



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS
DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN LUCAS
SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Juan Carlos Martínez Gómez

Asesorado por el MSc. Arq. Luis Estuardo Ovando Lavagnino

Guatemala, abril de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS
DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN LUCAS
SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN CARLOS MARTÍNEZ GÓMEZ

ASESORADO POR EL MSC. ARQ. LUIS ESTUARDO OVANDO LAVAGNINO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

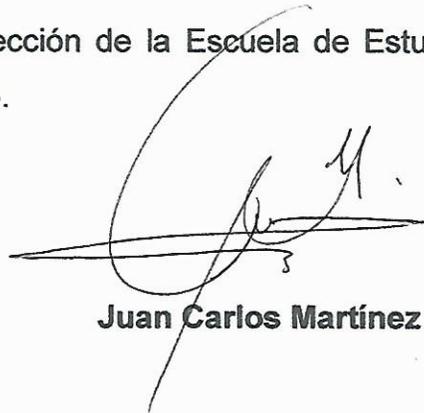
DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Edwin Antonio Echeverría Marroquín
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

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 PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 22 de enero de 2015.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Carlos Martínez Gómez', with a large, sweeping flourish that extends to the left and underlines the text.

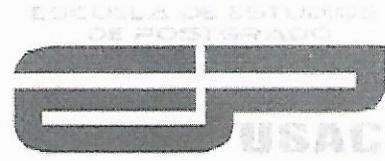
Juan Carlos Martínez Gómez



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

000010



ADSE-MDMPP-0001-2014

Guatemala, 22 de enero de 2015.

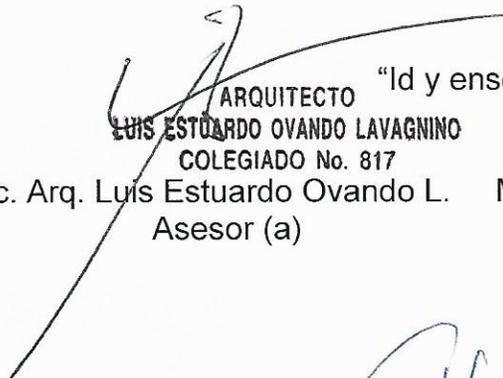
Director:
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Industrial
Presente.

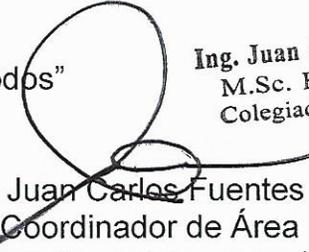
Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Juan Carlos Martínez Gomez** con carné número **1990-12490**, quien opto 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 Ingeniería para el Desarrollo Municipal**.

Y si 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 Decimo, 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.

Sin otro particular, atentamente,


ARQUITECTO “Id y enseñad a todos”
LUIS ESTUARDO OVANDO LAVAGNINO
COLEGIADO No. 817
MSc. Arq. Luis Estuardo Ovando L.
Asesor (a)


Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504
MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Área
Desarrollo social y energético


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.055.015

El Director de la Escuela de 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 Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Juan Carlos Martínez Gómez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2015.

/mgp



El Decano 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 PARA LA DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Carlos Martínez Gómez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano

Guatemala, abril de 2015



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Creador de todo lo que existe.
Mis padres	Carlos Humberto Martínez Ruano y María Olimpia Gómez Morales de Martínez.
Mi esposa	Ana María Roca Morales de Martínez.
Mis hijos	Juan Carlos y Diego Javier Martínez Roca.
Mi hermana	Silvia Patricia Martínez Gómez de Domínguez.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Creador de todo lo que existe.
Mis padres	Carlos Humberto Martínez Ruano y María Olimpia Gómez Morales de Martínez.
Mi esposa	Ana María Roca Morales de Martínez.
Mis hijos	Juan Carlos y Diego Javier Martínez Roca.
Mi hermana	Silvia Patricia Martínez Gómez de Domínguez.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
GLOSARIO	V
RESUMEN.....	VII
1. INTRODUCCIÓN	01
2. ANTECEDENTES	05
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
4. JUSTIFICACIÓN	15
5. OBJETIVOS	17
6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN.....	19
7. MARCO TEÓRICO.....	23
7.1. Residuos sólidos municipales.....	23
7.2. Vertedero.....	25
7.3. Relleno sanitario.....	26
7.4. Planta de tratamiento de desechos sólidos	29
7.5. Incineración	31
8. CONTENIDO.....	35
9. METODOLOGÍA.....	41

10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	51
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	63
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	65
13.	BIBLIOGRAFÍA	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ubicación geográfica del municipio de San Lucas Sacatepéquez y el municipio de Guatemala..... 12
2. Ubicación geográfica del municipio de San Lucas Sacatepéquez respecto del relleno sanitario AMSA 12

TABLAS

- I. Cuantificación de la inversión..... 66

GLOSARIO

Actor(es)	Grupo de personas, e individuos, que tienen una influencia o participación relevante en determinado aspecto del manejo de los RSU.
Compost	Mejorador del suelo que se obtiene luego de un proceso de descomposición de los residuos sólidos orgánicos en condiciones húmedo aeróbicas (con presencia de oxígeno).
Disposición final	Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en diversos tipos de sitios e instalaciones.
Lixiviados	Líquido que se ha filtrado procedente de los residuos dispuestos. Debido a su carga bacteriológica y química los lixiviados deben ser tratados antes de verterlos en medios naturales ya que pueden contaminar las aguas superficiales, subterráneas o el suelo.
Residuos sólidos	Son aquellas sustancias, productos o sub-productos en estado sólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, de acuerdo a ley, o por los riesgos de salud y ambiente que originan.

RSU

Los residuos sólidos urbanos son aquellos que se generan en las actividades desarrolladas en los núcleos urbanos o en sus zonas de influencia, como domicilios, particulares, los comercios, las oficinas y los servicios.

Servicios de RSU

Típicamente comprende a los servicios de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos urbanos, incluyendo el barrido de calles. Las municipalidades son responsables de asegurar que estos servicios se proporcionen con la cobertura y calidad requeridas.

Tratamiento

Abarca a todos los conceptos por los cuales los RSU son procesados para acotar los potenciales daños que puedan causar al ambiente, ya sea por la disminución de su volumen o peligrosidad o por su aprovechamiento. Comprende de esta manera a los procesos físicos, químicos, biológicos, térmicos y de otra especie, entre los que se reconocen el reciclado y el compostaje.

RESUMEN

Las sociedades generan elevados volúmenes de desechos sólidos a medida que crecen. En Guatemala persisten importantes carencias de infraestructuras ambientales para la adecuada gestión de sus residuos, siendo imprescindible que las autoridades que tienen a su cargo el ordenamiento del territorio planifiquen la gestión integral de tales residuos, con el fin de asegurar una buena calidad de vida a la población y el desarrollo sostenible del país.

El relleno sanitario administrado por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA), se encuentra en proceso de un inminente cierre. Este relleno sanitario es utilizado en estos momentos y desde hace muchos años, por el municipio de San Lucas Sacatepéquez.

En este estudio se integra el problema al que San Lucas Sacatepéquez se enfrenta, determinando las características propias del municipio y del desarrollo de la variable de los desechos sólidos y sus efectos en el desarrollo, abordando la importancia de su tratamiento dentro de la planificación territorial municipal y su relación con la administración municipal.

Con base a las características determinadas, se describirán las opciones para la correcta disposición final de los desechos sólidos en el municipio de San Lucas Sacatepéquez y presentar a la administración municipal la opción considerada como la más viable.

1. INTRODUCCIÓN

Las sociedades generan elevados volúmenes de desechos sólidos a medida que crecen y en países en desarrollo como Guatemala, persisten importantes carencias de infraestructuras ambientales para la adecuada gestión de sus residuos, siendo imprescindible que las autoridades que tienen a su cargo el ordenamiento del territorio y a la vez la protección del ambiente y la salud, asuman de manera responsable y planificada el papel que les corresponde frente a la gestión integral de tales residuos, con el fin de asegurar una buena calidad de vida a la población y también el desarrollo sostenible del país.

En este orden de ideas, la presente investigación tiene como finalidad, determinar las opciones que el municipio de San Lucas Sacatepéquez tiene para la disposición final de los desechos sólidos generados en su jurisdicción. Esta situación la deben afrontar las autoridades municipales, ante el cierre inminente del relleno sanitario utilizado en estos momentos, el administrado por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA). Este relleno sanitario es el utilizado en estos momentos y desde hace muchos años, por el municipio de San Lucas Sacatepéquez y por los municipios que conforman la cuenca del lago de Amatitlán.

Este estudio se desarrollará por medio de una estructura de cuatro capítulos, integrando el problema al que el municipio se enfrenta, hasta llegar a las opciones para la solución técnica y económicamente viables, según las capacidades y características del municipio. Iniciando con una exposición general de los elementos implícitos al municipio, en su posicionamiento como

parte de la estructura política y económica del país, continuando con el desarrollo de la base teórica de la variable independiente que son los desechos sólidos y sus efectos en el desarrollo humano. Esto permitirá obtener una plataforma teórica de estos dos elementos (municipio y desechos sólidos); pudiendo a partir de ello, caracterizar el funcionamiento real y esperado de la administración municipal, en la gestión del manejo integral de los desechos sólidos en su jurisdicción, delegada legalmente en el ordenamiento jurídico del país.

Se describirá la disponibilidad del municipio para una adecuada disposición de final de los desechos sólidos generados, para finalmente presentar una solución técnica y económicamente viable al gobierno municipal, sugiriendo la integración de dicho proyecto a su planificación operacional.

En el primer capítulo se describirán los elementos que la ingeniería tiene disponibles para el desarrollo municipal, los cuales se determinarán de toda la información estudiada del p^osum de la Maestría de Ingeniería para el Desarrollo Municipal de la Escuela de Postgrados de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos. Se documentarán elementos de la ingeniería, entre ellos: la planificación territorial, urbana y rural, gestión ambiental, administración de redes de servicio, presupuesto y contratación de servicios y obras, financiamiento, inversión y cooperación, todo dentro de la dinámica de las políticas y marco jurídico municipal.

Con esto, se tendrán los principios y destrezas técnicas para la reingeniería de las municipalidades, el diseño y ejecución de diagnósticos globales, sectoriales, intersectoriales y territoriales, sobre las necesidades, recursos y posibilidades para el desarrollo municipal, como objetivos que la maestría tiene planteados.

En el segundo capítulo se hará un abordaje de la importancia del tratamiento de los desechos sólidos, para el desarrollo municipal sostenible, así como su importancia dentro de la planificación territorial municipal, tocando su relación en el marco jurídico nacional y local. También se realizará una aproximación teórica resaltando las bases y criterios fundamentales sobre la definición, clasificación e identificación de las características técnicas que debe cumplir la disposición final de desechos sólidos.

En el tercer capítulo se desarrollará la caracterización del municipio en cuanto a la cantidad de desechos generados, el manejo y disposición final que realiza la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, a través de sus oficinas encargadas, así como el manejo propio que la población realiza, independientemente de la opción que la Municipalidad les ofrece.

En el cuarto y último capítulo se describirán las opciones para la correcta disposición final de desechos sólidos en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, con base en las características investigadas y descritas en el capítulo tercero. De las opciones determinadas y descritas, se presentará a la administración municipal, en documento independiente, pero relacionado a este trabajo de investigación, la opción considerada como la más viable y que se sugerirá sea implementada.

La investigación tendrá un carácter predominantemente cualitativo, en donde se describe y se plantean soluciones, al problema de la disposición final de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez, ante el cierre AMSA. A partir de dicha explicación, se determinarán las opciones para esta disposición final.

Para la determinación de volúmenes de desechos sólidos generados y su consecuente requerimiento de características físicas para su disposición final, se realizarán investigaciones de un carácter cuantitativo.

La investigación tiene una línea de investigación enfocada a servicios e infraestructura municipales, para brindar a la administración municipal o asociación de municipalidades del sector (mancomunidades), opciones de selección y priorización de proyectos para la correcta disposición de los desechos sólidos generados propia de su responsabilidad determinada por el marco jurídico guatemalteco.

Con la investigación se plantearán los elementos y actividades necesarios para alcanzar la solución del problema, cumpliendo con ello los requerimientos de ingeniería buscados por la Maestría de Ingeniería para el Desarrollo Municipal, al involucrar lineamientos técnicos de infraestructura municipal, en donde se toman en cuenta las características de la población y de su entorno. Se contribuye, también, a los programas y proyectos que la administración municipal lleva a cabo para alcanzar el desarrollo humano, al que está llamado dentro de este proceso de descentralización administrativo, en el que el Estado guatemalteco está inmerso para lograr el desarrollo de país.

2. ANTECEDENTES

Dentro de las características del ser humano, tanto en su actividad individual como colectiva (social, comercial o industrial), se puede mencionar que es una persona de “consumo”. Particularmente desde el punto de vista de consumo material, este se ha dimensionado en la misma relación a su crecimiento poblacional y los intereses de satisfactores cada vez más crecientes.

Estas actividades tienen una consecuencia directa: la generación de desechos o desperdicios sólidos. Esta es considerada una de las razones primarias de los cambios en el ecosistema en la contaminación de ríos, lagos, mares, suelo, subsuelo, aire, entre otros cambios, que también han influido en la generación de vectores de plagas de animales y enfermedades humanas.

Los residuos sólidos se pueden clasificar en residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos sólidos industriales (RSI). Considerando como variables la posición de desarrollo de país y los grandes volúmenes que a diario se generan, los residuos sólidos urbanos son los que más preocupan a las comunidades y municipalidades del mundo y en particular a las guatemaltecas.

Tomando en cuenta estas dos situaciones, en el caso de Guatemala, los desechos sólidos contienen un mayor contenido de material orgánico biodegradable con un alto contenido de humedad y densidad, comparado con los países más desarrollados, y Sztern (1999) sugiere que “el contenido de humedad, puede llegar a condicionar las alternativas de tratamiento”, lo que

desde ya condiciona al enfoque de gestión que se debe desarrollar en Guatemala.

Esta gestión de los desechos sólidos es un problema importante para los funcionarios municipales en los países en desarrollo y particularmente en Guatemala, en donde los intereses políticos magnifican lo controversial que es este tema. Vargas (2007) menciona las diversas aristas que se tienen para que este problema sea resuelto, las que lo convierten en complejo y nada sencillo; entre otros, sugiere aspectos como los hábitos de consumo, tipos de desechos, recolección, tarifas, disposición final, población por estrato que más los genera, protección del medio ambiente y los recursos naturales, ornato, enfermedades, comunidad de recolectores, comerciantes de desechos sólidos, entre otros. En fin, se trata de una variedad de elementos a ser considerados por los responsables de la adecuada gestión.

En Guatemala, el mal manejo de los desechos sólidos puede definirse como uno de los principales indicadores de la contaminación creciente en el país, muy relacionada al estilo de vida y al desconocimiento del manejo integral de los mismos.

Una legislación inadecuada para su manejo apropiado y la ausencia de coordinación interinstitucional, son indicadores de los efectos generados por la falta de interés estatal. Por lo tanto, una institucionalización sobre este tema, debe incluir elementos que involucran una legislación eficaz y eficiente, una culturización institucional y poblacional, planificación económica, financiera, y que su manejo integral se considere una prioridad.

En Guatemala se han desarrollado investigaciones y escritos sobre la gestión integral de los desechos sólidos, en instituciones educativas como la

Universidad de San Carlos de Guatemala y Universidad Rafael Landívar, en entidades gubernamentales como el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el Instituto de Ambiente y Recursos Naturales (IARNA), y en entidades consultoras de gestión ambiental nacionales y extranjeras de organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), universidades de España, México y Colombia, entre otras; a pesar de toda esta información relacionada, se debe confirmar que en Guatemala no se cuenta con una planificación integral para solucionar este problema, en el mediano y largo plazo.

Por otro lado, el mantener esta condición de desatención al tema de la gestión de desechos sólidos, dentro del ordenamiento territorial para el desarrollo poblacional, por parte de los encargados gubernamentales, no incentiva la consolidación empresarial de la población para interesarse en el tema; y que además, genera falta de recursos humanos capacitados dada la insuficiencia de recursos financieros para proyectos específicos.

Pero en Guatemala no todo ha sido malo; pues como casos individuales y fuera de una gestión integral de país, se pueden mencionar proyectos específicos como los de la Mancomunidad de Nororiente, el de la Municipalidad de San Benito Petén y el de la Mancomunidad “Mancuerna” del departamento de San Marcos. Estos proyectos desarrollados con éxito, permiten tomarlos como antecedentes reales para las investigaciones en otras regiones en donde se requiera desarrollar una gestión integral de los residuos sólidos.

El marco referencial que brinda la Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos, creada en Guatemala (2005), debe ser la guía para direccionar la gestión política administrativa local

municipal en la consolidación y ejecución de proyectos que ayuden a superar la creciente crisis ambiental.

También es muy importante mencionar, que cualquier proyecto local para la solución al problema del daño a la salubridad y a la ecología por la contaminación de los desechos sólidos, no puede estar al margen de la funcionalidad que pueda brindar el marco jurídico nacional, como lo plantea uno de los objetivos del Acuerdo Gubernativo 2005:16, Política Nacional para Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos; ni de los convenios internacionales asumidos por el estado guatemalteco, entre las que están, la Constitución Política de la República de Guatemala, el Código Municipal, La Ley de Consejos de Desarrollo Urbano y Rural, la Ley General de Descentralización, la Agenda 21 (Cumbre de la Tierra 1992 Brasil) y la Alianza Centroamericana para el Desarrollo Sostenible, entre otros.

El presente estudio se está desarrollando para investigar opciones de solución al problema planteado de la disposición final de los desechos sólidos, en el municipio de San Lucas del departamento de Sacatepéquez, ante el cierre operativo del relleno sanitario de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA).

Adicional a lo anterior, dentro del perímetro geográfico del municipio de San Lucas Sacatepéquez, la Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN), informa de una situación delicada en el Plan de Desarrollo Municipal (PDM) del 2010:

Basurero municipal: se localizan aproximadamente 30 basureros a cielo abierto, los cuales provocan contaminación de todo tipo elementos como por ejemplo los lixiviados que contaminan el manto acuífero, el aire con olores fétidos y afectar la salud de todos los habitantes causando enfermedades respiratorias

así como intestinales. La mayoría de la basura recolectada es depositada en la planta de desechos sólidos de AMSA en Bárcenas Villa Nueva (p. 41).

La correcta disposición final de los desechos sólidos en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, no ha sido parte primordial de la gestión de las administraciones municipales en su paso por el gobierno municipal. Esta disposición final se ha confiado durante muchos años a la apertura que AMSA les ha permitido en el relleno sanitario que administran en el Km. 22 de la ruta CA-9 al Pacífico en el municipio de Villa Nueva, apertura que les ha permitido a las administraciones municipales referidas, el no involucrar proyectos reales de investigación e inversión en sus agendas de gobierno.

Como antecedente del abordaje del problema por parte de la administración municipal, únicamente se puede mencionar la gestión que realizaron en el 2012, de una visita a Argentina para conocer el funcionamiento y ventajas de las plantas de tratamiento de desechos sólidos que la empresa privada que los invitó, ofrecía; pero que, debido a los elevados costos de la inversión, esa opción está desechada actualmente por la administración municipal.

En estos momentos se mantiene una negociación de compra de un terreno privado en las colindancias de la aldea La Embaulada, colindante con el municipio de Villanueva. A este terreno no se le ha hecho ningún análisis técnico para la utilización como vertedero controlado, ni una socialización con la población colindante, ni con las autoridades del municipio vecino, para considerar los efectos que este vertedero puede tener.

Con esto, se podría concluir que en el municipio de San Lucas Sacatepéquez no se tiene actualmente algún proyecto formal para la gestión de

los desechos sólidos que genera, y no se advierten expectativas para la solución del problema planteado.

En conclusión, para evitar el deterioro del ambiente y de la salud, y como parte de las gestiones administrativas en vías de desarrollo que pretenda el gobierno local del municipio, se puede citar el párrafo siguiente de Lovric, que debiera dar la perspectiva de solución y esperanza productiva en la región:

Una solución viable al problema que confrontan estos Municipios con respecto a sus desperdicios, sería la puesta en funcionamiento de una estructura capaz de transformar los desechos sólidos en productos útiles, y que además de minimizar o revertir el problema de la basura, podría propiciar la instalación de empresas para generar fuentes de empleo y ayudar a mejorar la situación económica de los habitantes. (Lovric, Tatiana, 2012).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de manejo y disposición final de la basura en Guatemala se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas, del desarrollo industrial, de los cambios de hábitos de consumo y el nivel de vida, así como a otra serie de factores. Esto, entre otras cosas, conlleva a la contaminación del medio ambiente y al deterioro de los recursos naturales.

El relleno sanitario ubicado en el kilómetro 22,5 de la carretera CA9 (ruta al Pacífico) en jurisdicción del municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala, administrado por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA), está colapsado a criterio de sus autoridades. Este relleno sanitario es el que utilizan 14 municipios de la región y que conforman la cuenca del lago de Amatitlán, entre los que se incluye el municipio de San Lucas Sacatepéquez ubicado en el departamento de Sacatepéquez, colindante al departamento de Guatemala y al municipio de Villa Nueva.

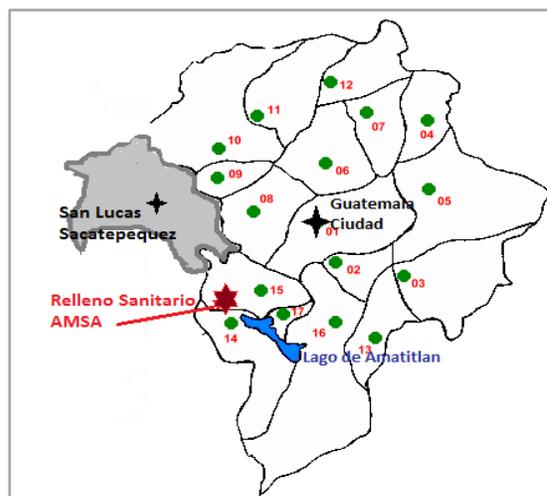
El municipio de San Lucas Sacatepéquez se localiza en el departamento de Sacatepéquez, a una altura de 2 062 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de la ciudad capital de Guatemala de 27 kilómetros. Sus coordenadas geográficas son 14°36'29" latitud norte y 90°39'32" longitud oeste, y cuenta con una extensión territorial de 24,5 kilómetros cuadrados (IGN,1957).

Figura 1. **Ubicación geográfica del municipio de San Lucas Sacatepéquez y el municipio de Guatemala**



Fuente: elaboración propia, con programa editor de fotografía Paint de Microsoft.

Figura 2. **Ubicación geográfica del municipio de San Lucas Sacatepéquez respecto del relleno sanitario AMSA**



Fuente: elaboración propia, con programa editor de fotografía Paint de Microsoft.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) desde el 2007 determinó un plazo de 5 años para el cierre del relleno sanitario de AMSA, y entre la presentación de estudios técnicos de manejo o de traslado, así como el poco interés de las municipalidades que serán afectadas, se han realizado prorrogas a dicho cierre, el cual en el corto plazo se prevé inminente.

La disposición final de los desechos sólidos dentro del perímetro del municipio tiene consecuencias importantes en su desarrollo, inclusive a nivel de región del departamento (municipios aledaños o del área), pues puede verse afectado su propio desarrollo ante la implementación improvisada de una medida de disposición final de sus desechos sólidos.

Para el municipio de San Lucas Sacatepéquez es imprescindible tomar acciones concretas para sustituir el relleno sanitario de AMSA para la disposición final de sus desechos sólidos y evitar los inconvenientes tanto sociales como económicos que pudiera tener la implementación poco planificada de un proyecto de esta envergadura; pues como lo define el Código Municipal en el artículo 68, es competencia de la Municipalidad “el tratamiento de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final”.

Ante la necesidad de disponer de la basura generada por el municipio, se hacen necesarios mecanismos de ingeniería para reducir los impactos negativos de los residuos en el medio ambiente, la salud y la dinámica económica del municipio en el que el turismo y el desarrollo habitacional es muy pujante.

Ante la importancia que implica la búsqueda de una solución adecuada para el municipio de San Lucas Sacatepéquez, se hace necesario el

planteamiento de cuestionamientos como los que se indican a continuación, que daría la solución a los problemas que se evidencian.

Formulación de pregunta principal:

- ¿Qué opciones existen para la disposición de los desechos sólidos generados en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, ante el cierre del relleno sanitario de AMSA?

Preguntas auxiliares:

- ¿Cuáles son las características que se deben cumplir para la disposición de los desechos sólidos?
- ¿Cantidad de basura genera el municipio de San Lucas Sacatepéquez para que sean necesarios mecanismos de ingeniería para minimizar el impacto ambiental, social y económico de la disposición final de los desechos sólidos?
- ¿Cuáles son las opciones más viables para la adecuada disposición final de los desechos sólidos generados en el municipio de San Lucas Sacatepéquez?

4. JUSTIFICACIÓN

La investigación está dentro de las líneas de investigación de la Maestría de Ingeniería para el Desarrollo Municipal, específicamente en la de servicios e infraestructura municipales, para brindar a la administración municipal o asociación de municipalidades del sector (mancomunidades), opciones de selección y priorización de proyectos para la correcta disposición de los desechos sólidos generados, propia de su responsabilidad determinada por el marco jurídico guatemalteco.

Esta necesidad se ve aumentada por la presente circunstancia del cierre inminente del relleno municipal de AMSA, en el kilómetro 22 de la carretera CA-9 Pacífico en jurisdicción de Villa Nueva, el cual ha albergado durante más de una década, la disposición de los desechos sólidos generados por otros 13 municipios del sector y del cual dispondrá hasta fecha incierta próxima la administración municipal de San Lucas Sacatepéquez.

La disposición final de los desechos sólidos que genera una población en aceleración demográfica, que sumado a los hábitos de consumo que tiene la cultura de desarrollo industrial, comercial y personal, es un tema con una necesidad de un enfoque eficiente parte de los gobiernos locales, que de no realizarlo de una forma técnica, se puede desembocar en factores de contaminación que trasciendan el tema ambiental, pues pueden afectar inclusive la salubridad, el desarrollo productivo y habitacional que en este municipio es tan pujante.

La correcta disposición de los desechos sólidos de una región, es un tema evidente del ámbito profesional de la Ingeniería Industrial, como una fuente importante para la generación de alternativas de solución de problemas que tienen trascendencia social y económica. También necesaria específicamente para el desarrollo municipal, que requiere diseñar y ejecutar diagnósticos locales (municipales), sectoriales (mancomunidades) e intersectoriales (servicios públicos y privados) del territorio sobre las necesidades, recursos y posibilidades para ese desarrollo local que requiere el proceso de descentralización en que Guatemala se encuentra.

5. OBJETIVOS

General

Establecer las opciones para la adecuada disposición de los desechos sólidos generados en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, ante el cierre próximo del relleno sanitario de AMSA y entregar propuestas a la Municipalidad para que opte por una de ellas para la solución del problema.

Específicos

1. Establecer las características técnicas que debe cumplir la disposición de desechos sólidos.
2. Caracterizar la cantidad, el manejo y disposición final actual de los desechos sólidos en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez.
3. Determinar las opciones viables, desde el punto de vista técnico y económico, para la adecuada disposición final de los desechos sólidos generados en el municipio de San Lucas Sacatepéquez.

6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El municipio de San Lucas Sacatepéquez no tiene actualmente ningún proyecto planteado para la disposición final de los desechos sólidos que genera y no se advierten expectativas para la solución del problema planteado dentro del plan operativo de la administración actual.

El presente estudio se está desarrollando para investigar opciones de solución al problema planteado del cierre operativo del relleno sanitario de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del lago de Amatitlán (AMSA), con lo que la administración municipal debe desarrollar una alternativa, preferiblemente propia, para la disposición final de los desechos sólidos que en el municipio se generan.

Las soluciones propuestas llevarían a atender el problema de una de las competencias propias de la administración municipal y que debe formar parte de la planificación territorial en la gestión integral del municipio. El Código Municipal (Decreto 12-2002 del Congreso de la República de Guatemala), establece en el artículo número 68 que las competencias propias que deberán atenderse por el municipio, por convenio entre dos o más municipios o por Mancomunidad, son entre otras, las de: “formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final.”

Esta investigación de opciones de solución al problema de la disposición final de los desechos sólidos, se desarrollan dentro del análisis e interpretación técnica que el problema requiere, específicamente relacionado con los servicios

e infraestructura que el municipio requiere disponer a la comunidad; así como, aplicar la eficiencia de la propuesta final en el uso de recursos, tanto humanos, financieros, de capital, legales, tecnicocientíficos y naturales para el desarrollo municipal.

Además, las opciones que se analizarán, involucran una generación de empleo importante para personas individuales o empresas conformadas, de quienes se requerirá el involucramiento en la operación; pues el manejo de un proyecto de esta envergadura, no podrá ser desarrollado por personas que ya forma parte de los empleos municipales existentes; por lo que supondrá la apertura de fuentes de trabajo nuevas.

También se revaloriza los desechos sólidos, pues la gestión integral de estos, involucra una importante reincorporación al ciclo productivo de la actividad diaria, comercial o industrial. Esto podría apoyar el autosostenimiento de la operación del proyecto, que definitivamente implicará un presupuesto de costos y gastos a administrar.

En conclusión, el proyecto involucra una arquitectura de diseño organizacional que debe contemplar los siguientes sistemas:

- Un sistema operativo que se organiza para la prestación directa del servicio.
- Un sistema comercial para la promoción y capacitación de los usuarios. Este sistema será inminente si el proyecto se desarrolla en forma mancomunada, tanto por el volumen de desechos sólidos y empresas usuarias, como por el esfuerzo de coordinación y trabajo en equipo de parte de la gerencia.

- Un sistema financiero necesario para la gestión de tesorería municipal regida por los lineamientos de la Administración del Sistema Financiero Nacional y por la Contraloría General de Cuentas del Estado.
- Un sistema administrativo de apoyo específico para alcanzar los objetivos de calidad del servicio, administración de suministros, entre otros.
- Un sistema de planificación que brinde apoyo en los aspectos organizacionales, programación del servicio en el corto, mediano y largo plazo, y la supervisión de actividades y manejo de indicadores de gestión.

Por tanto, el proyecto involucra la incorporación de todo un sistema que generará una importante fuente de empleo, una dinámica económica nueva y el desarrollo de una estructura organizativa de proyecto importante.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 Residuos sólidos municipales

Rathje (1992), citado por Artaráz (2010) dice que “el primer instinto del ser humano es tirar” (p. 52), lo que permite insistir en el desarrollo de proyectos asociados al control de los desechos. En la realidad local guatemalteca, este instinto de los comunitarios hace urgente este tipo de administración.

Aunque en Guatemala no hay espacios de consumo y acumulación de desperdicios a nivel de país mega productor, Artaráz (2010) explicita que: “se tenga en cuenta que el vertido representa, dada la creciente escasez de tierra, unos costes de oportunidad en términos físicos, sobre todo en aquellos casos en los que la recuperación de energía y/o material es posible” (p. 53); pues por muy pequeña que se considere una población dada, la no gestión del manejo integral de los desechos sólidos, puede magnificar el coste de oportunidad mencionado por este autor.

Los desperdicios provocan prácticamente todos los tipos de contaminación, en especial la de los suelos, el agua, la fauna y la vegetación. El ser humano en su proceso de desarrollo urbanístico e industrial, desarrolla la producción de bienes de consumo, que luego de ser utilizados, son desechados generando residuos sólidos.

La gestión de estos desechos sólidos, se resume en los siguientes pasos:

1. Comienza con su generación y acumulación temporal, ya sea a nivel domiciliario, comercial o industrial;
2. Continúa con su recolección por medio de sistemas definidos por administración pública o por convenios privados particulares;
3. Le sigue el transporte y transferencia de estos residuos de los lugares de generación y acumulación temporal;
4. Termina con la acumulación final en un espacio físico destinado para tal fin, ya sea que este sea en un sitio no autorizado por la autoridad local para ello (basureros clandestinos), o bien, que sea el lugar determinado por la autoridad reguladora de esta disposición final.

Batres (2003) propuso una clasificación de los desechos sólidos, la que pudiera ser más amplia, si se amplía la gama de actividades que se da en las zonas urbanas analizadas, en la que también se debiera incluir la cultura de consumo de esa región. Por lo que la lista, es simplemente un ejemplo de los distintos tipos de residuos sólidos que la actividad humana puede acumular.

Entre otros están:

- Residuos domiciliarios
- Residuos de mercado y mataderos
- Residuos de centros hospitalarios
- Residuos provenientes de limpieza de: calles, playas, entre otros
- Residuos de obras de construcción y su demolición
- Lodos y fangos depurados de aguas residuales
- Residuos comerciales y de oficinas
- Residuos urbanos voluminosos
- Residuos resultantes del abandono de vehículos
- Restos de poda, mantenimiento y conservación de zonas verdes

- Animales muertos
- Residuos tóxicos de laboratorios, centro de investigación y similares.

Pero es a partir de la acumulación final de estos desechos, cuando comienzan los verdaderos problemas ecológicos, pues los basureros no controlados (autorizados o no) se convierten en focos permanentes de contaminación.

Esta disposición final es el interés principal de esta investigación, en cuanto a determinar los métodos que puedan controlar, minimizar o eliminar la contaminación que provocan los desechos sólidos, alcanzando muchas veces, en los casos más eficientes, hasta el aprovechamiento de estos residuos sólidos en la generación de productos y subproductos, que alcanzan una dinámica económica productiva, a través de métodos como reciclaje, reutilización, compostaje o producción de biogás.

Entre los sistemas de gestión de la disposición final de los desechos sólidos están los vertederos, rellenos sanitarios, planta de tratamiento de desechos sólidos y la incineración, entre otros.

7.2 Vertedero

González (1997) informa que este sistema de gestión es el menos utilizado desde el punto de vista ambiental, pues es un lugar donde se depositan los residuos alcanzando una acumulación incontrolada, con los consiguientes riesgos de incendio, sanitarios y ambientales. Artaráz (2010) considera que esta opción es la menos recomendable, y fue hasta los años 1970 en que este fue el método habitual en todos los países desarrollados.

Si en este vertedero, los residuos reciben algún tratamiento o almacenamiento controlado, estos desechos podrán disponerse convenientemente durante algún tiempo, permitiendo la posterior utilización de estos espacios físicos para múltiples usos. Estos espacios físicos se deben seguir controlando durante cierto tiempo después de que haya sido cerrado, para asegurar que no se acumula metano que podría provocar peligrosas explosiones y que no filtre sustancias tóxicas.

Estos lugares de disposición final se conocen como vertederos controlados, los cuales son sitios físicos que previamente requieren una compactación e impermeabilización tanto en el fondo como en los laterales, para la colocación de los desechos sólidos. Esta colocación se debe realizar en capas que se deben cubrir con una delgada capa de tierra para dificultar la proliferación de plagas, malos olores y disminuir el riesgo de incendio. Deben estar con una vigilancia rigurosa, haciendo análisis frecuentes para conocer las emisiones que se están produciendo y corregir los problemas de funcionamiento.

Los vertederos controlados requieren sofisticados sistemas de drenaje para las aguas que se filtran o gases que se producen, gestionando estas aguas filtradas con plantas depuradoras antes de ser vertidas a las afluentes de agua y el aprovechamiento de los gases metano en pequeñas plantas generadoras de energía.

7.3 Relleno sanitario

Este es un sistema que ya utiliza principios de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos, a diferencia del vertedero, la cual no

causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública, pues no perjudica el ambiente tanto durante su operación ni después de haber sido clausurado.

En su libro Umaña, Gil, Salazar, Stanley y Bessalel (2003) refieren que considerando elementos de baja economía y elementos técnicos correctos, los rellenos sanitarios se pueden clasificar en:

- Relleno sanitario manual: usados generalmente en localidades que producen 10 o menos toneladas por día de residuos sólidos. Utilizando equipo y maquinaria pesada no en forma regular, sino que esporádicamente, básicamente para la excavación de preparo de terreno y para aflojar material de cobertura, mientras que las operaciones de movimiento de las basuras y el transporte y acomodo se hacen manualmente con herramientas como carretillas manuales, picos y palas.
- Relleno sanitario mecanizado: estos son requeridos en las comunidades que generan suficiente basura para justificar económicamente la infraestructura, la operación, el control y la planificación de los procedimientos de cierre y sellado, evidentemente más costosos que los que involucra el relleno sanitario manual, necesarios para detener los impactos negativos que genera un alto volumen de desechos sólidos.

Para obtener una definición general sobre las características de un relleno sanitario, lo que menciona la I23a “American Society of Civil Engineers (ASCE)”, citado por Szantó, et al. (s.f.):

“Relleno Sanitario es la técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin ocasionar molestias o peligros para la salud y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confirmar las basuras en el menor espacio posible,

reduciendo su volumen al mínimo posible. La basura así depositada, se cubre con una capa de tierra, denominada material de cobertura con la frecuencia necesaria, por lo menos al fin de cada jornada, esta capa de tierra tiene como finalidad asegurar un vertido sanitario sin malos olores, migración incontrolada de gases o atracción de vectores y animales” (p. 17).

Esta definición ayuda a conocer que se trata de una técnica que debe ser considerada por las autoridades locales, para que la disposición final de los desechos sólidos genere el menor impacto negativo a la comunidad y al ambiente. Tomando en cuenta que considera principios de ingeniería, conlleva el compromiso de la administración municipal en considerar dentro de su programa de gobierno, todos los factores que involucran las fases de investigación e implementación, entre ellas, el emplazamiento, el diseño y operación, así como el cierre y sellado del relleno sanitario.

La administración municipal, debe proyectar el beneficio y desarrollo de la región desde el emplazamiento del relleno sanitario, considerando los factores económicos, técnicos y constructivos, los factores ambientales y los factores políticos, legales y sociales. Szantó, et al. (s.f.) indica que dentro de estos factores, se podría mencionar la distancia de transporte a los núcleos y recogida de los residuos sólidos, volumen útil o capacidad del vertido, costo del terreno, disponibilidad de materia de cobertura y sellado, distancia a núcleos habitados, aguas subterráneas y superficiales, calidad del paisaje, oposición de la comunidad cercana al relleno por peligros reales o percibidos, existencia de grupos o partidos políticos y conservacionistas que se oponen con razón o sin ella, entre otros.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible/Organización de Control Ambiental y Desarrollo

Empresarial (OCADE) (2007: p.112) también menciona estos requerimientos, como indispensables para la correcta utilización de este sistema.

7.4 Planta de tratamiento de desechos sólidos

Este sistema de gestión conformada por una estructura de maquinarias y equipos completos, permiten realizar una eficiente selección y clasificación de los residuos sólidos, tanto orgánicos como inorgánicos.

El avance de las tecnologías de selección mecánica ha favorecido la aparición de instalaciones de selección dotadas de un elevado grado de automatización.

El esquema básico de proceso de este tipo de plantas incluye las siguientes etapas:

- Recepción
 - Selección granulométrica
- Selección manual de subproductos
- Expedición

Este nivel de tratamiento de los desechos sólidos, más que tratarse de la última fase de su gestión integral, se ha convertido en una de sus etapas intermedias que ha permitido una generación de beneficios importantes tanto económicos como socioambientales, al permitir un reaprovechamiento económico-productivo de los desechos de la actividad humana cotidiana, así como una importante reducción de los desechos sólidos últimos que se trasladan al sitio de la disposición final.

Detallando algunos beneficios obtenidos que esta técnica de manejo o “disposición final” de los desechos sólidos proporciona, después de su generación y recogida, transporte y transferencia de los lugares de generación y acumulación temporal, se podría mencionar el aumento de los porcentajes de recuperación de residuos recuperables, la diversificación de los tipos de productos que se recuperan, la generación de materiales que se pueden destinar para la generación de energía, la minimización del porcentaje de rechazo que iría al emplazamiento de disposición final y la respectiva disminución de costos en estos sitios de disposición última, en cuanto a operación de mano de obra y maquinaria, infraestructura del trato de los fluidos generados y finalmente los costos sociopolíticos y ambientales propios de una disposición final de alto volumen.

La implementación del proyecto de una planta de tratamiento de desechos sólidos, involucra que durante las fases de generación, recogida y transporte, se desarrolle una participación de todos los involucrados en la gestión, de forma integrada a los requerimientos de separación y clasificación de los desechos, para que la planta de tratamiento desarrolle la eficiencia que su diseño prevé. Este involucramiento de los participantes de las fases de la gestión, tanto en lo individual, en lo domiciliar, comercial e industrial, debe ser promovido a través de campañas de culturización que involucran tiempo, dinero y principalmente una voluntad consistente de los desarrolladores del proyecto.

El elemento a considerar en este sistema de disposición final de desechos sólidos, es que el costo de adquisición, montaje y puesta en marcha de los equipos y maquinaria que la conforman, es considerablemente alto; y, aunado a la labor de involucrar a la población generadora de desechos sólidos, en desarrollar los métodos de almacenamiento, recogida y transporte de una

manera selectiva, para cumplir con la adecuada proveeduría de los residuos que requiere la planta, se convierte en un sistema con costos de inversión bastante elevados, el cual debe ser justificado económicamente con los volúmenes de desechos sólidos generados y sus consecuencias ambientales, sociales y políticas en la administración de una región.

El diseño del sistema de gestión de la disposición final, debiera estar asociado al tipo de categoría de poblado como los que componen Guatemala (ciudades menores, aldeas y casas). Barrientos (2000) sugiere que un adecuado sistema de manejo de desechos sólidos en este tipo de poblados, “podría revestir mayor importancia: por ejemplo, instalando plantas de tratamiento y rellenos en algunas de las áreas rurales circundadas. Esto daría posibilidades de contratar mano de obra local y lograr beneficios del terreno recuperado, además de la venta o el uso de compost para cultivos locales”. Positivo, alentador y sugestivo para el desarrollo económico de cualquier tipo de región, similar a las características de poblados que se encontrarían en el municipio de San Lucas Sacatepéquez.

7.5 Incineración

Para dar una descripción general sobre el sistema de incineración de residuos sólidos urbanos, Flor Granda (2006) cita de la Ley 6/93 del 15.7.1993, reguladora de los residuos; DOGC 1776, 28.07.1993 de Catalunya, lo siguiente:

La incineración de RSU es una de las formas de tratamiento de residuos, entendiendo por tratamiento la operación o conjunto de operaciones que transforman las características físicas, químicas y biológicas de un residuo para reducir o neutralizar las sustancias peligrosas que contiene, recuperar materias o sustancias valorizables y facilitar su uso como una fuente de energía. (p.2.7).

Lee y Huffman (1989) también es citado por Flor Granda (2006) con lo siguiente:

La incineración de residuos sólidos es un proceso de combustión a altas temperaturas (próximo a 850 °C) con exceso de oxígeno. En este proceso de incineración controlada, se transforma la fracción combustible de los residuos en un producto gaseoso y en un residuo sólido de menor peso y volumen que el material original. (p.2.7).

Este sistema de tratamiento de desechos sólidos, a pesar de que es utilizado en muchos lugares de mundo, ha tenido una fuerte resistencia por entidades de protección del ambiente, argumentando la emisión a la atmósfera y a lugares vecinos al punto de operación de la planta, de partículas potencialmente contaminantes a la atmósfera y tóxicas para el ser humano.

El nivel de eficiencia que se requiere, para alcanzar los niveles de temperatura necesarios y las condiciones de calor requeridas, son en distintas ocasiones incontrolables, o sujetas a medidas correctoras por la entidad reguladora del país de operación. El seguimiento de estos controles en la operación no es del todo confiable, particularmente en países latinoamericanos, lo que provoca el rechazo por parte de las entidades ambientalistas en el uso, a pesar de las ventajas de disminución del volumen del material original y la fuente de energía que ofrece el método, como lo indica Flor Granda en las citas que se referencian.

En conclusión, cualquiera de los sistemas implementados para la adecuada disposición final de los desechos sólidos, debe ser determinada mediante un estudio profundo de los elementos que conforman la gestión de estos desechos, y obtener una justificación a la inversión económica que involucra, que sea consecuente con el desarrollo que busca una administración territorial integral; esto además del tema institucional, del cual ECONSULT

(2007) escribe: “la ausencia de coordinación interinstitucional es efecto de la falta de una política estatal de planificación, que incluya la base económica financiera, y de una legislación eficaz y eficiente, faltas que impiden que el manejo de los desechos sólidos se considere una prioridad” (p.5).

8. CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. EL MUNICIPIO Y LOS DESECHOS SÓLIDOS
 - 1.1. Ordenamiento territorial integral del municipio y los planes de desarrollo urbano y rural
 - 1.2. La gestión ambiental municipal
 - 1.3. Políticas de desarrollo nacional y municipal
 - 1.4. Servicios e infraestructura municipal

2. DESARROLLO MUNICIPAL SOSTENIBLE, LOS DESECHOS SÓLIDOS Y SU DISPOSICIÓN FINAL
 - 2.1. Desarrollo sostenible
 - 2.1.1. Definición y clasificación de los residuos
 - 2.1.2. Economía y aspectos éticos en el ambiente
 - 2.1.3. La integralidad en el manejo de los desechos sólidos
 - 2.1.3.1. El ambiente, la sociedad y el desarrollo

- 2.1.4. La correcta disposición final es la solución al problema de los desechos sólidos del ser humano?
- 2.2. Desarrollo sostenible y desechos sólidos
 - 2.2.1. Cultura poblacional
 - 2.2.2. Las sociedades con estudios del manejo correcto
 - 2.2.3. Los actores involucrados en el mundo de los desechos sólidos
 - 2.2.4. Técnicas generadas del estudio integral del manejo de los desechos sólidos
- 2.3. Disposición final de los desechos sólidos
 - 2.3.1. Tecnología del sistema de tratamiento
 - 2.3.1.1. Rellenos sanitarios
 - 2.3.1.1.1. Tipos de rellenos sanitarios
 - 2.3.1.1.2. Administración y control
 - 2.3.1.2. Vertederos
 - 2.3.1.2.1. Tipos de vertederos
 - 2.3.1.2.2. Administración y control
 - 2.3.1.3. Plantas de tratamiento
 - 2.3.1.3.1. Tipos de plantas de tratamiento
 - 2.3.1.3.2. Administración y control
 - 2.3.1.4. Reacciones que genera cada una de las tecnologías
 - 2.3.2. Revalorización de los desechos sólidos
 - 2.3.2.1. Aprovechamiento
 - 2.3.2.1.1. El reúso o reutilización
 - 2.3.2.1.2. El reciclaje
 - 2.3.2.2. Uso energético y constructivo
 - 2.3.2.3. Tratamiento

- 2.3.2.3.1. Compost
- 2.3.2.3.2. Lixiviados
- 2.3.2.3.3. Lombricultura
- 2.3.2.4. Generación de empleo

3. MANEJO ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ

- 3.1. El municipio de San Lucas Sacatepéquez y su contexto
 - 3.1.1. Demografía
 - 3.1.1.1. Cálculos y estimaciones demográficas
 - 3.1.2. Vivienda
 - 3.1.3. Topografía
 - 3.1.4. Aspectos socioeconómicos
- 3.2. Marco jurídico para el manejo integral de desechos sólidos
 - 3.2.1. El marco jurídico guatemalteco
 - 3.2.1.1. Historia reciente de la gestión de desechos sólidos
 - 3.2.1.2. Competencias en la gestión de desechos sólidos
 - 3.2.2. La municipalidad y sus atribuciones
- 3.3. Administración municipal actual en el manejo de los desechos sólidos
 - 3.3.1. Los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez
 - 3.3.1.1. Análisis poblacional del municipio
 - 3.3.1.2. Caracterización y composición de los desechos sólidos
 - 3.3.2. La administración municipal de los desechos sólidos
 - 3.3.2.1. Agentes implicados en la gestión de desechos sólidos

- 3.3.2.2. La oferta actual en el manejo de los desechos sólidos
 - 3.3.2.2.1. Caracterización y composición del servicio
 - 3.3.2.2.2. Análisis financiero en la oferta
 - 3.3.3. La disposición final de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez
 - 3.3.3.1. Disposición final controlada
 - 3.3.3.2. Disposición final no controlada
 - 3.4. Desechos sólidos de la región y mancomunidad
 - 3.4.1. Análisis poblacional de la región
 - 3.4.2. Agentes implicados en la gestión de desechos sólidos
 - 3.4.3. La disposición final de los desechos sólidos en la región
4. OPCIONES PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ
 - 4.1. Región y mancomunidad para la disposición final de desechos sólidos
 - 4.1.1. Caracterización del terreno técnico
 - 4.1.2. Infraestructura periférica
 - 4.1.3. Factibilidad de construcciones auxiliares
 - 4.2. Planta de tratamiento de desechos sólidos
 - 4.2.1. Condiciones técnicas sugeridas
 - 4.2.2. Administración sugerida
 - 4.2.3. Análisis socioambiental
 - 4.2.4. Análisis económico
 - 4.3. Vertedero controlado
 - 4.3.1. Condiciones técnicas sugeridas
 - 4.3.2. Administración sugerida

- 4.3.3. Análisis socioambiental
 - 4.4. Relleno sanitario
 - 4.4.1. Condiciones técnicas requeridas
 - 4.4.1.1. Información básica
 - 4.4.1.2. Volumen necesario
 - 4.4.1.3. Área requerida
 - 4.4.1.4. Método del relleno
 - 4.4.1.5. Vida útil
 - 4.4.1.6. Generación de lixiviados
 - 4.4.1.7. Monitoreo
 - 4.4.1.8. Mano de obra
 - 4.4.2. Administración requerida
 - 4.4.2.1. Administración
 - 4.4.2.2. Controles
 - 4.4.2.3. Análisis de costos
 - 4.4.2.4. Preparación del presupuesto
 - 4.4.3. Financiamiento sugerido
 - 4.4.3.1. Gestión pública *versus* gestión privada
 - 4.4.3.2. Métodos de financiamiento
 - 4.4.3.2.1. Proyecto paisajístico y turístico
 - 4.4.3.2.2. Análisis socioambiental
-
5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS: PROPUESTA PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ
 - 5.1. Relleno sanitario
 - 5.1.1. Condiciones técnicas sugeridas
 - 5.1.2. Administración sugerida
 - 5.1.3. Financiamiento sugerido
 - 5.1.3.1. Gestión pública *versus* gestión privada

5.1.3.2. Métodos de financiamiento

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

La metodología a emplear será predominantemente de carácter cualitativo, ya que se basará en un análisis documental de información ya existente para establecer comparaciones con la realidad observada en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, con lo que se establecerán análisis del tipo inductivo, generativo, constructivo y subjetivo, propios de esta investigación de carácter cualitativo.

Así también, en algunos procesos de esta investigación se realizarán análisis deductivos, verificativos, enunciativos y objetivos, propios de una investigación cuantitativa por ejemplo, mediante cálculos de volumen de los desechos producidos por el municipio y los respectivos cálculos de áreas necesarias para tal disposición.

Las investigaciones efectuadas con una aproximación cuantitativa, mediante datos primarios relevados a través de una encuesta a una muestra de unidades de análisis (generalmente individuales) estadísticamente representativa, permiten caracterizar a una población (o universo) en función de variables, entendidas éstas como conceptos operacionalizados. Los supuestos del análisis se basan en la representatividad estadística y en la posibilidad de generalizar los resultados encontrados en la muestra de una población dada. (Muñoz, 2013: p. 154).

Por lo tanto, la investigación se desarrollará mediante una metodología cualitativa-cuantitativa, ya que se estarán considerando métodos de determinación de información que permiten un análisis de ambas formas.

Las características a analizar corresponden a la “variable” de los desechos sólidos generados en el municipio de San Lucas Sacatepéquez; por lo que se establecerá “los desechos sólidos” como la variable independiente a analizar en esta investigación.

Todo proceso de investigación queda determinado por el número y naturaleza de las variables que se incluya en un estudio, por lo que, ampliando lo indicado en el anterior párrafo respecto de la variable planteada, se determinará a los desechos sólidos como la variable independiente, ya que por medio de su investigación y análisis, se determinarán las variables que permitirán establecer las soluciones al problema principal planteado en esta investigación.

Estas posibles soluciones son consideradas las variables dependientes en esta investigación, las cuales hacen referencia a las características de la realidad que se planteará como solución, determinadas o que dependen del valor o características que asuman los desechos sólidos (variable independiente). Estas variables dependientes serán: el vertedero controlado, el relleno sanitario y la planta de tratamiento de desechos sólidos, que se plantearán como soluciones “determinadas o dependientes” de las características generales y propias de la variable independiente (los desechos sólidos) producidos en el municipio de San Lucas Sacatepéquez.

El tipo de estudio utilizado en la investigación es de tipo descriptivo, por la recolección de datos que describirán la situación del problema planteado de la disposición final de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez, dada la realización de observaciones de la disposición final actual, opiniones de personas expertas y de la población de San Lucas Sacatepéquez y la

información documental de métodos existentes de disposición final de desechos sólidos documentados en otros países y observables en Guatemala.

Este tipo de estudio tiene como objetivo identificar los signos y características de las variables identificables del problema planteado, estimar frecuencias, examinar tendencias, justificar estudios para el alcance de los objetivos y obtener una imagen exacta de la realidad que se desea transmitir en palabras.

En conclusión, la función principal del estudio descriptivo es desarrollarlo en un lugar y durante un período de tiempo determinado, su frecuencia y los determinantes o factores a él asociados. Llevan a estudiar las situaciones que ocurren en condiciones naturales, más que aquellos que se basan en situaciones experimentales.

Con lo dicho, se define que el presente trabajo se desarrollará con base en un diseño no-experimental, en el que la investigación se hará al observar las variables planteadas tal y como se dan en su contexto natural o real, para después analizarlos. No se desarrollará ninguna manipulación intencional de las variables planteadas, sino que se observarán las situaciones ya existentes, tomando en cuenta que la variable independiente planteada ya ha ocurrido, o está ocurriendo (así como sus efectos) sin ninguna manipulación voluntaria sin tener ningún control ni influir sobre ellas.

También se expone, como parte de la metodología que se llevará a cabo en esta investigación, que el estudio se desarrollará mediante tres fases, divididas cada una según el tipo de información a generar, la metodología de obtención de esta información y las etapas de los objetivos cumplidos de la investigación; fases que se explican a continuación:

1. La primera fase consistirá una investigación documental para obtener la caracterización, tanto de un municipio en Guatemala, como de los métodos existentes para una disposición final de desechos sólidos eficaz y lo más eficientemente aceptable en relación a los problemas integrales que los desechos sólidos involucran en el desarrollo humano.

La presentación de la caracterización del municipio se desarrollará basada fundamentalmente mediante una investigación descriptiva, con un desarrollo documental de los requerimientos teóricos y técnicos para un municipio, así como lo que este representa dentro de la integración de país y su influencia ambiental en el tema de los desechos sólidos, con sus planes de desarrollo urbano y rural, el marco jurídico y políticas de desarrollo nacional y municipal, el ordenamiento territorial necesario para establecer las bases de un desarrollo sostenible humano y ecológico.

Para ello se considerará la integración de la información de la Maestría de Ingeniería para el Desarrollo Municipal en lo referente al problema que se intenta solucionar, documentándolo con material bibliográfico, documentos relacionados y técnicas presentadas como clase magistral; así como, los requerimientos de los docentes para investigación teórica de cada uno de los temas que les corresponda.

La caracterización de los desechos sólidos y de los métodos existentes para su disposición final, se realizarán igualmente mediante una investigación descriptiva, con un desarrollo bibliográfico documental de los desechos sólidos, su impacto en el ambiente y su manejo integral mínimo requerido para llegar a tener una disposición final que minimice los impactos de su creciente producción.

Esta investigación documental se hará en libros de autores especializados en el tema, tesis magistrales y doctorales que plantean situaciones reales del manejo de los desechos sólidos en regiones nacionales como del extranjero, así como los documentos y estudios de entidades gubernamentales relacionadas (CONADES, MARN y AMSA), ONG y centros de investigación extranjeros y nacionales.

Los resultados esperados de esta fase descriptiva son:

- i. Obtener el marco teórico referente al desarrollo municipal y el impacto de la disposición final de desechos sólidos en las temáticas que esta maestría integra, lo que servirá de plataforma y sustentación para evidenciar que el problema planteado y resuelto en esta investigación, se vea integrado como elemento concerniente al desarrollo municipal requerido al gobierno local del municipio.
 - ii. Determinar los atributos peculiares del municipio y de las variables planteadas, con fines de identificación, entre otros aspectos, de los componentes, acontecimientos, actores, procesos y contextos que se involucrarán en el escenario de esta investigación.
 - iii. Describir estos atributos de una forma estructurada para establecer su significado general, que servirán de base para la descripción de los atributos propios para la investigación y solución del problema planteado en el municipio de San Lucas Sacatepéquez.
2. En la segunda fase de la investigación, también involucra un desarrollo documental así como investigación de campo que generará información

que permitirá análisis cualitativo y cuantitativo. Se desarrollará la caracterización específica del municipio de San Lucas Sacatepéquez, tanto en su entorno del gobierno administrativo relacionado con el manejo actual de los desechos sólidos en el municipio, así como el marco jurídico en el que la Constitución Política de la República de Guatemala y el Código Municipal lo involucran, para el manejo de los desechos sólidos generados en la jurisdicción que le corresponda.

La caracterización del municipio de San Lucas Sacatepéquez se desarrollará mediante una investigación descriptiva de su funcionamiento y el marco jurídico local y nacional, por medio de una investigación documental de la política nacional y municipal, para la gestión de los desechos sólidos y las competencias delegadas al municipio, definidas en la Constitución Política de la República de Guatemala y el Código Municipal.

Las actividades a desarrollar en esta fase serán:

- i. Entrevistas dirigidas con funcionarios del gobierno municipal de San Lucas Sacatepéquez (director municipal de planificación, síndicos, encargados de la oficina de servicios públicos municipales y de la unidad de información pública).
- ii. Entrevista dirigida a representantes de los Comudes y Cocodes del municipio.
- iii. Entrevista a empresas de prestación de servicios de desechos sólidos que actualmente funcionan en el municipio.
- iv. La entrevista dirigida con personas expertas en la materia, quienes han tenido una influencia importante en la situación actual en

Guatemala, encontrándose profesionales en instituciones como CONADES, MARN, AMSA, INSIVUMEH, y otras.

- v. Encuestas semiestructuradas a la población para conocer la opinión respecto del manejo actual y deseado de los desechos sólidos en el municipio.
- vi. Consulta de manuales técnicos aplicados al entorno nacional.

La caracterización de los desechos sólidos generados en San Lucas Sacatepéquez involucra ya una metodología cuantitativa, además de la información descriptiva que siempre será necesaria para la determinación de los atributos y características del manejo integral de los desechos en el municipio actualmente.

La información cuantitativa propia de los volúmenes y requerimientos técnicos necesarios para la correcta disposición final de los volúmenes generados, se obtendrán mediante los volúmenes que recibe el relleno sanitario kilómetro 22,5 de la carretera CA9 (ruta al Pacífico), en jurisdicción del municipio de Villa Nueva del departamento de Guatemala, administrado por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA), registrados en las entradas de los camiones que llegan del municipio de San Lucas Sacatepéquez. Esto se hará mediante visita y entrevistas a este relleno sanitario de AMSA. Con esta información se obtendrán los requerimientos necesarios de capacidad instalada, para tener una disposición final acorde a los requerimientos técnicos determinados en la primera fase de la investigación.

Los resultados esperados de esta fase cuali-cuantitativa son:

- i. Obtener el marco referencial del funcionamiento actual de la administración municipal y su gestión en el manejo de los desechos sólidos generados, lo que permitirá concretizar en la situación real de un municipio de Guatemala el problema planteado y resuelto en esta investigación, con lo que se integrará la investigación al desarrollo municipal requerido al gobierno local del municipio en la maestría cursada.
 - ii. Determinar y estructurar los atributos peculiares del municipio de San Lucas Sacatepéquez y de las variables planteadas, con fines de identificación, entre otros aspectos, de los componentes, acontecimientos, actores, procesos y contextos que se involucrarán en el escenario de esta investigación.
 - iii. Determinar las potencialidades y debilidades del entorno de investigación, tanto en su marco institucional local como nacional.
 - iv. Determinar la situación actual y expectativas del manejo de los desechos sólidos por parte de la administración municipal.
 - v. Obtener los requerimientos disponibles y de capacidad instalada para tener una disposición final, acorde a los requerimientos técnicos determinados en la primera fase de la investigación.
3. Con base en la información cualitativa y cuantitativa recabada en las primeras dos fases, en una tercera fase se integrarán las condiciones y capacidades que el municipio de San Lucas Sacatepéquez permite (y en general, la región en que se incrusta este municipio), dadas sus características propias económicas, sociales y políticas, para obtener las opciones viables desde el punto de vista técnico y económico, y alcanzar una eficiencia aceptable en la disposición final de los desechos sólidos generados.

Con base en estas capacidades propias y de los requerimientos técnicos de cada uno de los métodos presentados como opciones técnicas de disposición final de desechos sólidos, se dará seguimiento a los elementos que involucran los requerimientos técnicos de estos modelos, considerando entre otros el mapeo del territorio del municipio (y de la región) para determinar las opciones de área física con que se cuenta como ejemplo, estudios físicogeológicos, topográficos, cuencas, mantos freáticos, ríos, fuentes de agua, zonas pobladas.

Esta información descriptiva se obtendrá de las entidades que tienen registro de estos elementos físicos del territorio investigado, como el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN); la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONADES); el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH); el Instituto Nacional de Estadística (INE), la Secretaría General de Planificación (SEGEPLAN); el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA); entre otros. Entidades a las que se les realizarán visitas presenciales para la investigación directa, así como consultas según los medios de que dispongan.

La última y cuarta fase de la investigación, consistirá en la redacción del informe final en el que se propondrá la solución o soluciones concluidas, la mejor propuesta elaborada con base en elementos técnicos y económicos generados en la fase 3, que será presentada a la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez. Esta será la opción que contemple los elementos técnicos y económicos mencionados integrado al análisis del presupuesto municipal y su plan operativo

anual, en el área de infraestructura en que se depositará este proyecto, esperando que involucre una real y pronta implementación.

El alcance de la investigación será descriptivo, en donde, a partir de una descripción pormenorizada, se plantearán opciones de solución al problema objeto de estudio.

La determinación de una solución al problema de la disposición final de desechos sólidos generados en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, podrá involucrarse en el desarrollo municipal en la medida en que el cierre inminente del relleno sanitario de AMSA, no impacte en los elementos del desarrollo que este municipio presenta en la actualidad: desarrollo social, desarrollo económico y desarrollo turístico.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

1. El municipio y los desechos sólidos
 - 1.1. Trabajo de gabinete
 - Búsqueda bibliográfica, organización, clasificación, análisis y síntesis de información.
 - Recursos a utilizar:
 - Documentos relacionados con base en el material bibliográfico y técnicas presentadas como clase magistral en el desarrollo de la Maestría de Ingeniería para el Desarrollo Municipal.
 - Los requerimientos de los docentes de la Maestría de Ingeniería para el Desarrollo Municipal para investigación teórica de cada uno de los temas que les corresponda.
 - Propósito:
 - Obtener la caracterización del municipio.
 - Determinar la caracterización de los desechos sólidos.

2. Desarrollo municipal sostenible, los desechos sólidos y sus disposición final
 - 2.1. Trabajo de gabinete
 - Búsqueda bibliográfica, organización, clasificación, análisis y síntesis de información.
 - Diseño de entrevistas a utilizar para obtener la información relacionada.
 - Recursos a utilizar:

- Bibliografía propia del manejo integral de desechos sólidos y la disposición final tanto en Guatemala como en otros países.
- Planes de desarrollo del municipio desarrollados en Guatemala, y otros documentos de evaluación y diagnóstico en el desarrollo municipal y el manejo de desechos sólidos de entidades como SEGEPLAN, INFOM, ANAM, MARN, CONADES, INSIVUMEH y Contraloría General de Cuentas (CGC).
- Fuentes electrónicas de almacenamiento, ya sean bases de datos, CD-Rom, o internet, pues se ha originado la constitución de bases de datos textuales de gran tamaño, formadas por artículos, patentes, informes, notas técnicas y clínicas, entre otros.
- Documentos del marco jurídico y políticas de desarrollo nacional y municipal en lo relacionado al medio ambiente y desechos sólidos.
- Consulta de manuales técnicos aplicados al entorno nacional.

2.2. Trabajo de campo:

- Entrevista dirigida a funcionarios expertos en el tema de desechos sólidos, quienes han tenido una influencia importante en la situación actual en Guatemala, en instituciones como CONADES, MARN, AMSA, INSIVUMEH, y otras.
- Se prevé entrevistar al menos a una persona de cada una de estas cuatro entidades, quienes permitirán una adecuada caracterización sobre este tema en cuanto a la cultura

poblacional, el desarrollo municipal, los métodos existentes y la valorización de los desechos sólidos generados.

- Esta entrevista dirigida será entendida como el proceso de comunicación que se realiza entre dos personas; en este proceso el entrevistador obtiene información del entrevistado de forma directa.
- Las entrevistas dirigidas estarán previamente estructuradas en el trabajo de gabinete indicado arriba, en las que ya estará definidas áreas y temas de la información que se requiere.
- Recursos a utilizar:
 - Con las personas que permitan que la entrevista sea audio-grabada, se utilizará este recurso para un mejor análisis y extracción de la información. Pero con quienes no permitan audio grabación, se tomará la información obtenida por escrito.
- Propósito:
 - Caracterizar el desarrollo municipal sostenible en el manejo integral de los desechos sólidos.
 - Caracteriza la cultura poblacional, las sociedades con estudios en el manejo correcto de los desechos sólidos y los actores involucrados en el desarrollo de la cultura poblacional.
 - Investigar sobre los métodos existentes para una disposición final de desechos sólidos eficaz y lo eficientemente aceptable en relación a los problemas integrales que los desechos sólidos involucran en el desarrollo humano.

- Determinar el valor que pueden llegar a tener los desechos sólidos para la economía del ser humano y las fuentes de trabajo que involucraría esta valorización de los desechos.

3. Manejo actual de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez

3.1. Trabajo de gabinete

- Búsqueda bibliográfica, organización, clasificación, análisis y síntesis de información.
- Búsqueda bibliográfica y electrónica de mapas geográficos del municipio de San Lucas Sacatepéquez y su entorno, organización, clasificación, análisis y síntesis.
- Diseño de entrevistas a utilizar para obtener la información relacionada,
- Diseño de las encuestas a utilizar para obtener la información relacionada.
- Recursos a utilizar:
 - Bibliografía propia del manejo integral de desechos sólidos y la disposición final, ubicada en bibliotecas nacionales, como las de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en instituciones como el Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR), y otros.
 - Planes de desarrollo urbano y rural del municipio de San Lucas Sacatepéquez, y otros documentos de evaluación y diagnóstico de entidades como SEGEPLAN, INFOM, ANAM, MARN, CONADES, INSIVUMEH y CGC.
 - Estadísticas poblacionales en el Instituto Nacional de Estadística (INE).

- El marco jurídico y políticas de desarrollo nacional y municipal.
- Fuentes electrónicas de almacenamiento, ya sean bases de datos, CD-Rom, o internet, bases de datos textuales, estadísticas, geográficos, entre otros, formadas por artículos, patentes, informes, notas técnicas y clínicas, entre otros.
- Consulta de manuales técnicos aplicados al entorno nacional.
- Mapeo electrónico existente en las bases de datos de las entidades relacionadas, como ejemplo: Instituto Geográfico Militar, Instituto Nacional de Estadística, INSIVUMEH, MARN, entre otros.
- Mapeo de geografía en la herramienta de Google Earth, la cual permite volar a cualquier lugar de la Tierra para ver imágenes de satélite, mapas, imágenes de relieve y edificios 3D.
- Propósito:
 - Desarrollar la caracterización específica del municipio de San Lucas Sacatepéquez.
 - Conocer el marco jurídico nacional y políticas nacionales para el manejo integral de desechos sólidos.
 - Determinar el marco jurídico, políticas, proyectos y planes que involucran el gobierno administrativo municipal de San Lucas Sacatepéquez en el manejo de los desechos sólidos generados.
 - Caracterizar la relación administrativa de la región en el manejo de los desechos sólidos generados.

- Determinar la geografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez y sus lugares poblados.

3.2. Trabajo de campo

- Entrevista dirigida a funcionarios con conocimiento e influencia en la situación actual en San Lucas Sacatepéquez.
- Esta entrevista dirigida esta previamente estructurada en el trabajo de gabinete indicado arriba, en la que ya estará definidas áreas y temas de la información que se requiere.
- Con quienes permitan que la entrevista sea audiograbada, se utilizará este recurso para un mejor análisis y extracción de la información. Pero con quienes no permitan audio grabación, se tomará la información obtenida por escrito.
- Se prevé entrevistar al menos a una persona de cada una de las entidades indicadas a continuación, quienes aportarán el marco referencial, las expectativas, potencialidades y debilidades del entorno requerimientos disponibles, volúmenes de desechos generados y el marco jurídico, entre otros.
- Las entrevistas se dirigirán a las siguientes persona:
 - Funcionarios del gobierno municipal de San Lucas Sacatepéquez (director municipal de planificación, síndicos, encargados de la oficina de servicios públicos municipales y de la unidad de información pública).
 - Representantes de los Comudes y Cocodes del municipio.
 - Empresas de prestación de servicios de desechos sólidos que actualmente funcionan en el municipio.
 - Personas expertas en la materia, quienes han tenido una influencia importante en la situación actual en

Guatemala, encontrándose profesionales en instituciones como CONADES, MARN, AMSA, INSIVUMEH, y otras.

- Representantes del relleno sanitario de AMSA que tenga a su cargo la región de San Lucas Sacatepéquez.
- Visitas a entidades públicas y privadas relacionadas con el desarrollo municipal y el manejo integral de los desechos sólidos en Guatemala.
 - Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez (Dirección Municipal de Planificación, Síndicos, Oficina de Servicios Públicos Municipales, Unidad de Información Pública).
 - CONADES, MARN, AMSA, INSIVUMEH, AMSA, INE, IGN y CGC.

3.3. Descripción densa: observación de campo para ir a ver detalles. Recorrido *in situ* del para conocer personalmente su geografía y sitios poblados y cotejarla con la información documental que se obtenga en el trabajo de gabinete y visita a las instituciones que manejen esta información documental.

- Propósito:
 - Observar lo que todos no observan, interpretar lo que está sucediendo, ir más allá de lo que se observa. Pues la descripción densa ayudará a encontrar las razones del porque existen basureros clandestinos y los lugares posibles de la correcta disposición final.
 - Obtener el marco referencial del funcionamiento actual de la administración municipal y su gestión en el manejo de los desechos sólidos generados, lo que permitirá concretizar el problema planteado.
 - Determinar y estructurar los atributos peculiares del municipio de San Lucas Sacatepéquez y de las variables

planteadas, con fines de identificación, entre otros aspectos, de los componentes, acontecimientos, actores, procesos y contextos que se involucrarán en el escenario de esta investigación.

- Determinar las potencialidades y debilidades del entorno de investigación, tanto en su marco institucional local como nacional.
- Determinar la situación actual y expectativas del manejo de los desechos sólidos por parte de la administración municipal.
- Obtener los requerimientos disponibles y de capacidad instalada para tener una disposición final, acorde a los requerimientos técnicos determinados en la primera fase de la investigación.
- Determinar el volumen de desechos sólidos generados por el municipio de San Lucas Sacatepéquez y obtener los requerimientos necesarios de capacidad instalada.
- Determinar el marco jurídico que involucran el gobierno administrativo municipal para el manejo de los desechos sólidos generados.

3.4. Encuesta semiestructurada. Se determina de antemano cual es la información relevante que se quiere conseguir.

Se hacen preguntas abiertas dando oportunidad a recibir más matices de la respuesta, permite ir entrelazando temas, pero requiere de una gran atención por parte del investigador para poder encauzar y estirar los temas. (Actitud de escucha).

Será dirigida a la población del municipio de San Lucas Sacatepéquez

- Propósito:

- Determinar la opinión respecto del manejo actual y deseado de los desechos sólidos en el municipio.
4. Opciones para el manejo de desechos sólidos de San Lucas Sacatepéquez
- 4.1. Trabajo de gabinete
- Organización, clasificación, análisis y síntesis de la información recolectada en la investigación de las capacidades y opciones disponibles en el municipio, determinadas en las actividades del programa capitular anterior.
 - Determinación de las mejores opciones, con base en la investigación realizada en el programa capitular 2 de los elementos técnicos para la disposición final de desechos sólidos, y las capacidades y opciones disponibles investigadas del municipio en las actividades del programa capitular anterior (3).
 - Recursos a utilizar:
 - Notas propias, notas técnicas, documentos municipales e información bibliográfica sobre las condiciones técnicas de la disposición final de los desechos sólidos y las capacidades y opciones disponibles del municipio.
 - Encuestas realizadas en las actividades del programa capitular número 3.
 - Información de las entrevistas dirigidas a funcionarios, representantes y personas expertas de instituciones públicas y privadas, obtenidas en las actividades desarrolladas en el programa capitular número 3.

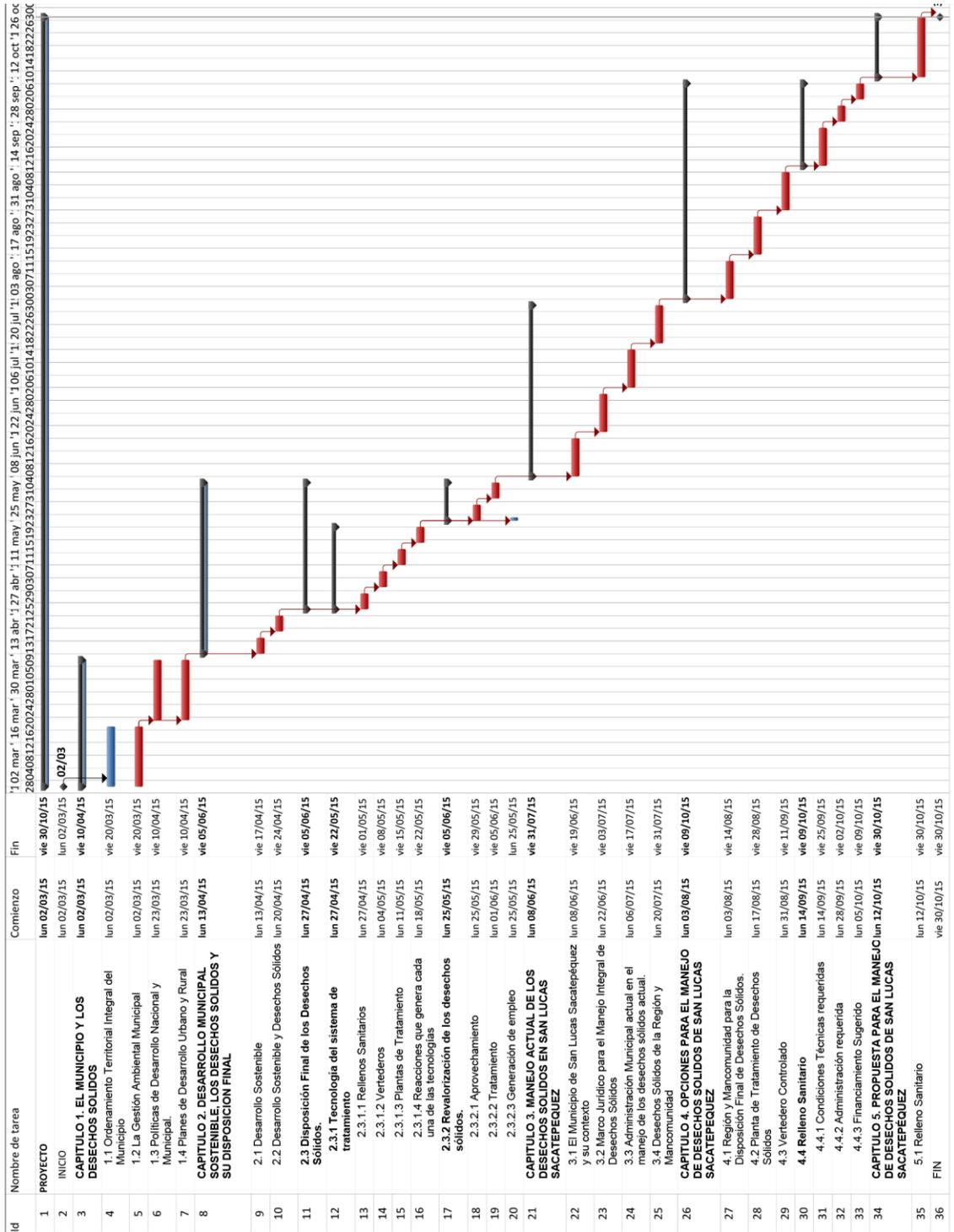
- Información obtenida en las encuestas semiestructuradas detalladas en las actividades de la programación capitular número 3.
- Documentos que conforman el marco jurídico nacional para el manejo integral de desechos y residuos sólidos.
- Propósito:
 - Desarrollo de los informes técnicos de las opciones disponibles para la disposición final de los desechos sólidos integrando las capacidades y disponibilidades del municipio.
 - Determinación de las opciones de solución al problema de la disposición final de desechos sólidos generados en el municipio, para que el cierre inminente del relleno sanitario de AMSA no impacte en los elementos del desarrollo que este municipio presenta en la actualidad: desarrollo social, desarrollo económico y desarrollo turístico.
 - Determinar la relación del problema planteado y resuelto dentro de la ingeniería para el desarrollo municipal que pretende gestionar el desarrollo municipal y comunitario a través de la solución de problemas que involucran un riesgo para su desarrollo, haciendo eficiente en la propuesta el uso de recursos, tanto humanos, financieros, de capital, legales, técnicos y naturales.

5. Propuesta para el manejo de desechos sólidos de San Lucas Sacatepéquez

5.1. Trabajo de gabinete

- Análisis de las opciones para la disposición de los desechos sólidos en el municipio.
- Determinar opción que integre los elementos necesarios para que sea la mejor opción a presentar a la municipalidad.
- Redacción de la propuesta a presentar al Consejo Municipal.
- Recursos a utilizar:
 - Los informes técnicos de las distintas opciones para la disposición final de desechos sólidos establecidas en el desarrollo de la programación capitular número 4.
- Propósito:
 - La redacción del informe final en el que se propondrá la solución o soluciones concluidas, la mejor propuesta elaborada con base en elementos técnicos y económicos generados en toda la investigación previa.
 - La determinación de una solución al problema de la disposición final de desechos sólidos generados en el municipio, para que el cierre inminente del relleno sanitario de AMSA no impacte en los elementos del desarrollo que este municipio presenta en la actualidad: desarrollo social, desarrollo económico y desarrollo turístico.
 - Determinar la relación del problema planteado y resuelto dentro de la ingeniería para el desarrollo municipal que pretende gestionar el desarrollo municipal y comunitario a través de la solución de problemas que involucran un riesgo para su desarrollo, haciendo eficiente en la propuesta el uso de recursos, tanto humanos, financieros, de capital, legales, técnicos y naturales.

11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES



12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para el desarrollo de esta investigación se cuenta con los recursos necesarios, entre ellos se mencionan:

- La participación activa como estudiante de la Maestría de Ingeniería para el Desarrollo Municipal, el especial interés en la investigación planteada, como una forma de integración al involucramiento de la gestión municipal.
- El recurso financiero con que se cuenta es propio, realizando desde ya la programación del recurso que se detalla en la cuantificación de la inversión.
- En cuanto a equipo y tecnología, se cuenta con computadoras y dispositivos externos de manejo de información, con las capacidades requeridas para la utilización de software de mapeos e investigación en la web de las distintas organizaciones que cuenten con dicha tecnología. Telefonía fija y móvil, los que permiten sistemas de grabación de entrevistas.
- Los accesos a información y los permisos correspondientes serán debidamente planificados en cada una de las instituciones requeridas, pues tratándose principalmente de información pública, la ley de acceso a la información pública permitiría el obtenerla con los medios correctos.
- En cuanto a permisos laborales para la disponibilidad de tiempo necesario para la investigación, esto se manejará de acuerdo a una planificación propia de tiempos, pues siendo propietario de una empresa de servicios financieros, la disposición de tiempo será planificada con las actividades propias de oficina.

- La infraestructura requerida, tanto para el trabajo de campo, como para el trabajo de gabinete, estará cubierta con recursos propios. Se cuenta con vehículo propio para la realización de las visitas requeridas a las instituciones involucradas y a las áreas y regiones requeridas de visita como trabajo de campo; también se cuenta con oficina propia en la que se dispondrá de espacio y privacidad para el trabajo de gabinete mencionado.
- La cuantificación de la inversión se detallan a continuación:

Tabla I. **Cuantificación de la inversión**

Combustible	Q 1 500,00
Gastos de representación (invitaciones a personas entrevistadas)	Q 1 000,00
Insumos de oficina	Q 350,00
Costo de horas laborales de trabajo sustituidas por horas de investigación.	Q 17 350,00
Pago a asesor de tesis	Q 2 500,00
TOTAL PROYECTO	Q. 22 871,00

Fuente: elaboración propia.

13. BIBLIOGRAFÍA

1. Artaráz Miñon, Miren (2010) Políticas públicas para una gestión sostenible de los residuos municipales. Un análisis aplicado al municipio de Victoria-Gasteiz. (Tesis Doctoral). Universidad del País Vasco. España.
2. Barrientos, Cesar (2000) La utopía necesaria, aspectos éticos de la relación humano-ecológica, Guatemala: Fotopublicidad.
3. Batres, J., Jayes, P. & Del Cid, G. (2003) Estudio de factibilidad para el manejo de desechos sólidos domiciliarios en las colonias Tierra Nueva I y II de Chinautla departamento de Guatemala. (Tesis de Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
4. Cantanhade, A. & Sandoval, L. (2007) Rellenos sanitarios manuales. Colombia: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud.
5. Echarri Prim, Luis (1998) Ciencias de la tierra y el medio ambiente, Barcelona, España: Editorial Teide (libro electrónico: <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/indice.html>)
6. Empresa Consultora en Ingeniería Ambiental y Sanitaria (ECONSULT) (2007) Estudio de Factibilidad para el proyecto de manejo integral de los residuos sólidos mancomunidad de nororiente, región II departamento de Chiquimula. República de Guatemala, Centroamérica. Guatemala: Econsult.
7. Flor Granda, Margarita Verónica (2006) Estudio experimental de las escorias de incineración de residuos sólidos urbanos (EIRSU).

- Aplicación en capas ligadas de firmas tratadas con cemento. (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona.
8. González, Santiago Martín (1997). Producción y recuperación del biogás en vertederos controlados de residuos sólidos urbanos: análisis de variables y modelización (Tesis Doctoral). Universidad de Oviedo, España.
 9. Guatemala. Congreso de la República Decreto número 11-2002. Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Rural. 11 abril 2002. Y su Reglamento Acuerdo Gubernativo número 461-2002. 29 de noviembre 2002.
 10. Guatemala. Congreso de la República Decreto número 12-2002. Código Municipal. 9 de mayo de 2002. Diario de Centroamérica, 13 mayo 2002.
 11. Guatemala. Constitución Política de la República [Const.] 31 de mayo de 1985 Reformada por la Consulta Popular Acuerdo Legislativo 18-93.
 12. Guatemala. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social Acuerdo Gubernativo Número 509-2001. Reglamento para el Manejo de desechos sólidos hospitalarios. 28 de diciembre de 2001.
 13. Guatemala. Presidencia de la República Acuerdo Gubernativo Número 111-2005. Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos. 4 de abril de 2005.
 14. Jaramillo, Jorge (2002) Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones. Colombia: Universidad de Antioquia, Cepis, OPS y OMS.
 15. Lichtinger, V., Arriaga, R. Bolaños-Cacho, J. & Aguilar, J. (2001) Guía para la gestión integral de los residuos sólidos municipales. México D.F.: Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental SEMARNAT.

16. Lovric, Tatiana (2013) Planta de reciclaje vertedero el potrerito. (Proyecto de fin de master). España: Instituto Internacional de Formación Ambiental (IIFA). Valladolid.
17. Martínez López, José Florentín (1996) La situación de la basura en la ciudad de Guatemala. [Boletín número 30]. Guatemala: Centro de Estudios Urbanos y Regionales CEUR, Universidad de San Carlos de Guatemala.
18. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible/Organización de Control Ambiental y Desarrollo Empresarial (OCADE) (2007). Gestión integral de residuos o desechos peligrosos: Bases conceptuales. Bogotá, D.C., Colombia.
19. Muñoz Paz, María del Carmen (2013) La investigación social, qué, porqué y cómo investigar Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios Urbanos y Regionales (CEUR).
20. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia SEGEPLAN, Consejo Municipal de Desarrollo Municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, Guatemala, Centro América (2010). Plan de Desarrollo Municipal 2010-2025, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez. Guatemala: Segeplan.
21. Senent Aparicio, Javier (2012) Predicción de lixiviados en vertederos de residuos sólidos urbanos en ambientes semiáridos. Aplicación del modelo Hopen el vertedero de Fuede Álamo (MURCIA). (Tesis Doctoral), Universidad de Murcia, España.
22. Szantó, Marcel, et al. (s.f.) Gestión integral de residuos sólidos municipales e impacto ambiental. Argentina: Cepal-Ilpes, OPS y Universidad de Córdoba.
23. Sztern, D. & Pravia, M (1999) Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Colombia: Presidencia de La

República, Oficina de Planeamiento y Presupuesto Unidad de Desarrollo Municipal, OPS y Organización Mundial de la Salud.

24. Umaña, G., Gil, J., Salazar, C., Stanley, M. & Bessalel Menajem (2003) Guía para la gestión del manejo de desechos sólidos municipales. El Salvador: AIDIS, CARE El Salvador, PROARCA/SIGMA.
25. Vargas Mantilla, Jorge Enrique (2007) Proyecto cuenta con ambiente, Primer Informe sobre Desechos Sólidos Domiciliares, Versión 1.0. Guatemala, Universidad Rafael Landívar y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.