servirán de guía para el desarrollo del arquetipo de solución. Las variables de la investigación serán del orden cualitativo y cuantitativo y se describen a continuación:

Tabla IV. **Variables cuantitativas y cualitativas**

Variables	Definición conceptual	Definición operativa	Indicador
Caracterización de Residuos	Variable cuantitativa para medir la carga del vertedero	Peso de los residuos en las muestras tomadas	Peso de Residuos sólidos
	Variable cuantitativa para cuantificar el tamaño de las muestras	Volumen de los residuos en las muestras tomadas	Volumen Estimado de sólidos
	Variable cuantitativa que relaciona dos variables	Relación Peso-volumen en la composición	Densidad de Residuos Sólidos
	Variable cualitativa para calificar las muestras	Fuentes originales del residuo	Composición de Residuos Sólidos
Fuentes de Generación	Variable cuantitativa para generalizar la generación de residuos	Porcentaje de generación de residuos por tipo de generador	Tipos de Generadores
	Variable cuantitativa para calificar las fuentes	% de residuos por tipo de fuente de generación	Fuentes de generación
	Variables Cualitativa que describa la generalidad del municipio	% Estimación de las fuentes económicas predominantes del municipio	Nivel Socioeconómico

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

9.4. Fases del estudio

La investigación se realizará de acuerdo con una secuencia estructurada de fases que van desde la recopilación de datos, el estudio del marco legal, el análisis de la información, el desarrollo del arquetipo de solución mediante la creación de procedimientos y el análisis de resultados como guía para la construcción de la solución.

9.4.1. Primera fase

Consiste en la recopilación de información del marco teórico, que busca describir las condiciones del vertedero, así como la identificación de las condiciones de medio biofísico y socioeconómico de los alrededores. Se realizará una visita para registro y caracterización del ecosistema en el que existe el vertedero de residuos sólidos.

Adicionalmente se realizará el análisis de Información con la que actualmente se cuenta, cantidad de personal y estadísticas con las que trabajan, descripción del sistema de funcionamiento actual, medidas de transporte, clasificación y disposición final existentes en la actualidad.

9.4.2. Segunda fase

Se realizarán las revisiones documentales dentro del marco legal vigente: La política para el manejo integral de residuos y desechos sólidos, el código municipal y los enfoques de la norma ISO 14,001:2015.

9.4.3. Tercera fase

Trabajo de campo, consistirá en la observación y documentación de los procesos de descarga de los residuos sólidos, entrevista al personal involucrado en el estudio, procesos de reclasificación y recuperación de los residuos, así como la distribución y disposición final de los residuos dentro del vertedero municipal.

Así mismo se realizará la caracterización de los residuos que ingresan al vertedero municipal mediante técnicas documentales para determinar el origen y la cuantificación de los residuos sólidos, la tabulación de los datos será vinculante para la realización de la propuesta del arquetipo de solución, sea este el método ideal para el tratamiento de los residuos sólidos según dicha clasificación.

9.4.4. Cuarta fase

Análisis de los resultados obtenidos en los procesos de observación y caracterización de los residuos sólidos, aplicación de criterios de aceptación y rechazo de los resultados y desarrollo matemático estadístico de la realidad del vertedero.

9.4.5. Quinta fase

Se realizará el plan de acción mediante la construcción del perfil de la gestión de residuos sólidos según los 5 principios de la norma ISO 14,001:2015. Desarrollar programas de: Clasificación, redistribución y revalorización de los residuos sólidos según los resultados obtenidos en los procesos de

caracterización. Programa de comunicación y participación social y plan de mejora continua.

9.4.6. Sexta fase

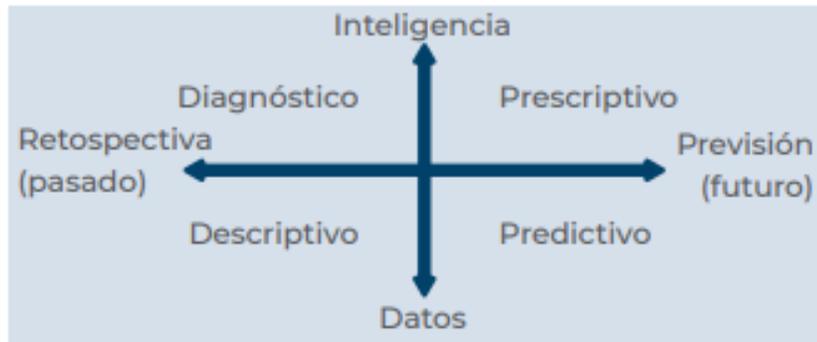
Diseño de un modelo de monitoreo con indicadores que permitan un plan de mejora continua, con variables que permitan medir el grado de los objetivos y metas, el estado de las acciones correctivas y preventivas y el desempeño ambiental del vertedero. Diseño de un modelo de informe que permita a la alta dirección municipal dar seguimiento a las acciones preventivas y correctivas para el buen funcionamiento del vertedero municipal.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

En concordancia con el alcance del estudio, la técnica de análisis de la información será la estadística descriptiva. Se utilizará la analítica descriptiva como herramienta de trabajo para el desarrollo de los distintos momentos del estudio. El primer momento aborda el análisis descriptivo en donde se caracterizarán los residuos que ingresan al vertedero según la clasificación establecida en el artículo 12 del reglamento para la gestión integral de residuos sólidos vigente en la normativa nacional. El estudio permitirá inferir el ingreso diario de residuos sólidos al vertedero mediante la construcción de series de tiempos, lo que permitirá reconstruir un histórico del comportamiento de la basura. El segundo momento será la analítica del diagnóstico, en donde se utilizarán los elementos obtenidos previamente en la construcción de series temporales, información que se utilizara para una extrapolación pronóstica de los datos.

El tercer momento del estudio lo componen las previsiones a futuro. Para ello se parte de la analítica predictiva, en donde se utilizara la información obtenida para realizar modelos cuantitativos de extrapolación que predigan el comportamiento de los residuos en el vertedero; esto llevara al cuarto momento, la analítica prescriptiva, en donde se presentara y analizara el comportamiento de los residuos sólidos y se desarrollaran las recomendaciones de estrategias mediante métodos cualitativos, donde se apliquen métodos normativos para proponer procesos de mejora el sistema vigente.

Figura 7. **Tipos de Análisis**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

Para el análisis de los resultados se realizarán gráficas de diagrama de barras que permitirán presentar el comportamiento de los residuos, se utilizarán medidas de posición central para normar los datos en cierto intervalo de tiempo. Así mismo se realizarán gráficos de diagramas de dispersión para homogenizar los indicadores de los residuos en relación con los RDS que ingresen al vertedero en un intervalo de tiempo. Esto permitirá sustentar las propuestas de mejora para los procedimientos y predecir el impacto que los mismos tendrán en el vertedero.

La temporalidad considerada para realizar la investigación de campo se establece en 1 mes para el levantamiento de datos, la muestra será definida en función de la población, los ingresos diarios y las metas propuestas. Se efectuará el análisis de tendencia del comportamiento de los residuos sólidos.

11. CRONOGRAMA

Tabla V. Cronograma de actividades

		2022																							
No.	Actividad	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
		Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas				Semanas			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Fase 1: Descripción de Vertedero	■	■	■	■																				
2	Visita técnica para documentar condiciones del vertedero, tomar muestras de suelo y condiciones ambientales	■																							
3	Visita a municipalidad para revisar documentos y procedimientos normales vigentes		■																						
4	Documentación de la información obtenida		■	■	■																				
5	Elaboración del Informe inicial			■	■	■	■																		
6	Fase 2: Revisión Legal y Normativa																								
7	Análisis del normativo vigente con los procesos actuales				■																				
8	Comparación legal con las legislación y la norma de ing.				■																				
9	Elaboración Tablero variables				■	■																			
10	Fase 3: Recolección de información							■	■	■	■	■													
11	Extracción de datos							■	■	■															
12	Transformación de datos									■	■														
13	Carga de datos										■	■													
14	Fase 4: Interpretación de Resultados												■	■											
15	Presentación y Discusión de resultados												■	■											
16	Fase 5: Propuesta de solución													■	■	■	■	■	■						
17	Diseño de Marco de trabajo													■	■	■									
18	Desarrollo de un arquetipo de solución al manejo de residuos sólidos																■	■	■						
19	Fase 6: Diseño de plan de mejora continua, presentación de propuesta																				■	■	■		

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

La factibilidad del estudio es viable toda vez que se cuenta con las condiciones necesarias y el apoyo de la municipalidad de Santa Cruz Naranjo para tener acceso a la información del vertedero que permita el desarrollo del trabajo de investigación. Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se requieren recursos humanos, técnicos y financieros.

12.1. Factibilidad técnica

Para la realización del presente estudio se requieren de recursos técnicos, de acceso a la información, tecnológicos y humanos. El fin de estos recursos es cumplir con los objetivos planteados al inicio del proyecto y se espera que mediante el apoyo de estos se alcancen los resultados esperados.

- Recursos físicos

Para el desarrollo del proyecto se requieren recursos físicos que van de la mano con las variables a medir y la síntesis de la información: Equipo de medición de los residuos sólidos (Bascula, metro, cintas reflectivas, bolsas para clasificación de residuos), equipo tecnológico para sintetizar y documentar la información (Hardware y Software), Equipo de movilización para el traslado del investigador al vertedero municipal a realizar el trabajo de campo (vehículo), acceso a la información por parte del ente rector, la municipalidad en el presente caso de estudio.

- Recursos humanos

El talento humano es indispensable para el éxito del proyecto, para la realización del presente trabajo de investigación se contará con personal que tiene a cargo el vertedero municipal, el investigador de campo para la toma de los datos en el periodo de recolección de datos determinado, el apoyo del asesor y revisor del trabajo de investigación, el apoyo del personal que labora en la municipalidad para evaluar aspectos deseables del proceso de investigación.

12.2. Factibilidad económica

En cuanto a la factibilidad económica, se enumeran los recursos requeridos para realizar el proyecto, la categorización de la inversión, la descripción del gasto, las unidades requeridas, importante la estimación del costo que implica el uso o adquisición de estos recursos y el porcentaje que cada rubro representa de la inversión total requerida. A continuación, se plantea el presupuesto de gastos considerados para la realización del proyecto.

Tabla VI. **Presupuesto de factibilidad económica**

Núm	Categoría	Descripción del gasto	Unidades	Valor	%
1	Material	Bascula	1	Q 490.00	6.17 %
2	Material	Metro	1	Q 50.00	0.63 %
3	Material	Zarandeador	1	Q 200.00	2.52 %
4	Material	Bolsas de Clasificación	300	Q 525.00	6.61 %
5	Material	Mascarillas	30	Q 90.00	1.13 %
6	Material	Alcohol en gel	1 gal	Q 99.00	1.25 %
7	Tecnológico	Depreciación de computadora	1	Q 499.00	6.29 %
8	Tecnológico	Gasto de datos y plan de voz	1	Q 350.00	4.41 %
9	Humano	Investigador	192 h	Q 2,229.12	28.08 %
10	Humano	Asesor de proyecto	-	Q 2,500.00	31.50 %
11	Alimentación	Alimentación	-	Q 450.00	5.67 %
12	Varios	Imprevistos (5%)	-	Q 455.60	5.74 %
		Total		Q 7,937.72	100.00 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

13. REFERENCIAS

1. Acuerdo gubernativo 164-2021. Reglamento para la gestión Integral de los residuos y desechos sólidos Comunes. Guatemala. 09 de agosto del 2021.
2. Acuña, N., Figueroa, L. y Wilches, M. (enero, 2017). Influencia de los Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001 en las organizaciones: caso estudio empresas manufactureras de Barranquilla. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(1), 143-153. Recuperado de <https://bit.ly/3pxO7EL>.
3. Cárdenas, M., Santos, F., Contreras, M., Rosa, E. y Domínguez-Núñez, J. (2019). *Propuesta Metodológica para el sistema de gestión de los residuos sólidos urbanos en Villa Clara* (Tesis de maestría). Universidad Central Marta Abreu, Cuba. Recuperado de: <https://bit.ly/3C4TbEo>.
4. Fernández, J., García, M., Morales, N. y Soto, M. (2016). *Guía para la aplicación de UNE-EN ISO 14001: 2015*. España: AENOR Ediciones.
5. Fuentes, C., Carpio, J., Prado, J., y Sánchez, P. (2008). *Gestión de residuos sólidos municipales*. Perú: ESAN Ediciones.

6. Gálvez, J. (2016). *Estimación de la huella ecológica, huella de carbono y diseño del plan de gestión para la organización Cáritas Diócesis de Zacapa, Guatemala* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/6284/>.
7. Girón, E. (2017). *Elaboración de un plan de manejo integral de residuos sólidos para el vertedero controlado, ubicado en el km 22, carretera al pacífico, Villa Nueva, Guatemala* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7542/>.
8. Hernández, G. (2016). *Evaluación ambiental del proceso de residuos sólidos no peligrosos en una planta de tratamiento de residuos no peligrosos para la sustentabilidad* (Tesis de Maestría). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/35519>.
9. Hernández, M., Aguilar, Q., Taboada, P., Lima, R., Eljaiek, M., Márquez, L. y Buenrostro, L. (noviembre, 2016). Generación y composición de los residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe. *Revista Internacional de Contaminación del Ambiente*, 32, 11-22. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.02>.
10. Jaramillo, J. (noviembre, 1999). Gestión integral de residuos sólidos municipales-GIRSM. *Seminario Internacional: Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos Siglo XXI*, 1-20.

11. López, J. (2009). *Estudio de caracterización de los residuos sólidos*. Perú: Municipalidad Distrital de las Lomas.
12. López, S. (2010). *Gestión de los residuos sólidos en la cabecera municipal de Santiago, Sacatepéquez* (Tesis de maestría), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <https://bit.ly/3CoGmEV>.
13. Madrid, V. (2012). *Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Mercado Central del Cantón Esmeraldas* (Tesis de Licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
14. Marulanda, O. (2010). *Propuesta de plan de gestión integral de residuos sólidos en las instituciones educativas ubicadas en el corregimiento de Arabia Municipio de Pereira* (Tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/71396552.pdf>.
15. Meléndez, E. (2017). *Evaluación de la viabilidad de la gasificación de residuos sólidos municipales para la generación de energía eléctrica en Guatemala* (Tesis de maestría). Universidad de Oviedo, España. Recuperado de: <https://bit.ly/3pmLRQK>.
16. Monterroso, A. (2017). *Diagnóstico sobre la dimensión del problema de contaminación y manejo de desechos sólidos y propuesta alternativa correctiva en el municipio de la esperanza, del departamento de Quetzaltenango* (Tesis de maestría), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de <https://bit.ly/3pg5LNp>

17. Peavy, H., Rowe, D. y Tchobanoglous, G. (1985). *Environmental Engineering*. McGraw-Hill.
18. Rodríguez, H. (2012). *Gestión Integral de residuos Sólidos*. Colombia: Fundación Universitaria del Área Andina. Recuperado de: <https://bit.ly/3vC5OnT>.
19. Rodríguez, K. (2016). *Propuesta de un modelo mínimo de centro de acopio para desechos sólidos, caso validado en el mercado municipal de Casillas, Santa Rosa* (Tesis de maestría). Recuperado de <https://bit.ly/3Y3ynE>.
20. Sanabria, K. (2019). *Análisis de la transición del sistema de gestión ambiental: norma ISO 14001 de la versión de 2004 a 2015* (Tesis de licenciatura). Universidad Militar Nueva Granada, Colombia.
21. Urbina, M., Zúñiga, O. y Libys, M. (marzo, 2016). Metodología para el ordenamiento de los Residuos Sólidos Domiciliarios. *Ciencia en su PC*, 1, 15-29. Recuperado de: <https://bit.ly/3G0zgIR>.
22. Velásquez, C. (2016). *Comunicación lingüística: desarrollo de la competencia comunicativa en la universidad*. Guatemala: Eco Ediciones. Recuperado de: <https://bit.ly/3BcDbyV>