

**Universidad San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Sur Occidente
Ingeniería en Gestión Ambiental Local**



Trabajo de Graduación

**Evaluación de la planta de tratamiento de desechos sólidos del sector Panpatin,
Santa Cruz La Laguna, Sololá.**

Por:

Sergio Antonio Santis Fuentes

Carné: 201232359

Mazatenango, Suchitepéquez, octubre de 2020.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

AUTORIDADES

M.Sc, Murphy Olimpo Paiz Recinos	Rector
Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo	Secretario General

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano	Director
----------------------------------	----------

REPRESENTANTES DE PROFESORES

Lic. Luis Carlos Muñoz López	Secretario
Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera	Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles	Vocal
-----------------------------------	-------

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel	Vocal
PEM y TAE Rony Roderico Alonzo Solís	Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

Coordinador Académico

M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas

M.Sc. Rafael Armando Fonseca Ralda

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Lic. Edín Aníbal Ortíz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía

Dr. René Humberto López Cotí

Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical

M.Sc. Erick Alexander España Miranda

Coordinador Carrera Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogado y

Notario

M.Sc. José David Barillas Chang

Coordinadora Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinador de Área Social Humanista

Lic. José Felipe Martínez Domínguez

Carreras Plan Fin de Semana del –CUNSUROC–

Coordinadora de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinador Carrera de Periodista Profesional y

Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

Lic. Heinrich Herman León

Mazatenango Suchitepéquez, 21 de septiembre de 2020

Señores

Honorable Consejo Directivo

Centro Universitario de Suroccidente

Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetables Señores.

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el Trabajo de Graduación titulado: **"Evaluación de la planta de tratamiento de desechos sólidos del sector Panpatín, Santa Cruz La Laguna, Sololá.**

Trabajo presentado como requisito previo a optar al título de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el trabajo de graduación merezca su aprobación, me suscribo de ustedes.

Atentamente.



Sergio Antonio Santis Fuentes

Camé: 201232359

DEDICATORIA

A DIOS: Por guiarme en el camino, darme la fuerza y sabiduría para culminar la fase universitaria.

A MIS PADRES: Lilian del Carmen Fuentes de Santis y Domingo René Santis Maldonado, por darme el apoyo en cada etapa de mi vida, por darme la oportunidad de superarme académicamente y principalmente por su confianza y cariño.

A MIS HERMANOS: Lilian Elizabeth Santis Fuentes y Luis Pedro Santis Fuentes, por darme ánimos en los momentos difíciles y no dejar que me rindiera.

A MIS ABUELOS: Manfredo Fuentes, Arminda Velásquez de Fuentes y Matilde Maldonado, por ser parte de la formación de mis valores y guiarme por el camino del bien con su ejemplo.

AGRADECIMIENTO

- A:** Universidad de San Carlos de Guatemala por ser el alma mater que me dio los instrumentos necesarios para ser un profesional en el área de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

- A:** Inga. Agra. Mirna Lucrecia Vela, supervisora del Ejercicio Profesional Supervisado, por guiarme y asesorarme de la mejor manera en este proceso.

- A:** M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes por guiar a la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local de manera correcta y apoyar al estudiantado en general.

- A:** Docentes de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, por los conocimientos brindados en los diferentes cursos impartidos durante el tiempo de estudio.

- A:** Mi novia, compañeros y amigos de la universidad, los que hicieron que esta etapa fuera más fácil y alegre con su compañía.

Índice General

RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
1. Marco conceptual	3
1.1. Desechos y residuos sólidos.....	3
1.1.1. Residuos orgánicos.....	3
1.1.2. Residuos inorgánicos.....	3
1.2. Clasificación de los residuos sólidos.....	4
1.3. Producción per cápita de residuos y desechos sólidos.....	6
1.4. Aprovechamiento de los desechos sólidos	6
1.5. Efectos de los desechos sólidos en la salud.....	7
1.6. Efectos de los desechos sólidos en el medio ambiente	8
1.7. Caracterización de los desechos sólidos	9
2. Marco Referencial	10
2.1. Información general de la unidad de práctica	10
2.2. Descripción ecológica	12
2.3. Situación socio-económica	15
2.4. Planta de tratamiento de desechos sólidos.....	15
2.5. Sistema de cobros por el tren de aseo.....	20
III. OBJETIVOS	23
1. Objetivo General.....	23
2. Objetivos Específicos	23
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	24
1. Materiales	24
2. Métodos.....	24
2.1. Caracterización de los desechos sólidos generados en el casco urbano de Santa Cruz La Laguna	24
2.2. Comparación del volumen de desechos sólidos que genera la población, con la capacidad volumétrica para la que fue diseñada la planta de tratamiento de desechos sólidos.....	26
2.3. Puntualización de los costos del manejo de los desechos sólidos	26

2.4. Definición del porcentaje de la cobertura de recolección de los desechos y residuos sólidos	27
2.5. Propuesta de sistema de gestión de los desechos solidos	27
V. RESULTADO Y DISCUSIÓN	28
1. Resultados de la caracterización de los desechos sólidos	28
1.1. Porcentaje de los desechos sólidos	28
1.2. Pesos totales	29
1.3. Producción per cápita	29
2. Resultados de la comparación de volúmenes	30
2.1. Volúmenes de los desechos solidos	30
2.2. Comparación de volúmenes de la planta versus lo ingresado	31
3. Resultados de los costos del manejo de los desechos sólidos	31
4. Resultado del porcentaje de la cobertura de recolección de los desechos y residuos sólidos.....	32
5. Propuesta para mejorar el sistema de gestión de los desechos sólidos	33
5.1. Propuesta por los usuarios del tren de aseo.....	33
5.2. Mapa de propuestas del sistema de gestión.....	35
5.3. Propuestas de mejora	36
VI. CONCLUSIONES.....	37
VII. RECOMENDACIONES	38
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	39
IX. ANEXOS	41
1. Carta emitida por la UGAM hacia el estudiante de EPS.....	41
2. Caracterización de los desechos solidos.....	42
3. Encuesta a usuarios del tren de aseo	46
4. Línea base para la evaluación de la planta de tratamiento de desechos sólidos	47

Índice de Tablas

Tabla	Página
1. Parámetros climáticos promedio de Santa Cruz La Laguna.....	13
2. Resultados caracterización 2011.....	16
3. Área total requerida para el manejo de los desechos sólidos.....	17
4. Costales de desechos inorgánicos extraídos de la planta de tratamiento.....	19
5. Manejo actual de los materiales reciclables	19
6. Sistema de cobros por el servicio del tren de aseo.....	20
7. Análisis de costo del tratamiento de los desechos sólidos.	22
8. Presupuesto para de la caracterización de los desechos sólidos.....	24
9. Pesos totales de los desechos sólidos.....	29
10. Volúmenes de los desechos sólidos.....	30
11. Comparación de volúmenes de la planta versus lo ingresado.....	31
12. Propuesta no viable de cobro.....	32
13. Propuesta de mejora en el sistema de gestión.....	36
14. Pesos de los materiales inorgánicos, día 1.....	42
15. Pesos de los materiales orgánicos, día 1.....	42
16. Pesos de los materiales reciclables, día 1.....	42
17. Pesos de los materiales inorgánicos, día 2.....	43
18. Pesos de los materiales inorgánicos, día 2.....	43
19. Pesos de los materiales reciclables, día 2.....	43
20. Pesos de los materiales inorgánicos, día 3.....	43
21. Pesos de los materiales orgánicos, día 3.....	44
22. Pesos de los materiales reciclables, día 3.....	44
23. Pesos de los materiales inorgánicos, día 4.....	44
24. Pesos de los materiales orgánicos, día 4.....	44
25. Pesos de los materiales reciclables, día 4.....	45
26. Pesos totales de los desechos que ingresan en una semana.....	45

27.	Volúmenes semanales de los desechos.....	45
28.	Tiempo de saturación de las áreas de la planta.....	45
29.	Línea base para la evaluación de la planta de tratamiento de desechos Sólidos.....	47

Índice de Figuras

Figura	Página
1. Croquis del casco urbano de Santa Cruz La Laguna, Sololá.....	11
2. Organigrama Municipal, Santa Cruz La Laguna, Sololá	12
3. Croquis de la planta de tratamiento de desechos sólidos.....	18
4. Flujograma del manejo de los desechos sólidos.....	21
5. Porcentaje de desechos que ingresan a la planta de tratamiento....	28
6. Cantidad de costales de desechos generados a la semana por casa.....	32
7. Basureros clandestinos en el casco urbano de Santa Cruz La Laguna.....	33
8. Propuestas para la mejora para el tren de aseo	34
9. Mapa de propuesta de sistema de gestión de los desechos sólidos.....	35

RESUMEN

La evaluación de la planta de tratamiento de los desechos sólidos del sector Panpatin, ubicada en el casco urbano del municipio de Santa Cruz La Laguna, departamento de Sololá, fue necesaria debido a que el ingreso de desechos inorgánicos sobrepasa su capacidad y su manejo implica gasto elevado para la municipalidad.

Se inició con una caracterización de los desechos sólidos, contemplando lo que ingresa a la planta de tratamiento, calculando la producción per cápita, densidad, volúmenes de desechos que ingresan a la planta y porcentaje de cobertura de recolección en el casco urbano. Con los datos obtenidos se adquirieron los indicadores ambientales de los desechos sólidos con base a lo establecido en el manual de caracterización de desechos sólidos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Se calcularon los volúmenes de los desechos que ingresan a la planta, separando en materiales reciclables, orgánicos e inorgánicos, seguido se midieron las diferentes áreas de la planta para hacer una comparación de volúmenes y el tiempo que tomaría para que estas se saturaran.

Los resultados indicaron que los volúmenes totales de desechos que ingresan a la planta no son mayores a los de su capacidad, sin embargo el área de desechos inorgánicos si sobrepasa su capacidad en un 32.5%, esto se debe principalmente a la falta de separación de los desechos desde el origen y dentro de la misma planta, esto da como efecto la mezcla de materiales reciclables, orgánicos e inorgánicos en dicha área.

Se elaboró así mismo un cálculo de los costos actuales que son necesarios para el manejo de los desechos sólidos y tomando los ingresos actuales que se perciben por el servicio de recolección, se demostró que no es auto sostenible, debido a ello se hizo una propuesta para disminuir costos y hacer más eficiente el manejo de los desechos sólidos.

La propuesta incluye la apertura de un centro de acopio de materiales reciclables, disminución en costos en las rutas de evacuación de los materiales orgánicos e inorgánicos y la concientización del uso del tren de aseo para las 316 casas del casco

urbano, incluyendo esto una nueva propuesta de la tarifa para la implementación de la misma. Dando como resultado un manejo auto sostenible y eficiente de los desechos sólidos.

ABSTRACT

The evaluation of the solid waste treatment plant of the Panpatin sector, located in the urban area of Santa Cruz La Laguna, was necessary because the entry of inorganic waste exceeds its capacity and its management implies high expenditure for the town council.

It began with a characterization of solid waste, contemplating what enters the treatment plant, calculating the per capita production, density, volumes of waste entering the plant and percentage of collection coverage in the urban area. With the data obtained, the environmental indicators of solid waste were acquired based on what was established in the solid waste characterization manual of the Ministry of Environment and Natural Resources.

The volumes of the waste entering the plant were calculated, separating into recyclable, organic and inorganic materials, followed by measuring the different areas of the plant to make a comparison of volumes and the time it would take for them to saturate.

The results indicated that the total volumes of waste entering the plant are not greater than those of its capacity, however the area of inorganic wastes exceed its capacity by 32.5%, this is mainly due to the lack of separation of the waste from the source and within the same plant, this results in the mixing of recyclable, organic and inorganic materials in that area.

A calculation of the current costs that are necessary for the management of solid waste was also prepared and taking the current income that is collected by the collection service, it was shown that it is not self-sustainable, due to this a proposal was made to reduce costs and make solid waste management more efficient.

The proposal includes the opening of a center for the collection of recyclable materials, a decrease in costs in the evacuation routes of organic and inorganic materials and the awareness of the use of the toilet train for the 316 houses in the urban area, including a new proposal of the rate for its implementation. Resulting in a self-sustainable and efficient management of solid waste.

I. INTRODUCCIÓN

Santa Cruz La Laguna, Sololá, es un municipio situado en la cuenca del Lago de Atitlán, actualmente cuenta con una planta de tratamiento de desechos sólidos del sector Panpatin, de la cual únicamente el 41.48% de la población del casco urbano utiliza su servicio de tren de aseo.

La planta fue construida en el año 2013, tomando como referencia para su diseño la caracterización de los desechos sólidos realizada en el año 2011, siendo responsable la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), estando diseñada para una vida útil de 20 años.

En la actualidad la planta de tratamiento sobrepasa un 32.5% la capacidad volumétrica para la que fue diseñada, esto afecta tanto la operatividad de la misma, por la obstrucción en el paso de los operadores, como la integridad física de estos, ya que transitan por encima de los costales de desechos.

Siendo necesaria la evaluación de la planta, estableciendo como objetivos la caracterización de los desechos sólidos, comparación del volumen de los desechos sólidos que genera la población, con la capacidad volumétrica para la que fue diseñada la planta, resaltar los costos del manejo de los desechos sólidos y por último proponer mejoras para el sistema de gestión.

Basado en el ingreso de desechos durante una semana, se obtuvo la producción per cápita, volúmenes y porcentajes de los desechos, estos previamente clasificados en orgánicos, inorgánicos y reciclables, datos que posteriormente se utilizaron para compararlos con las proyecciones realizadas por AMSCLAE, y de esta manera verificar si los volúmenes de los desechos sólidos generados en la actualidad eran mayores a la misma, seguido se compararon los resultados de los volúmenes ingresados con la capacidad de las áreas de la planta.

Los resultados indicaron que el área destinada para los desechos inorgánicos de la planta excede en un 32.5% su capacidad, esto se debe principalmente a la falta de separación

de los desechos desde el origen y dentro de la misma planta, lo cual da como efecto la mezcla de materiales reciclables, orgánicos e inorgánicos en dicha área.

Estos datos se utilizaron como base para la propuesta de mejora en la gestión de los desechos sólidos, siendo la capacitación para la separación de los desechos desde el origen, dentro del casco urbano y el uso del tren de aseo para que este sea sustentable, la implementación de un nuevo centro de acopio para los materiales reciclables y el uso de la ruta terrestre propuesta para evacuar los desechos, ya que permitirá una reducción de los costos actuales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1. Marco conceptual

1.1. Desechos y residuos sólidos

Son desechos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente. Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales. En otras palabras, residuos sólidos son todas aquellas sustancias o producto que ya no necesitamos pero que algunas veces pueden ser aprovechados. (Ministerio de ambiente de Perú , 2016)

1.1.1. Residuos orgánicos

Son biodegradables (se descomponen naturalmente). Son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, sus cáscaras, carne, huevos. (Rojas, 2018)

1.1.2. Residuos inorgánicos

Son los que por sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta. Muchos de ellos son de origen natural pero no son biodegradables, por ejemplo, los envases de plástico. Generalmente se reciclan a través de métodos artificiales y mecánicos, como las latas, vidrios, plásticos, gomas. En muchos casos es imposible su transformación o reciclaje y siguen presentes en el planeta por 500 años. Otros, como las pilas, son peligrosos y contaminantes. (Rojas, 2018)

Los problemas ambientales no se pueden analizar ni entender si no se tiene en cuenta una perspectiva global, ya que surgen como consecuencia de múltiples factores que interactúan. Nuestro actual modelo de vida supone un gasto de recursos naturales y energéticos cada vez más creciente e insostenible. Las formas industriales de producción

y consumo masivos que lo hacen posible están generando de manera progresiva la destrucción del PLANETA. (Rojas, 2018)

1.2. Clasificación de los residuos solidos

Existen varias formas posibles de clasificar los residuos sólidos. Según Integral (2018)

- Por su naturaleza física: seca o mojada.
- Por su composición química: materia orgánica y materia inorgánica.
- Por los riesgos potenciales: peligrosos, no-inertes e inertes.
- Por su origen, esto es donde o quien los genera.

1.2.1. Definición de residuos sólidos municipales

Los residuos sólidos municipales (RSM) son aquellos que provienen de las actividades domésticas, comerciales, industriales (pequeña industria y artesanía), institucionales (administración pública, establecimientos de educación, etc.), de mercados, y los resultantes del barrido y limpieza de vías y áreas públicas de un conglomerado urbano, cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales. También puede definirse como todos aquellos elementos, objetos o sustancias generados como consecuencia del consumo humano y cuyo destino sea el desecho. (Díaz, 2008)

1.2.2. Residuos domésticos y comerciales

Estos se pueden clasificar en orgánicos, inorgánicos y especiales: dentro de los orgánico encontramos los restos de comida, papel de todo tipo, cartón, textiles, cuero, madera y desechos de jardín, en los inorgánicos están el vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales ferrosos, muebles, lámparas, archivadores, cocinas, hornos, neveras, baterías y en los especiales se encuentran los aceites, cauchos generados por automóviles. (Flores, 2009)

Si los componentes de los desechos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de estos residuos se conoce como residuos sólidos domésticos y comerciales no seleccionados.

1.2.3. Residuos institucionales

Las fuentes incluyen centros administrativos, escuelas, cárceles y hospitales, excluyendo a los residuos de fabricación de las industrias y los residuos sanitarios de los hospitales. En la mayoría de los hospitales, los residuos sanitarios son manipulados y procesados separadamente de otros residuos. (Díaz, 2008)

1.2.4. Residuos de la construcción y demolición

Son los residuos que proceden de la construcción, remodelación y arreglos de viviendas individuales, edificios comerciales y otras estructuras. Las cantidades generadas son difíciles de estimar y se componen generalmente de suciedad, piedras, hormigón, armaduras, ladrillos, yeso, madera, grava, etc. (Díaz, 2008)

1.2.5. Residuos de los servicios municipales.

Son aquellos que provienen de la limpieza de calles, playas, cuencas, parques, y otras zonas de recreo, paisajismo, vehículos abandonados y animales muertos. (Flores, 2009)

1.2.6. Residuos peligrosos

Provenientes de procesos y actividades para la atención e investigación médica en establecimientos como: hospitales, clínicas, centros y puestos de salud, laboratorios clínicos, consultorios entre otros afines. (Ministerio de ambiente de Perú , 2016)

1.2.7. Residuos agrícolas

En esta clasificación se hallan los desechos y residuos que resultan de diversas actividades agrícolas, como los de la siembra y cosecha de hortalizas, campos, árboles, producción de leche, rastros municipales y la operación de corrales avícolas, porcinos, etc. Actualmente, la disposición de estos desechos no es responsabilidad de la mayoría de las autoridades municipales sino de los propietarios ganaderos y agrícolas, sin embargo, en muchas áreas la disposición de estiércol animal se ha convertido en un problema crítico, especialmente en corrales y granjas lecheras. (Díaz, 2008)

1.3. Producción per cápita de residuos y desechos sólidos

La producción de residuos sólidos se puede medir en valores unitarios como kilogramos por habitante por día, kilogramos por vivienda por día, kilogramos por cuadra por día, kilogramos por tonelada de cosecha o kilogramos por número de animales por día. (Díaz, 2008)

1.4. Aprovechamiento de los desechos sólidos

El abastecimiento de materias primas no es ilimitado y la recuperación de lo que se considera como residuo constituye un elemento esencial para la conservación de los recursos naturales; por lo tanto, su reúso, reciclaje y empleo constructivo se constituyen en una actividad importante en la gestión integral de los residuos sólidos, cuyo objetivo último es la disminución de su volumen y, especialmente, su aprovechamiento económico. (Díaz, 2008)

1.4.1. Reducción

Es importante reducir el consumo de aquellas cosas que en realidad no necesitas. Evita comprar todo aquello que en algún momento generaría un deseo innecesario. No es coincidencia el orden de las 3Rs, Reducir es lo más importante. Reduce adquiriendo productos tamaño familiar, llevando tus propias bolsas al ir de compras, compra productos con envoltorios biodegradables y disminuye el uso de artículos desechables. (Centro para el desarrollo agropecuario y forestal, 2011)

1.4.2. El re uso o reutilización

Sacar el mayor provecho a los objetos y productos antes de tirarlos, por ejemplo, puedes utilizar las dos caras del papel, también al momento de sacar fotocopias, vuelve a utilizar las bolsas plásticas del supermercado, utiliza frascos de vidrio para guardar lápices o monedas y utiliza desechos para hacer manualidades. (Centro para el desarrollo agropecuario y forestal, 2011)

1.4.3. El reciclaje

Antes de tirar los materiales que consideras desechos, piensa que se pueden transformar en otros productos, evitando así el uso de nuevos recursos naturales, para ellos es necesario clasificar los desechos, colocando recipientes para materiales orgánicos, para papel, cartón, envases de vidrio y metal, estos materiales pueden ser vendidos a recicladoras, comparar papel reciclado también es parte de la solución, (Centro para el desarrollo agropecuario y forestal, 2011)

1.4.4. Tratamiento

El tratamiento en el manejo integral de los residuos sólidos tiene como objetivo principal disminuir los riesgos para la salud y su potencial contaminante. Por ello se deberá optar por la solución más adecuada a las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales locales. Los principales métodos de tratamiento son el compostaje, lombricultura y la incineración, este último de gran impacto en la reducción de volumen. Los métodos anteriores dejan residuos que son necesarios disponer en un relleno sanitario, de ahí que no sean considerados como soluciones finales ni definitivas. (Díaz, 2008)

1.4.5. Disposición final

El método de disposición final de prácticamente todos los residuos sólidos lo constituye el relleno sanitario. Es el único admisible, ya que no representa peligro alguno ni riesgos para la salud pública. Además, minimiza la contaminación y otros impactos negativos en el ambiente. (Díaz, 2008)

1.5. Efectos de los desechos sólidos en la salud

La acumulación de residuos sólidos en los tiraderos “a cielo abierto” favorece la proliferación de insectos y animales, que en algunos casos pueden convertirse en plagas. Entre los organismos más abundantes se encuentran los insectos rastreros y voladores (moscas, mosquitos y cucarachas), los roedores (ratas y ratones), las aves (zopilotes, gaviotas y garzas) y los mamíferos (perros, gatos, cerdos, etc.). Muchos de estos son

portadores de diversas enfermedades que pueden afectar la salud del hombre y generar problemas de salud pública si se desplazan hacia las áreas urbanas. (Espinoza, 2010)

1.5.1. Efectos directos

En este caso los daños se presentan cuando las personas tienen un contacto directo con los residuos. Las personas más expuestas son los recolectores. En todas estas personas se ha encontrado un mayor número de parásitos intestinales en comparación con la población en general. Además, presentan más lesiones en las manos y en los pies, debido a la presencia de microorganismos (bacterias y hongos principalmente). Por esta razón es recomendable que el personal que interviene en el servicio de limpia pública utilice el equipo de protección necesario (guantes, overol, mascarilla y lentes). También hay una gran incidencia de enfermedades de tipo respiratorio y lastimaduras en la espalda en el personal de limpia pública, por el contacto con los residuos sólidos urbanos. (Espinoza, 2010)

1.5.2. Efectos indirectos

Cuando los residuos sólidos son depositados en suelos permeables, donde el nivel freático se localiza a poca profundidad, los cuerpos de agua subterráneos se contaminan fácilmente por los lixiviados. Si estos acuíferos son utilizados como fuente de agua potable, pueden ocasionar una serie de trastornos y enfermedades en las personas que la ingieran. (Espinoza, 2010)

1.6. Efectos de los desechos sólidos en el medio ambiente

Los desechos sólidos en el medio ambiente producen deterioro al paisaje natural, contaminación al aire, al suelo, agua subterráneas y superficiales, la flora y la fauna. (Espinoza, 2010)

1.6.1. Alteración del sistema hídrico

Desechos orgánicos. Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser

descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno). (Universidad de Cantabria, 2002)

1.6.2. Alteración del sistema edafológico

El abandono y la acumulación de desechos sólidos a cielo abierto es causa del deterioro estético y la desvalorización del terreno propio, y de las áreas adyacentes. Esto es debido a la contaminación causada por distintas sustancias contenidas en la basura, sin ningún control. (sites.google., 2017)

1.6.3. Alteración del aire

En su proceso de descomposición, los residuos sólidos generan malos olores y gases, como metano CH_4 , y dióxido de carbono CO_2 , que ayudan a incrementar el efecto invernadero en el planeta, aumentando la temperatura y generando deshielo en los polos. Este proceso de descomposición se puede controlar con una correcta disposición de los residuos sólidos a través de su incineración tecnificada, de su ubicación en rellenos sanitarios y/o en botaderos especializados. También los residuos sólidos pueden afectar el aire cuando son quemados de manera descontrolada, porque generan humos y material particulado que afectan el sistema respiratorio de los seres humanos y contribuyen al efecto invernadero, entre otros efectos negativos. (Ministerio de Ambiente, 2011)

1.7. Caracterización de los desechos sólidos

Para determinar la cantidad y composición de los residuos sólidos que produce un sector en especial. (Institucional, residencial, industrial, etc.), es necesario efectuar una caracterización por medio de un aforo. Con este procedimiento se podrá determinar el porcentaje de materia orgánica, papel, vidrio, residuos de aparatos eléctricos, entre otras

clases de residuos que se generan en un lugar determinado y se obtendrán bases para proyectar el crecimiento de esos residuos en función del tiempo. De igual forma se podrá evaluar la composición físico-química y biológica de los residuos, la cual será el fundamento para la toma de decisiones sobre su aprovechamiento, tratamiento y disposición final. (Montoya, 2012)

2. Marco Referencial

2.1. Información general de la unidad de práctica

La unidad de práctica fue la Municipalidad de Santa Cruz La Laguna, Sololá, situada en la parte central del departamento de Sololá, en la Región VI o también conocida como Región Suroccidental. (DMP Municipalidad Santa Cruz La Laguna, 2018)

Se localiza en la latitud 14° 44' 34" y en la longitud 91° 12' 25". Limita al norte con los municipios de Santa Lucía Utatlán y San José Chacayá, al Sur con el Lago de Atitlán, al Este con el municipio de San Jorge La Laguna y al Oeste con los municipios de San Marcos La Laguna. (DMP Municipalidad Santa Cruz La Laguna, 2018)

Su principal medio de transporte público son las lanchas colectivas, que transitan de Panajachel a San Pedro La Laguna y viceversa. De las tres comunidades de Chaquijchoy, Chuitzanchaj y Pajomel que se ubican en la parte norte del municipio, utilizan medios de transporte terrestre público únicamente en los días viernes y domingo que son los días de mercado en el municipio de Sololá, la carretera se encuentra en mal estado, es por ello que los transportistas no arriesgan su integridad física en la ruta, ya que han ocurrido algunos accidentes. La distancia de esta carretera es de aproximadamente 12 kilómetros desde San José Chacayá al caserío Pajomel y de Santa Lucía Utatlán al caserío Pajomel de aproximadamente 14 kilómetros. (DMP Municipalidad Santa Cruz La Laguna, 2018)

2.1.1. Croquis de la unidad de práctica

En la Figura No. 1 se muestra el croquis de la cabecera municipal de Santa Cruz La Laguna, área que atiende la planta de tratamiento de desechos sólidos del sector Panpatin.

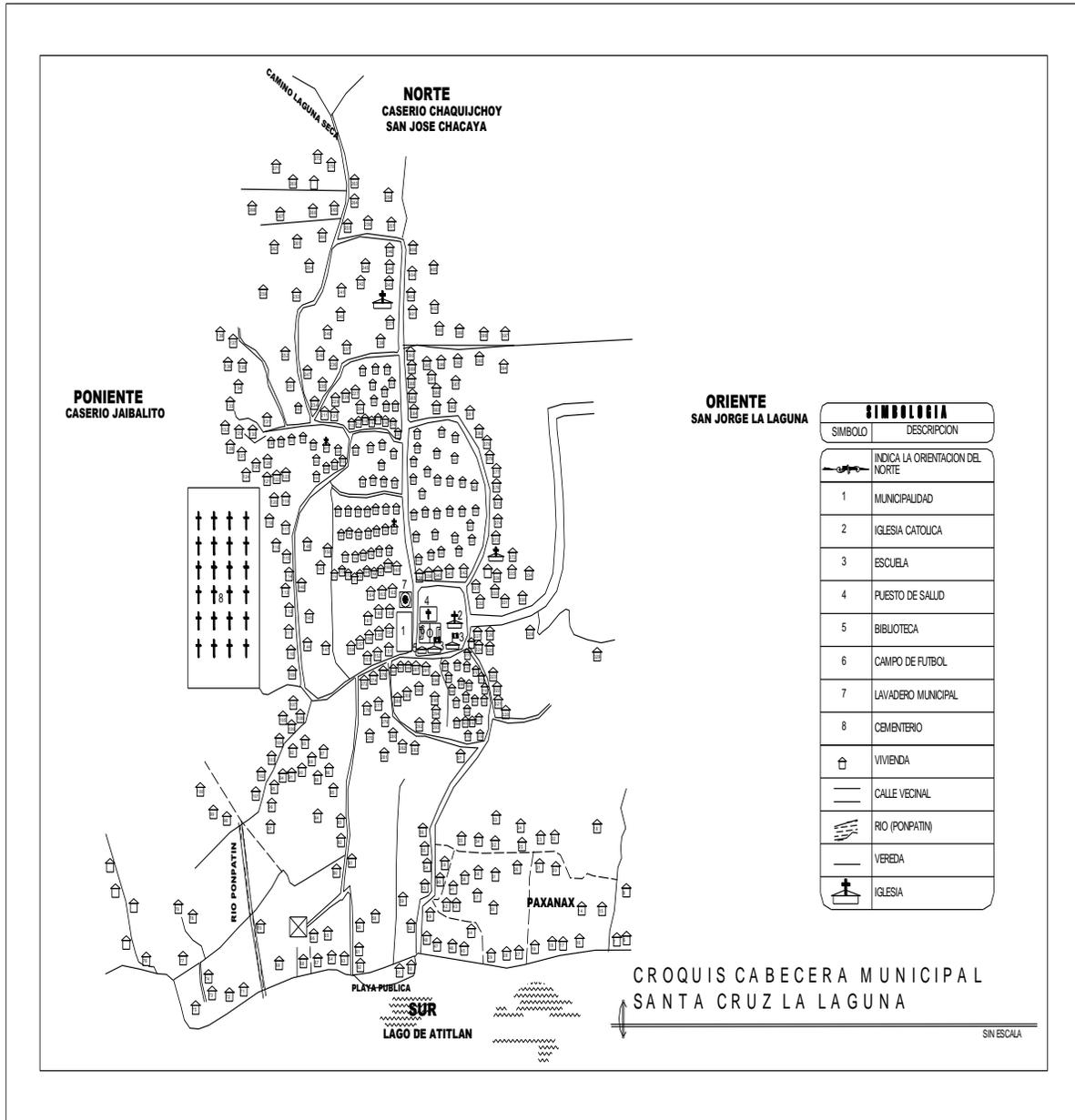


Figura No. 1. Croquis del casco urbano de Santa Cruz La Laguna, Sololá.

Fuente: Dirección Municipal de Proyectos, 2018.

2.1.2. Organización de la institución administrativa

En la Figura No. 2 se describe la jerarquización y organización de las áreas y los puestos que existen dentro de la unidad de práctica, en este caso la municipalidad de Santa Cruz La Laguna.

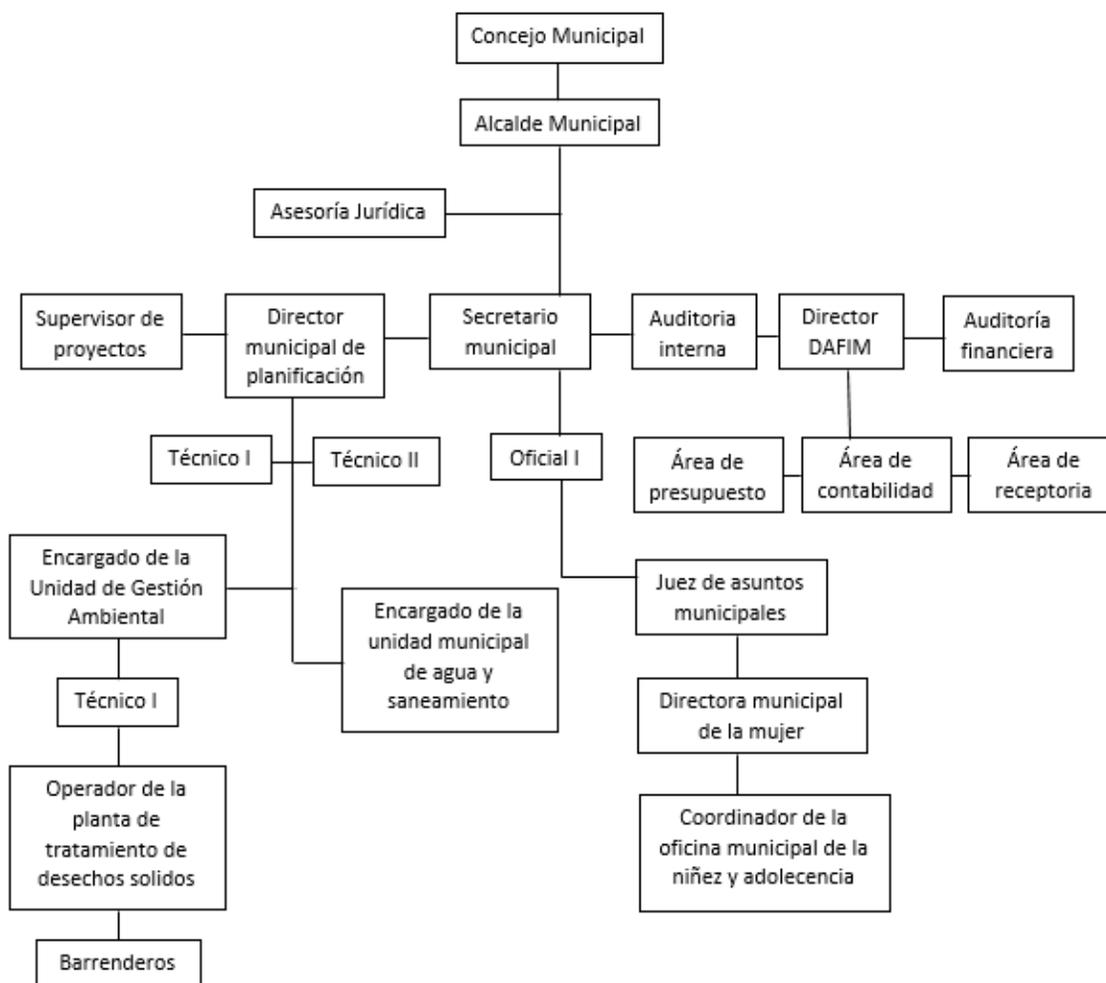


Figura No. 2. Organigrama Municipal, Santa Cruz La Laguna, Sololá.

Fuente: Autor, 2018

2.2. Descripción ecológica

Por estar localizado en la parte del altiplano y rodeado de zonas montañosas pertenecientes a la cadena volcánica que atraviesa el país, con una altitud entre 1665 y 2520 msnm y una precipitación pluvial media entre 1.400 y 1.500 mm anuales propicia un clima frío y templado, con una temperatura media anual de 12 a 18 °C. Sin embargo, en los meses de diciembre y enero la temperatura disminuye y alcanza una mínima de hasta 5 °C. Por tales características, este cuenta con un clima apropiado para el desarrollo de diversas actividades productivas. Así mismo presenta una velocidad del

viento de 4,8 km/h y humedad relativa media del aire del 79%. (DMP Municipalidad Santa Cruz La Laguna, 2018)

La cabecera municipal de Santa Cruz La Laguna tiene clima templado (Clasificación de Köppen: Csb).

Tabla No. 1. Parámetros climáticos promedio de Santa Cruz La Laguna.

Parámetros climáticos promedio de Santa Cruz La Laguna													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tem. Máx. media °C.	24.1	24.2	25.3	25.3	24.9	22.7	23.8	24.0	23.5	23.8	24.1	23.9	24.1
Tem. media °C.	17.5	17.3	18.4	19.0	19.2	18.2	18.6	18.5	18.4	18.5	17.9	17.3	18.2
Tem. Min. media °C.	10.9	10.5	11.6	12.7	13.6	13.7	13.5	13.1	13.3	13.2	11.8	10.8	12.4
Precipitación total mm.	1	10	11	37	118	317	170	174	310	170	37	8	1363

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal con Enfoque Territorial 2008-2018.

La susceptibilidad a la erosión según los datos y de acuerdo a la clasificación del Instituto Nacional de Bosques INAB, en el municipio de Santa Cruz la Laguna predominan las pendientes superiores a 55%, que ocupan el 84%, del área del municipio. Por ser un municipio, cuyo suelo posee pendientes acentuadas, merece atención especial en lo que se refiere a la selección de los cultivos y opciones productivas, debido a que su vocación es para áreas forestales, de protección especial y parques nacionales (Plan de Desarrollo Municipal con Enfoque Territorial 2008-2020).

El municipio se encuentra en las orillas del lago de Atitlán, y es irrigado por los siguientes ríos: Jaibalito, Pampatín, Paley, Pasiguan, Paq'anoj, Pach'ur y ChrijXeko'on. Los pobladores se abastecen de tres nacimientos de agua, que se ubican en la parte alta de la cabecera, utilizada para el consumo y para el lavado de ropa, actualmente se considera que los caudales de cada uno de estos nacimientos han disminuido considerablemente

a causa de los incendios y de la tala de árboles inmoderadas en las cuencas de los nacimientos. Esta problemática se ha venido dando desde hace mucho tiempo, aunque las autoridades municipales han tratado de buscar alguna solución al respecto, a través del dialogo con los vecinos cercanos a los nacimientos. (DMP Municipalidad Santa Cruz La Laguna, 2018)

Según la Dirección Municipal de Proyectos (DMP) el principal cuerpo de agua en el área es el Lago de Atitlán que está formado por una depresión geológica original de 900 metros de profundidad. La superficie del espejo de agua es de aproximadamente 130 km², haciendo un volumen de 37,500 millones de metros cúbicos, pero debido a que este lago no tiene ríos de salida, todos los sedimentos y materiales arrastrados de las cuencas fluviales se acumulan aquí, por lo que es muy importante efectuar el tratamiento de aguas residuales.

De acuerdo a los datos obtenidos por parte de la Dirección Municipal de Proyectos; en el municipio de Santa Cruz La Laguna existen especies forestales de la propiamente de la región, tales como, cajeto (*Citharexylum subflavescens*), pino (*Pinus*), encino (*Quercus*), sauce (*Salix*), madrón (*Arbutus xalapensis*), guachipilín (*Diphysa americana*), palo de amate (*Ficus insipida*), hormigón (*Concreto*), roble (*Quercus rubra*). Existen también especies exóticas, como ciprés (*Sequoiadendron giganteum*), eucalipto (*Eucalyptus*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), casuarina (*Casuarina equisetifolia*). Además, existen especies frutales como, Jocote (*Spondias purpurea*), aguacate (*Persea americana*), zapote (*Pouteria sapota*), naranja (*Citrus sinensis*), limón (*Citrus limon*), durazno (*Prunus persica*), banano (*Musa paradisiaca*), café (*Coffea arabica*) papaya (*Carica papaya*).

Entre la fauna que se tiene son las especies como la ardilla (*Sciurus vulgaris*), armadillo (*Dasypodidae*), tacuazín (*Didelphis marsupial*), mapache (*Procyon*), micoleón (*Potos flavus*), venado (*Odocoileus virginianus*), zorrillo (*Mephitidae*), serpientes como el Cascabel (*Crotalus*), mazacuata (*Boa constrictor*), zumbador (*Drymarchon melanurus*), barba amarilla (*Bothrops atrox*), coral (*Micrurus fulvius*) y aves como el Gavilán (*Accipiter nisus*), águila (*Aquila chrysaetos*), tecolote (*Glaucidium*), pájaro carpintero (*Picidae*), ceniztonle (*Mimus polyglottos*), palomas (*Columba livia*). Entre los ornamentales se tiene

rosales (*Rosa*), pascuas (*Euphorbia pulcherrima*), anturio (*Anthurium*), gallito (*Tillandsia ionantha*).

2.3. Situación socio-económica

La población económicamente activa es del 71%, de los cuales el 81% es agricultor, 14% se ocupa de artes mecánicas y otros oficios, el 3% está ocupado en servicios y comercio y el 1% es operador de máquinas agrícolas (Plan de Desarrollo Municipal con enfoque Territorial 2008-2018)

Además, es común observar en el área, cultivo de hortalizas (2%) en áreas rocosas de elevada pendiente, o sea, suelos no recomendados para ese uso. El municipio no cuenta con cultivos de maíz combinados con hortalizas. Carece de bosques densos de coníferas y de áreas de regeneración de las mismas.

2.4. Planta de tratamiento de desechos sólidos

Dentro de los antecedentes de la planta de tratamiento podremos encontrar los resultados de la caracterización, estudio utilizado para la construcción de la misma, sus planos con las áreas debidamente identificadas, el manejo actual de los desechos sólidos y el costo que este representa para la municipalidad.

2.4.1. Resultados y proyecciones de la caracterización de los desechos sólidos realizada en el año 2011

La producción per cápita del estudio realizado en el 2011 por AMSCLAE, tomó en cuenta a toda la población del casco urbano de Santa Cruz La Laguna, siendo la proyección para el año siete (2018) 0.396 Kg/habitante/día, año en el que se volvió a realizar una evaluación de la planta de tratamiento de los desechos sólidos, obteniendo como resultado una producción per cápita de 0.26 kg/habitante/día, con solo el 40.19% de la población utilizándola, esto demuestra que la planta aún tiene una vida útil pero los procesos de separación de los desechos sólidos no son los adecuados y por ello sobrepasa su capacidad en el área de desechos inorgánicos.

Tabla No. 2. Resultados de caracterización de desechos sólidos, 2011.

Vida Útil (años)	Año	Población (hab)	PPC (kg/hab/día)	Producción de desechos sólidos			Volumen de desechos sólidos sueltos		
				Diaria (Ton/día)	Anual (Ton/año)	Anual acumulado (Ton/año)	Diaria (m³)	Anual (m³)	Anual acumulada (m³)
0	2011	2347	0.370	0.868	316.962	316.96	2.99	1091.17	1091.17
1	2012	2410	0.374	0.901	328.776	645.74	3.10	1131.84	2223.00
2	2013	2475	0.377	0.934	340.996	986.73	3.22	1173.90	3396.91
3	2014	2542	0.381	0.969	353.636	1340.37	3.34	1217.42	4614.33
4	2015	2611	0.385	1.005	366.710	1707.08	3.46	1263.43	5876.75
5	2016	2681	0.389	1.042	380.232	2087.31	3.59	1308.98	7185.73
6	2017	2754	0.393	1.080	394.218	2481.53	3.72	1357.13	8542.86
7	2018	2828	0.396	1.120	408.681	2890.21	3.85	1406.92	9949.78
8	2019	2905	0.400	1.161	423.638	3313.85	4.00	1458.41	11408.18
9	2020	2983	0.403	1.203	439.105	3752.95	4.14	1511.65	12919.83
10	2021	3063	0.407	1.247	455.098	4208.05	4.29	1566.71	14486.54
11	2022	3146	0.411	1.292	471.634	4679.69	4.45	1623.64	16110.18
12	2023	3231	0.414	1.339	488.732	5168.42	4.61	1682.50	17792.68
13	2024	3318	0.418	1.387	506.410	5674.83	4.78	1743.35	19536.04
14	2025	3408	0.422	1.437	524.685	6199.51	4.95	1806.27	21342.31
15	2026	3500	0.426	1.489	543.578	6743.09	5.13	1871.31	23213.62
16	2027	3595	0.429	1.543	563.109	7306.20	5.31	1938.55	25152.16
17	2028	3692	0.433	1.598	583.299	7889.50	5.50	2008.05	27160.22
18	2029	3791	0.437	1.655	604.168	8493.67	5.70	2079.90	29240.11
19	2030	3894	0.440	1.714	625.739	9119.41	5.90	2154.15	31394.26
20	2031	3999	0.444	1.735	648.034	9767.44	6.11	2230.91	33625.17
21	2032	4107	0.448	1.839	671.077	10438.52	6.33	2310.23	35935.41
22	2033	4218	0.451	1.904	694.892	11133.41	6.55	2392.22	38327.63

Fuente: AMSCLAE, 2011

2.4.2. Área total requerida para cada bodega de almacenamiento de los desechos sólidos, según la caracterización realizada en el año 2011.

Según la caracterización realizada por AMSCLAE en el año 2011, la planta debe de contar con áreas de desechos orgánicos, inorgánicos y reciclables con sus respectivas dimensiones, siendo estas capaces de almacenar los volúmenes de desechos que a esta ingresan según la proyección de su vida útil.

Tabla No. 3. Área total requerida para el manejo de los desechos sólidos según caracterización del año 2011.

Área total requerida	
Unidad	Área m ²
Área para planta de clasificación de desechos sólidos inorgánicos	5.51
Área para planta de clasificación de desechos sólidos orgánicos	12.85
Área para bodega de productos reciclados (desechos inorgánicos)	50.84
Área para bodega de compost	26.99
Área para planta de compostaje	311.84
Área relleno sanitario	1334.52
Área total a necesitar (20 años vida útil)	1742.55
Área útil actual	602.68

Fuente: AMSCLAE, 2011

2.4.3. Diseño de la planta de tratamiento de desechos sólidos, sector Panpatin, Santa Cruz La Laguna, Sololá.

El diseño de la planta de tratamiento de desechos sólidos se realizó según el estudio que previamente hizo AMSCLAE tomando en cuenta la cantidad de desechos que los habitantes del casco urbano producían y haciendo una proyección para 20 años.

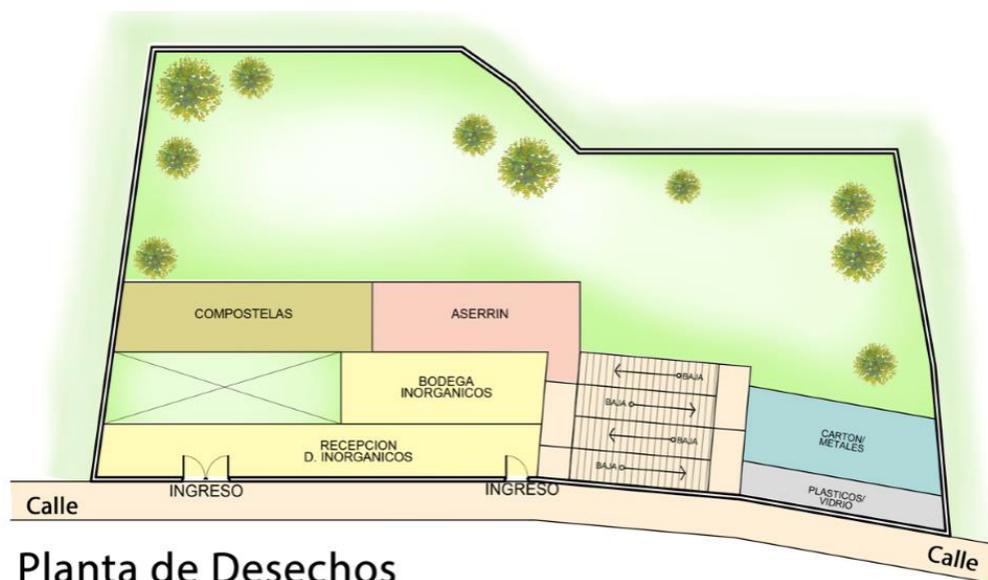


Figura No. 3. Croquis de la planta de tratamiento de desechos sólidos, identificando sus diferentes áreas.

Fuente: Croquis realizado por Hugo Casimiro, Antonio Santis, 2018

2.4.4. Manejo actual de los desechos inorgánicos

Los desechos sólidos son extraídos de la planta mensualmente, hacia su disposición final, un relleno sanitario que se encuentra ubicado en Villa Nueva, Guatemala. Se utilizará el término “costal” para referirse a la unidad que cada vivienda entrega al tren de aseo, se determinó que el costal corresponde a una bolsa de 20-35 Kg, dependiendo el contenido.

Los costos para el manejo de los desechos inorgánicos son:

- Trabajadores por traslado mensual Q. 1950.00
- Lancha Q. 250.00 por viaje y transporta 200 sacos de polipropileno
- Camión Q. 2500.00 por viajes y transporta 1000 sacos de polipropileno

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de los costos que implica el traslado de los desechos inorgánicos de la planta de tratamiento de desechos sólidos de Santa Cruz La Laguna, hacia el relleno sanitario que se encuentra en el municipio de Villa

Nueva, dando como resultado Q.16,950.00 mensuales. Dentro de estos costos se incluyen los sueldos de los trabajadores, transporte acuático y terrestre.

Tabla No. 4. Sacos de desechos inorgánicos extraídos de la planta de tratamiento.

Costos mensuales				
Promedio de costales extraídos mensualmente	Monto de los sueldos para los trabajadores	Costos por transporte de acuático	Costos de transporte terrestre	Costo total mensual
4,000	Q. 1,950.00	Q. 5,000.00	Q. 10,000.00	Q. 16,950.00

Fuente: Santiago Cumes, 2018.

2.4.5. Manejo actual de los desechos orgánicos

Los desechos orgánicos se utilizan para realizar compost, que posteriormente es vendido a los pequeños agricultores del área. En el año en curso no se ha logrado tener un compost de buena calidad, debido a que el ingreso de materiales orgánicos es muy bajo y hasta el momento no se ha encontrado el mejor método de tratamiento, motivo por el cual no existe ninguna venta del mismo.

2.4.6. Manejo actual de los desechos reciclables

Los desechos reciclables son manejados por el grupo “mujeres recicladoras de Santa Cruz La Laguna” a continuación se le indica los precios de ventas que ellas manejan y reciben para el sustento de la organización.

Tabla No. 5. Manejo actual de los materiales reciclables.

Mensual	PET transpa	PET verde/c eleste	PET gris	Plástico duro	Plástico soplado	Tapitas plástica	Cartón	Vidrio	Total
Quintales	9.77	1.37	0.63	1.68	0.70	0.35	12.21	36.56	63.27
Quetzales	977	86.40	9.45	50.80	17.95	5.25	122.10	475.28	1,751.78

Fuente: Mujeres recicladoras de Santa Cruz La Laguna, Sololá. 2018.

2.5. Sistema de cobros por el tren de aseo

Los datos de la tabla No. 6, se obtuvieron a través de las encuestas realizadas a los usuarios del servicio de tren de aseo (anexo No. 2), en la actualidad son 127 los usuarios, en donde 76 generan un costal de desechos sólidos, 24 usuarios generan dos costales de desechos sólidos, 17 usuarios generan tres costales de desechos sólidos y 10 usuarios generan cuatro costales de desechos sólidos. Cada costal de desechos que se genera en los hogares tiene un costo de extracción de Q. 3.00.

El estudio se realizó con el fin de obtener datos exactos de los ingresos económicos para posteriormente realizar un estudio de sostenibilidad del manejo de los desechos sólidos.

Tabla No. 6. Sistema de cobros por el servicio del tren de aseo.

Hogares que utilizan el servicio del tren de aseo	127
Cobro semanal por costal	Q3.00
Hogares que generan 1 costal	76
Hogares que generan 2 costal	24
Hogares que generan 3 costal	17
Hogares que generan 4 costal	10
Total semanal	Q645
Total mensual	Q2,580

2.5.1. Flujograma del manejo de los desechos sólidos

La clasificación de los desechos sólidos dentro de la planta se divide en tres partes, orgánicos, inorgánicos y reciclables. Los materiales reciclables son organizados por vidrio, plásticos y metales para posteriormente ser trasladados y vendidos en la ciudad capital, los materiales orgánicos se trabajan en composteras para posteriormente ser vendido a los pequeños agricultores y los materiales inorgánicos son trasladados al relleno sanitario que se encuentra en Villa Nueva.

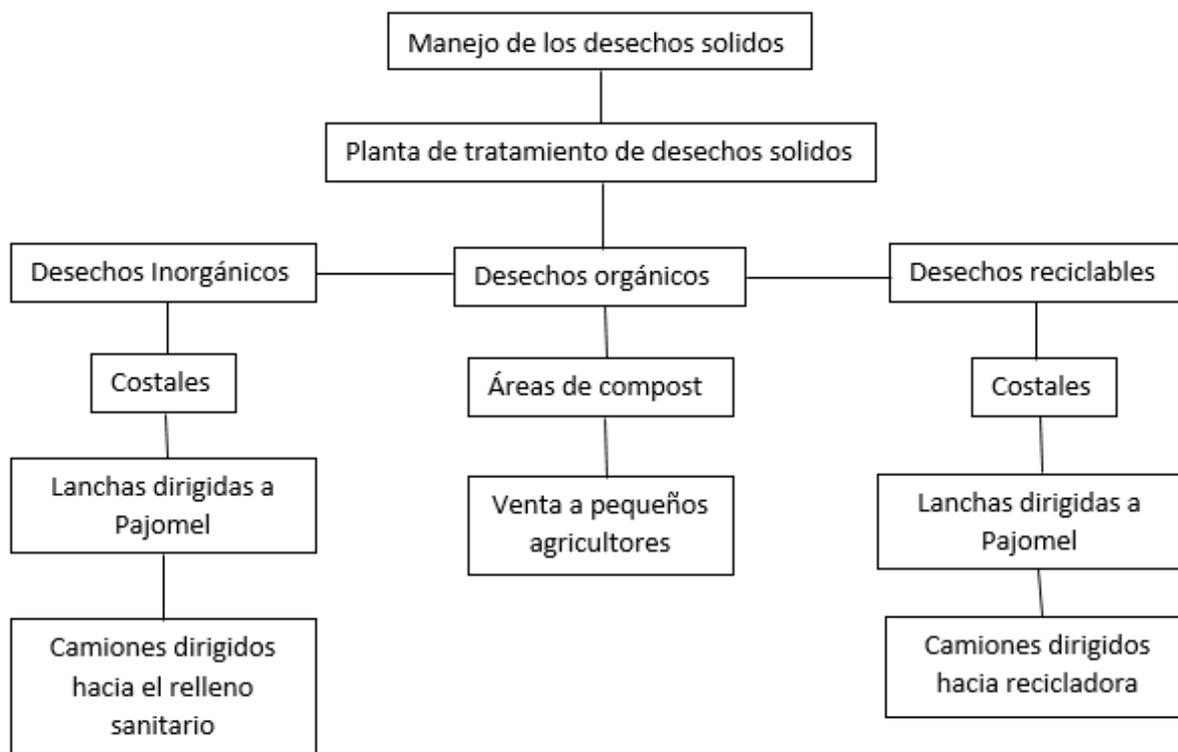


Figura No. 4. Flujograma del manejo de los desechos sólidos.

2.5.2. Costos mensuales y anuales para el manejo de los desechos solidos

Dentro de la tabla No. 7, se especifica los gastos generados de forma mensual y anual necesarios para el tratamiento de los desechos sólidos dentro del casco urbano de Santa Cruz La Laguna, identificando los ejes principales: mano de obra, equipo de protección, transporte y materiales. Información proporcionada por la municipalidad.

Tabla No. 7. Análisis de costo del tratamiento de los desechos sólidos.

No.	Inversión	Mensual	Anual
1.	Mano de obra	Q. 10,185.00	Q. 122,220.00
1.1.	Sueldo de tres operadores	Q. 8,235.00	Q. 98,820.00
1.2.	Sueldo de operadores al momento de extraer los desechos de la planta	Q. 1,950.00	Q. 23,400.00
2.	Equipo de protección	Q. 215.50	Q. 2,586.00
2.1.	Guantes de cuero	Q. 38.50	Q. 462.00
2.2.	Guantes y botas de lates, mascarillas	Q. 117.00	Q. 2,124.00
3.	Transporte	Q. 10,250.00	Q. 123,000.00
3.1.	Transporte Acuático	Q. 2,750.00	Q. 33,000.00
3.2.	Transporte Terrestre	Q. 7,500.00	Q. 90,000.00
4.	Otros (costales, cinta plástica, escobas, carretas)	Q. 2,633.20	Q. 31,598.40
	Total	Q. 23,283.70	Q. 279,404.40

III. OBJETIVOS

1. Objetivo General

Evaluar la planta de tratamiento de desechos sólidos del sector Pampatin, Santa Cruz La Laguna, Sololá.

2. Objetivos Específicos

- 2.1 Caracterizar los desechos sólidos generados en el casco urbano de Santa Cruz La Laguna, Sololá.
- 2.2 Comparar el volumen de desechos sólidos que genera la población, con la capacidad volumétrica para la que fue diseñada la planta de tratamiento de desechos sólidos.
- 2.3 Puntualizar los costos del manejo de los desechos sólidos.
- 2.4 Definir el porcentaje de la cobertura de recolección de los desechos y residuos sólidos.
- 2.5 Proponer mejoras para sistema de gestión de los desechos sólidos.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

A continuación, se le presenta el presupuesto de los materiales utilizados en la investigación.

Tabla No. 8. Presupuesto para realizar la caracterización de los desechos sólidos.

Presupuesto	
Dos lápices	Q. 02.00
Dos lapiceros	Q. 04.00
Libreta de campo.	Q. 05.00
Cuaderno Diario.	Q. 05.00
Cámara fotográfica.	Q. 500.00
Computadora.	Q. 5,000.00
Impresora	Q. 500.00
Memoria USB.	Q. 50.00
Dos recipientes plásticos	Q. 60.00
Dos balanzas	Q. 100.00
Botas de hule.	Q. 75.00
Dos pares de guantes de latex.	Q. 30.00
Dos mascarillas	Q. 06.00
Calculadora	Q. 100.00
Un rollo de cinta adhesiva	Q. 10.00
Un ciento de papel bond tamaño carta	Q. 10.00
Total	Q. 6,452.00

2. Métodos

Los métodos son los procesos para evaluar la planta de tratamiento de los desechos sólidos del sector Panpatin del casco urbano de Santa Cruz La Laguna, tomando referencias del manual para la caracterización de los desechos sólidos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

2.1. Caracterización de los desechos sólidos generados en el casco urbano de Santa Cruz La Laguna

- a) Se utilizaron las formulas y métodos para la caracterización de los desechos sólidos basadas en el manual de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

- b) $PPC = 1/7 \frac{Kg \text{ Totales pesados}}{\text{Numero de habitantes de la muestra}}$
- c) $\% \text{ Desechos org, inorg, reciclables} = \frac{Kg \text{ de desechos org, inorg, reciclables}}{Kg \text{ desechos totales}} \times 100$
- d) $\text{Densidad de la basura } D \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso de la basura (Kg)}}{\text{Volúmen del tambos (m}^3\text{)}}$
- e) Tomando en cuenta las fórmulas del manual, se obtuvieron los datos necesarios pesando durante una semana los desechos que ingresaba a la planta:
- Kg totales de desechos sólidos que ingresan a la planta de tratamiento.
 - Número de habitantes que utiliza el tren de aseo.
 - Número de habitantes totales del casco urbano de Santa Cruz La Laguna.
 - Peso de cada tipo de desecho solido (orgánico, inorgánico y reciclable).
- f) El dato de los habitantes que utilizan el servicio del tren de aseo se solicitó en la Unidad de Gestión Ambiental Municipal.
- g) El dato de los habitantes totales del casco urbano de Santa Cruz La Laguna se solicitó en la Dirección Municipal de Proyectos.
- h) El dato del peso de los desechos sólidos se obtuvo pesando los desechos sólidos clasificados por orgánico, inorgánico y reciclable.
- i) Utilizando una caja previamente medida para obtener su volumen el cual es de 0.092664 m³, se introdujeron los desechos en ella hasta llenarla al ras y se pesaron con una balanza. (repetir este paso hasta obtener el peso de todo lo que ingresa a la planta de desecho solidos).
- j) Este procedimiento se dio durante una semana.
- k) Se suman los kilogramos totales de cada clasificación.
- l) Seguidamente se suman los kilogramos totales que ingresan a la planta de tratamiento.
- m) Obteniendo los datos necesarios, se utilizaron con las fórmulas proporcionadas por el manual de desechos sólidos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

2.2. Comparación del volumen de desechos sólidos que genera la población, con la capacidad volumétrica para la que fue diseñada la planta de tratamiento de desechos sólidos

- a) Para obtener el volumen de los desechos sólidos que ingresan a la planta de tratamiento, se pesaron según su clasificación. (Orgánicos, inorgánicos y reciclables).
- b) Los desechos se pesaron dentro de una caja, la cual tiene un volumen de 0.092664 m³.
- c) Se pesaron los desechos sólidos que ingresaron en una semana.
- d) Se sumó el total de veces que se pesó con la caja y el resultado se multiplico por el volumen de la caja.
- e) Con esto se obtuvo el volumen de desechos que ingresan.
- f) Para obtener el volumen de cada área de la planta, se midieron los espacios tomando en cuenta el alto, largo y ancho.
- g) Estos resultados se multiplicaron para obtener el volumen de cada área.
- h) Por último, se dividió el volumen de cada área con el volumen de cada tipo de desecho sólido para obtener el tiempo en semanas en el que el área se llena.
- i) Se determinó el tiempo en el que las áreas de desechos inorgánico, orgánicos y reciclables deben ser desocupadas, llevando los materiales a las diferentes empresas para que les den el tratamiento adecuado.

2.3. Puntualización de los costos del manejo de los desechos sólidos

- a) Se encuestó a los usuarios del tren de aseo sobre el servicio prestado (anexo No. 2).
- b) Se realizó un estudio tomando en cuenta los ingresos y los egresos del tratamiento de los desechos sólidos.
- c) Los egresos se solicitaron en la tesorería de la municipalidad.
- d) Para obtener el dato de los ingresos se hizo el cálculo de lo que paga cada usuario del tren de aseo.
- e) Se realizó la resta para obtener el resultado.

- f) Se realizó una propuesta para mejorar los ingresos económicos.

2.4. Definición del porcentaje de la cobertura de recolección de los desechos y residuos sólidos

- a) Se obtuvo la formula por medio del manual de desechos sólidos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- b)
$$\text{Cober.} = \frac{\text{Viviendas con servicio} \times \text{Promedio de habitantes}}{\text{Total de habitantes}} \times 100$$
- c) El promedio de habitantes según el Instituto Nacional de Estadística es de cinco personas.
- d) El total de habitantes del casco urbano es de 1,531, dato proporcionado por la Dirección Municipal de Proyectos.

2.5. Propuesta de sistema de gestión de los desechos solidos

- a) Se evaluaron las diferentes opciones viables para mejorar el sistema de gestión de los desechos sólidos, basado en tiempo, costos y beneficios.

V. RESULTADO Y DISCUSIÓN

1. Resultados de la caracterización de los desechos sólidos

La producción per cápita del estudio realizado en el año 2,011 tomó en cuenta a toda la población del casco urbano de Santa Cruz La Laguna, siendo la proyección para el año 2018 de 0.400 Kg/habitante/día, año en el que se volvió a realizar una evaluación de la planta de tratamiento de los desechos sólidos, obteniendo como resultado una producción per cápita de 0.26 kg/habitante/día, con solo el 41.48% de la población utilizándola, esto demuestra que la planta aún tiene una vida útil pero la planificación y procesos dentro de la misma no son los adecuados y por ello sobrepasa su capacidad en el área de desechos inorgánicos.

1.1. Porcentaje de los desechos sólidos

Según la caracterización actual de los desechos sólidos realizada durante el EPS, el mayor ingreso de desechos es de materiales inorgánicos, la cual disminuiría si existiera una clasificación desde el origen y de esta manera aprovechar al máximo los materiales orgánicos y reciclables.

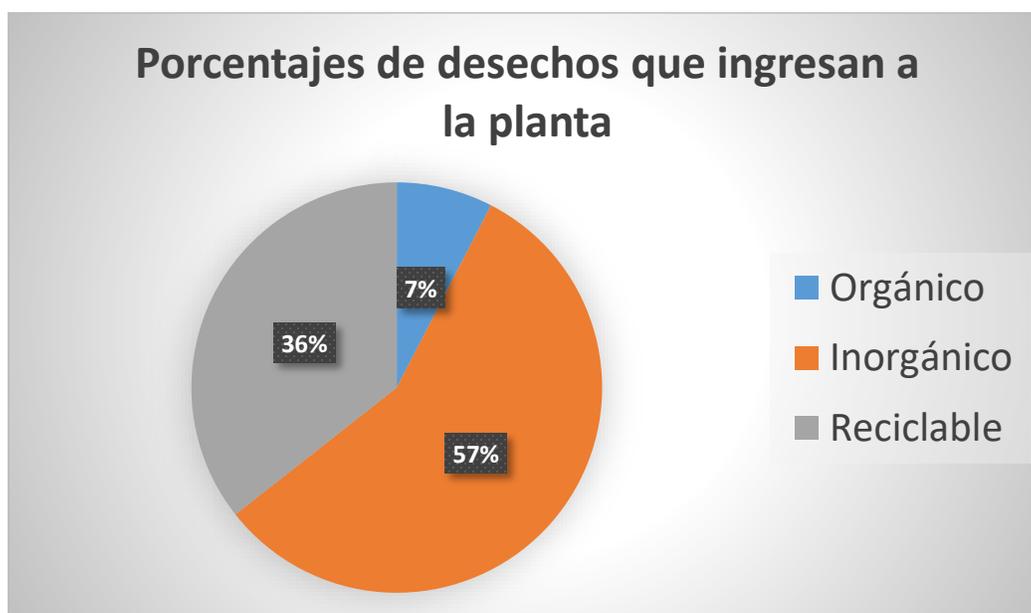


Figura No. 5. Porcentaje de desechos que ingresan a la planta de tratamiento.

1.2. Pesos totales

Los pesos totales de los desechos que ingresan a la planta, nos permite obtener la producción per cápita, el porcentaje de cada desecho y su densidad.

Tabla No. 9. Pesos totales de los desechos sólidos.

Desechos	Libras	Kilogramos
Inorgánico	1,510.5	685.03
Orgánico	797	361.45
Reciclable	202	91.61
Peso total	2,509.5	1,138.09

1.3. Producción per cápita

La producción per cápita nos indica el promedio de desechos que genera cada habitante por día, en este caso es de = 0.26 Kg/Habitante/Día.

$$PPC = \frac{1}{7} \left(\frac{A1}{B1} \right)$$

A1= Kg total muestra

B1= Numero de la muestra de personas

$$PPC = \frac{1}{7} \left(\frac{1,138.09 \text{ Kg}}{635 \text{ usuarios}} \right)$$

PPC= 1/7 (1.792267717)

PPC= 0.26 Kg/Habitante/Día

La proyección de la PPC (producción per cápita) para el año 2018 fue de 0.396 kg/habitante/día y en la actualidad la PPC es de 0.26 kg/habitante/día esto es debido a que únicamente el 41.48% de la población utiliza el servicio del tren de aseo, por ello es necesaria la concientización del uso del mismo.

2. Resultados de la comparación de volúmenes

Debido a que no existe una clasificación adecuada de los desechos sólidos desde su origen hasta la planta de tratamiento, los materiales que se encuentran en el área de materiales inorgánicos están mezclados con materiales reciclables y materia orgánica, esto afecta al aprovechamiento de estos últimos, evitando generar más beneficios económicos y a su vez genera un problema de saturación prematura de dicha área, esto hace que se entorpezcan los procesos dentro de la planta de tratamiento ya que dichos materiales ocupan los pasillos utilizados por los operadores.

2.1. Volúmenes de los desechos solidos

Medidas de la caja utilizada para pesar los desechos solidos

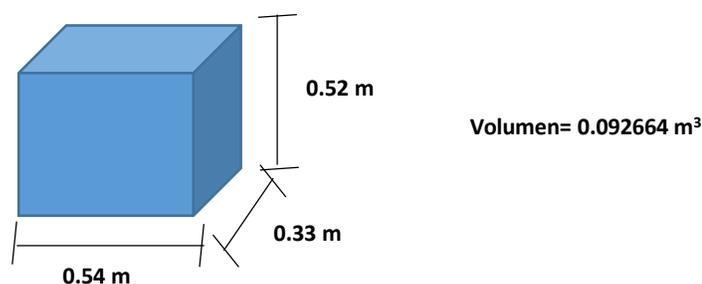


Tabla No. 10. Volúmenes de los desechos sólidos.

Tipo de desecho	Cajas pesadas	Volumen de la caja	Volumen generado por semana
Inorgánico	191	0.092664 m ³	17.6988 m ³
Orgánico	13	0.092664 m ³	1.2043 m ³
Reciclable	26	0.092664 m ³	2.4093 m ³

La tabla No. 10 indica los volúmenes semanales de los materiales que ingresan a la planta de tratamiento, según su clasificación en donde los desechos inorgánicos tienen un volumen de 17.6988 m³, los desechos orgánicos tienen un volumen de 1.2043 m³ y los materiales reciclables tienen un volumen de 2.4093 m³.

2.2. Comparación de volúmenes de la planta versus lo ingresado

Tabla No. 11. Comparación de volúmenes de la planta versus lo ingresado.

Tipo de desecho	Volumen generado por semana	Volumen del área de la planta	Tiempo de saturación del área
Inorgánico	17.6988 m ³	47.85 m ³	2.70 semanas
Orgánico	1.2043 m ³	61.60 m ³	51.33 semanas
Reciclable	2.4093 m ³	70.26 m ³	29. 15 semanas

La tabla No. 11 indica los volúmenes de las diferentes clasificaciones de los desechos sólidos que ingresan semanalmente, comparándolos con los volúmenes de las áreas de la planta de tratamiento, dando como resultado un tiempo de saturación del área de inorgánicos de 2.70 semanas, área en la que actualmente sobrepasa su capacidad por 1.30 semanas, ya que la extracción de estos materiales se da a cada 4 semanas, esto indica que su nivel se sobrepasa en un 32.5%.

3. Resultados de los costos del manejo de los desechos sólidos

En la actualidad únicamente el 41.48% de la población utiliza el servicio de tren de aseo en el casco urbano de Santa Cruz La Laguna, siendo en total 316 hogares y 127 hogares que utilizan dicho servicio, de los cuales semanalmente el 59% generan únicamente un costal de desechos sólidos, el 18% genera dos costales semanales de desechos sólidos, el 13% genera tres costales de desechos sólidos semanales y el 10% genera cuatro costales de desechos sólidos a la semana.

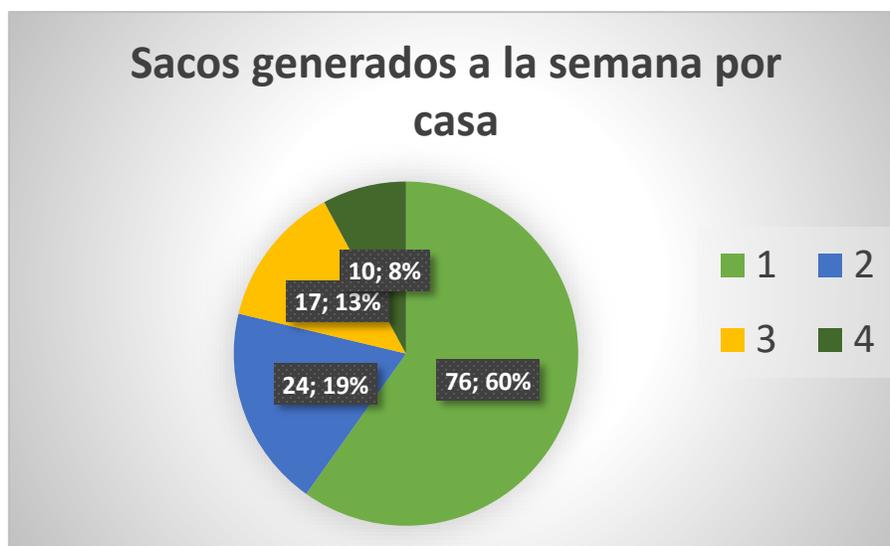


Figura No. 6. Sacos generados a la semana por casa.

El costo del tratamiento de los desechos sólidos mensuales en Santa Cruz La Laguna según la tabla No. 7 son de Q. 23,283.70, y para que este sea auto sostenible es necesario incrementar el costo del servicio de tren de aseo, y de alguna manera obligar a que los 316 hogares lo utilicen, ya que en la actualidad según la tabla No. 6 solo existe un ingreso de Q. 2,580.00 por dicho servicio.

Tabla No. 12. Propuesta de no viable de cobro.

Egresos	Propuesta para los 127 usuarios	Presupuesto con los Q. 185.00 mensuales
Q. 23,283.70	Q 185 mensuales	Q 23,495

4. Resultado del porcentaje de la cobertura de recolección de los desechos y residuos sólidos

$$Cober = \frac{Vivienda\ con\ servicio \times Promedio\ de\ habitantes}{Total\ de\ habitantes} \times 100$$

$$Cober = \frac{127\ Vivienda\ con\ servicio \times 5\ Personas\ promedio}{1,531\ Total\ de\ habitantes} \times 100$$

Cober = 41.48 % utilizan el servicio del tren de aseo

Únicamente el 41.48% de la población utiliza el servicio del tren de aseo, esto es reflejado en los tres basureros clandestinos dentro del casco urbano de Santa Cruz La Laguna, su eliminación deberá ser tomada en cuenta para el manejo adecuado de los desechos sólidos.

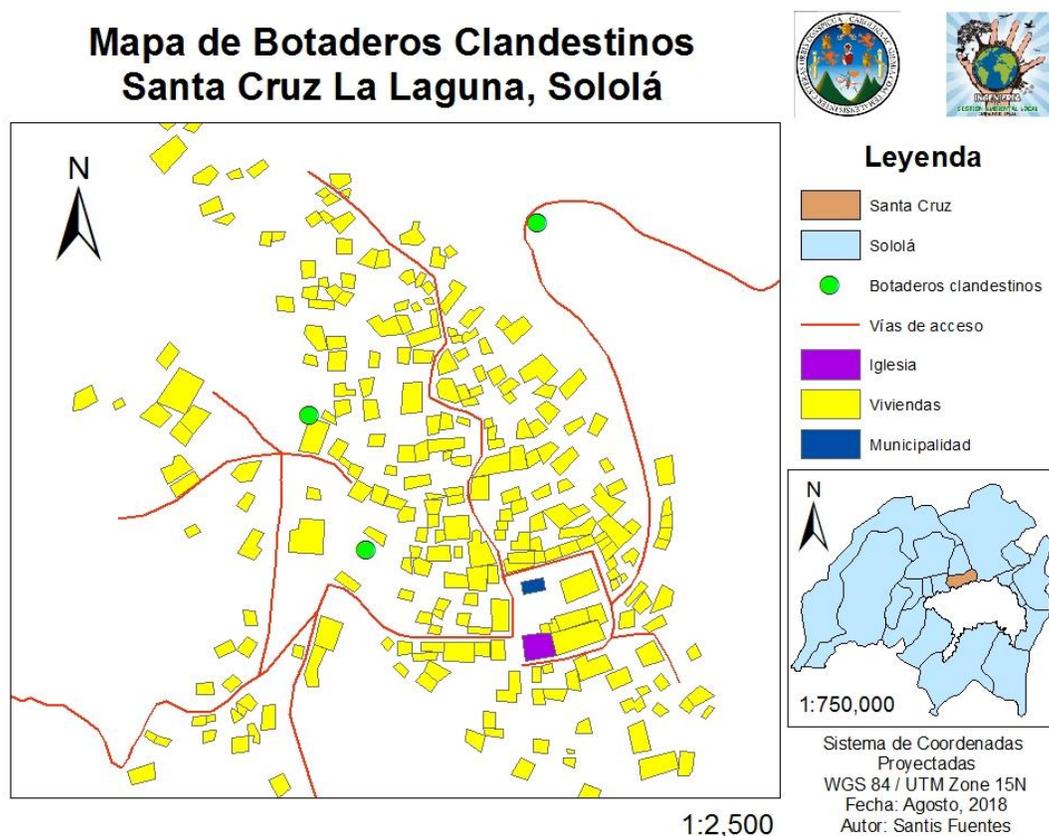


Figura No. 7. Basureros clandestinos del casco urbano de Santa Cruz La Laguna.

5. Propuesta para mejorar el sistema de gestión de los desechos sólidos

5.1. Propuesta por los usuarios del tren de aseo

Según los usuarios del servicio del tren de aseo, el 25% propone que es necesaria la colocación de recipientes en las calles para evitar que las personas ensucien las calles, el 14% opina que se debe mejorar la limpieza en las calles para renovar el impacto visual

del casco urbano generado a los turistas, el 11% considera que es necesario establecer horarios exactos para la recolección de los desechos sólidos en cada sector del casco urbano y el 50% evita dar sus propuestas de mejora.



Figura No. 8. Propuesta de mejora del tren de aseo.

Para reducir costos se propuso la implementación de un nuevo centro de acopio de los materiales reciclables, el cual reducirá la mano de obra en un total de Q. 1,950.00 mensuales, también se tomó en cuenta la nueva ruta terrestre inaugurada a finales del año 2018 ver figura no. 9 y evitar trasladarlos por la ruta acuática, ya que esta última tiene un costo de Q. 5,000.00 en el último mes según la tabla No. 4. Al sumar estos gastos tenemos un ahorro de Q. 6,950.00

Para mejorar la gestión de los desechos sólidos se propuso la sensibilización del uso del tren de aseo, tomando en cuenta la separación de materiales orgánicos, inorgánicos y

reciclables desde el origen y de esta forma hacer más eficientes los procesos dentro de la planta de tratamiento y evitar acumulamiento en el área de desechos inorgánicos,

Si los 316 hogares lo utilizan el servicio del tren de aseo, será necesario que cada hogar cancele una cuota de Q. 55.00 sumado da un total de Q. 17,380, aunado al ahorro anterior nos da un resultado de Q. 24,330, cubriendo los gastos mensuales de Q. 23,282.70. descritos en la tabla No. 7.

5.2. Mapa de propuestas del sistema de gestión

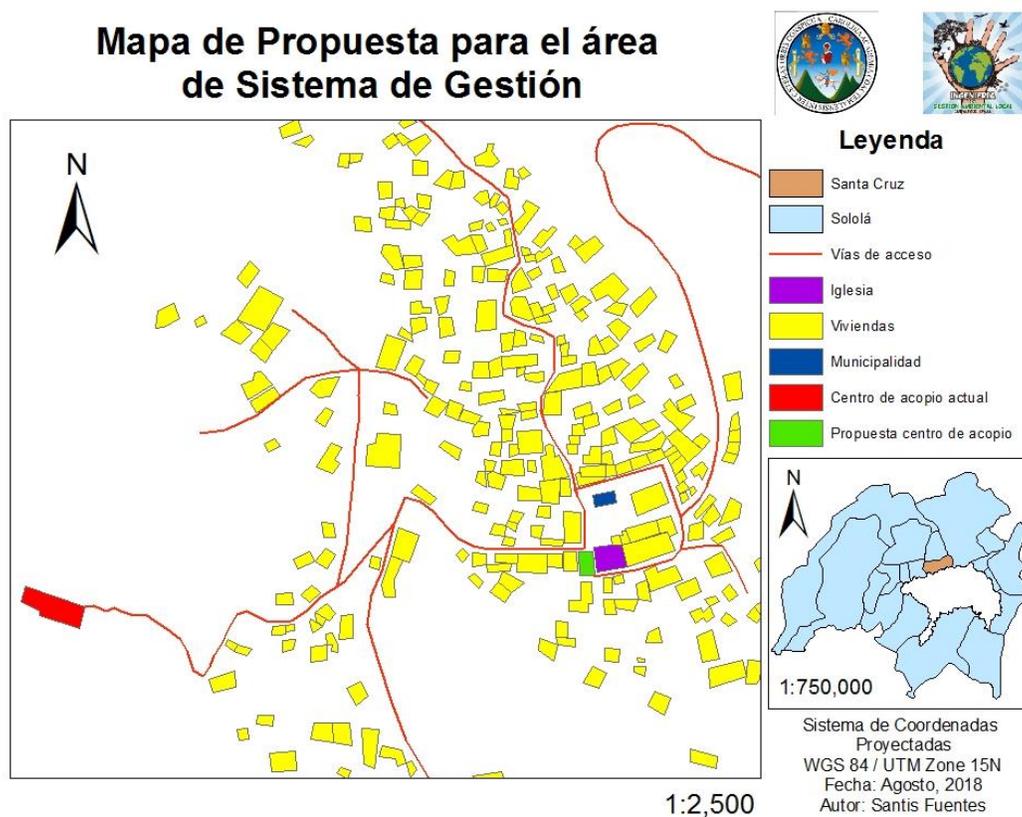


Figura No. 9. Mapa de propuesta de sistema de gestión.

5.3. Propuestas de mejora

A continuación, se describen las propuestas de mejora que fueron basadas en los resultados, tomando en cuenta tiempo, costos y beneficios, implementándolas en los hogares, dentro de la planta de tratamiento y el tren de aseo.

Tabla No. 13. Propuestas de mejora en el sistema de gestión.

No.	Área	Propuestas de mejora
1	Hogares	<ul style="list-style-type: none"> • Educación ambiental • Seguimiento a la capacitación sobre la importancia de la separación en el origen de los desechos sólidos impartida por equipo EPSUM, tomando en cuanto a los nuevos epesistas que año con año llegan a la municipalidad, sin representar costos a la misma.
2	Tren de aseo	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzamientos y capacitaciones a trabajadores sobre la clasificación de los desechos sólidos. Impartidos por el coordinador de la UGAM. • Seguimiento de la capacitación de la importancia del uso de protección personal a los operadores. Impartido por el coordinador de la IGAM. • Propuestas según usuarios del servicio de recolección: <ul style="list-style-type: none"> ➢ Colocar recipientes para introducir los desechos sólidos. • Establecer un día de recolección por cada tipo de desecho y de esta manera realizar la clasificación desde el origen. • Comprar de un vehículo adecuado (cerrado) que se adapte a las vías de acceso y de esta manera abarcar todas las áreas del municipio y aumentar el porcentaje de cobertura. • Implementar la propuesta del traslado del centro de acopio de los materiales reciclables. • Incluir a los 316 hogares en el servicio del tren de aseo con una cuota de Q55.00 mensuales, para cubrir los gastos del servicio y tratamiento.
3	Planta de tratamiento de desechos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzamientos y capacitaciones a operadores sobre la clasificación de los desechos sólidos. Impartidas por el coordinador de la UGAM. • Seguimiento de la capacitación de la importancia del uso de protección personal a los operadores. A cargo de la UGAM. • En el área de desechos reciclables es importante el uso de la ruta de la nueva carretera para poder transportar más materiales y reducir costos de transportes acuáticos, ya que debido al precio elevado de estos últimos los materiales reciclables son transportados antes de que la bodega llegue a su capacidad máxima.

VI. CONCLUSIONES

1. En el año 2018 la producción per cápita de desechos sólidos en el casco urbano de Santa Cruz La Laguna fue de 0.26 kg/habitante/día, siendo menor a la proyectada (0.39 kg/habitante/día), demostrando así que la planta de tratamiento de desechos sólidos aún posee una vida útil.
2. La extracción de materiales inorgánicos de la planta se da cada 4 semanas, sin embargo, en 2.7 semanas ya está saturada, sobrepasando en un 32.5% su capacidad.
3. La falta de separación de los materiales reciclables, orgánicos e inorgánicos, dentro de la planta, es la causa del excedente en el área de desechos inorgánicos dentro de la misma.
4. Únicamente el 41.48% de la población utiliza el servicio del tren de aseo, esto se evidencia en los tres basureros clandestinos dentro del casco urbano de Santa Cruz La Laguna, que contaminan el aire, suelo y recursos hídricos.
5. Para que el manejo de los desechos sólidos sea auto sostenible es necesario implementar el programa de capacitación para la separación de los desechos desde el origen, el uso del servicio de tren de aseo en los 216 hogares del casco urbano, la implementación de un nuevo centro de acopio para los materiales reciclables y el uso de la ruta terrestre propuesta para evacuar los desechos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Aprobar la propuesta del Plan de Manejo de Desechos Sólidos presentada e implementarla.
2. Capacitar a la población, recolectores y operadores del servicio de recolección de desechos sólidos, sobre la clasificación adecuada de los mismos.
3. Establecer un programa de sensibilización a la población y a los visitantes del manejo adecuado de los desechos sólidos.
4. Promover el uso del servicio de tren de aseo en el 58.52% de la población faltante para reducir la disposición inadecuada de los desechos sólidos.
5. Implementar la cuota mensual propuesta de Q 55.00 para cubrir los gastos del servicio del tren de aseo y el tratamiento de los desechos sólidos.
6. Verificar constantemente que el proceso del manejo de los desechos sólidos sea auto sostenible.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Centro para el desarrollo agropecuario y forestal. (2011). *Guía las 3Rs*. Santo Domingo, Republica Dominicana: CEDAF.
- Definicionabc. (11 de Marzo de 2018). *Desechos sólidos*. Obtenido de Definición ABC: <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/desechos-solidos.php>
- Díaz, F. A. (2008) *Caracterización de los desechos sólidos de municipio de San Antonio La Paz, departamento de progreso y propuesta para el relleno sanitario*. (págs. 1-8). Guatemala. título (Tesis Ingeniero Civil) USAC. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Guatemala.
- DMP Municipalidad Santa Cruz La Laguna, Sololá. (6 de Marzo de 2018). *Antecedentes históricos*. Sololá, Santa Cruz La Laguna, Guatemala.
- Espinoza, L. H. (2010). *Residuos sólidos, contaminación y efectos del medio ambiente en el municipio de La Paz, creación de una norma específica que regule su tratamiento*. La Paz. (Tesis carrera de Derecho). Universidad Mayor de San Andres. Facultad de Derecho y ciencias políticas. La Paz, Bolivia : Tesis de grado.
- Flores, C. B. (2009). *La problemática de los desechos* . Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Ministerio de Ambiente . (2010-2011). *Contaminación ambiental causada por residuos sólidos* . Perú: Curso virtual, módulo 2.
- Ministerio de Ambiente de Perú . (2016). *Residuos y áreas verdes*. Lima, Perú: Grafico39 S.A.C.
- Montoya, A. F. (2012). *Caracterización de residuos sólidos*. Colombia: Tecnológico de Antioquia, Medellin, Colombia.
- Plan de Desarrollo Municipal con Enfoque Territorial (2008-2018). *Historia del Municipio de Santa Cruz la Laguna, Sololá, Guatemala*.

Rójas, M. E. (11 de Marzo de 2018). *Tipos de residuos sólidos*. Obtenido de eduteka.icesi.edu.co: <http://eduteka.icesi.edu.co/proyectos.php/2/10735>

sites.google. (2017). *Manejo de los desechos sólidos*. Recuperado el 27 de Abril de 2018, de sites.google.com: <https://sites.google.com/site/manejodedesechossolidosenbp/about-us>

Universidad de Cantabria. (2002). *Contaminación del agua*. Cantabria: Universidad de Cantabria.



Licda. Ana Teresa de González
Vo.Bo. Bibliotecaria CUNSUROC



IX. ANEXOS

1. Carta emitida por la UGAM hacia el estudiante de EPS



*Municipalidad De Santa Cruz La Laguna
Departamento De Sololá
Guatemala.*

TEL. 77234981 e-mail:
munisantacruzlalaguna@hotmail.com

Santa Cruz 12 de abril de 2018

Sergio Antonio Santis Fuentes
Epesista UGAM
Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Reciba un cordial saludo de parte del coordinador de la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM)

Por este medio se le solicita realizar la caracterización de los desechos sólidos en el casco urbano de Santa Cruz La Laguna, Sololá, debido a la inexistencia de estudios y antecedentes enfocados a la planta de tratamiento de desechos sólidos. Dicho estudio servirá para verificar si el diseño de la planta es funcional o se deben realizar modificaciones según el volumen de desechos que ingresan a la misma y su capacidad actual.

Sin otro particular, agradezco su comprensión.


Ángel Santiago Guzmán Arreola
COORDINADOR UGAM

2. Caracterización de los desechos solidos

Medidas de la caja utilizada para pesar los desechos solidos

Pesos de la caracterización de los desechos solidos

Día 1

Tabla No. 14. Pesos de los materiales inorgánicos, día 1.

Inorgánicos										
Día 1	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	
	7	6	8	7	10	7	6	9	7	
	6	8	7	8	9	10	6	9	7	
	6.5	7	9	10	6	10	8	7	5	
	7	7	6	8	10	10	8	7		
7	8	10	10	7	10	9	7			
Peso total	336.5 Libras								43 cajas	

Tabla No. 15. Pesos de los materiales orgánicos, día 1.

Orgánico			
Día 1	Libras		Libras
	61		66
Peso total	66 Libras		3 cajas

Tabla No. 16. Pesos de los materiales reciclables, día 1.

Reciclable		
Día 1	Libras	
	7	8
Peso total	15 Libras	
	2 cajas	

Día 2

Tabla No. 17. Pesos de los materiales inorgánicos, día 2.

Inorgánico									
Día 2	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	
	7	7	6	11	8	9	9	7	
	7	10	11	5	6	9	10	10	
	6	10	9	10	7	6	7	6	
	10	5	9	10	7	11	10	5	
	5	9	8	5	9	8	10	5	
	7	19	7	5	10	8	9	7	
	7	9	7	5	9	7	7	6	
	8	10	8	7	11	9	10	5	
	7	10	6	7	9	9	10	7	
7	11	11	7	9	7	9	6		
Peso total	621 Libras							80 cajas	

Tabla No. 18. Pesos de los materiales inorgánicos, día 2.

Orgánico		
Día 2	Libras	Libras
		55
Peso total	105 libras	
	2 cajas	

Tabla No. 19. Pesos de los materiales reciclables, día 2.

Reciclable									
Día 2	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras
		8	8	7	9	8	7	6	6
Peso total	65 Libras								9 cajas

Día 3

Tabla No. 20. Pesos de los materiales inorgánicos, día 3.

Inorgánico						
Día 3	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras
	10	5	5	7	10	10
	9	9	7	9	9	6
	7	6	6	6	5	5
Peso total	122 Libras					18 cajas

Tabla No. 21. Pesos de los materiales orgánicos, día 3.

Orgánico			
Día 3	Libras	Libras	Libras
	61	63	62
Peso total	186 Libras		3 cajas

Tabla No. 22. Pesos de los materiales reciclables, día 3.

Reciclable							
Día 3	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras
	9	7	7	9	9	9	9
Peso total	59 Libras						7 cajas

Día 4

Tabla No. 23. Pesos de los materiales inorgánicos, día 4.

Inorgánico										
Día 4	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras
	7	11	11	6	6	8	8	11	10	6
	10	11	10	7	9	8	9	6	5	10
	9	10	7	12	10	9	9	11	8	13
	9	11	6	6	7	8	8	12	8	7
	7	7	5	6	6	7	6	7	7	6
Peso total	431 Libras									50 cajas

Tabla No. 24. Pesos de los materiales orgánicos, día 4.

Orgánico					
Día 4	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras
	58	65	58	67	68
Peso total	316 Libras				5 cajas

Tabla No. 25. Pesos de los materiales reciclables, día 4.

Reciclable									
Día 4	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	Libras	
	7	8	8	6	8	7	7	7	
Peso total	63 Libras							8 cajas	

Tabla No. 26. Pesos totales de los desechos que ingresan en una semana.

Desechos	Libras	Kilogramos
Inorgánico	1,510.5	685.03
Orgánico	797	361.45
Reciclable	202	91.61
Peso total	2,509.5	1,138.09

Volúmenes de los desechos solidos

Tabla No. 27. Volúmenes semanales de los desechos.

Tipo de desecho	Cajas pesadas	Volumen de la caja	Volumen generado por semana
Inorgánico	191	0.092664 m ³	17.6988 m ³
Orgánico	13	0.092664 m ³	1.2043 m ³
Reciclable	26	0.092664 m ³	2.4093 m ³

Comparación de volúmenes de la planta versus lo ingresado

Tabla No. 28. Tiempo de saturación de las áreas de la planta.

Tipo de desecho	Volumen generado por semana	Volumen del área de la planta	Tiempo de saturación del área
Inorgánico	17.6988 m ³	47.85 m ³	2.70 semanas
Orgánico	1.2043 m ³	61.60 m ³	51.33 semanas
Reciclable	2.4093 m ³	70.26 m ³	29. 15 semanas



Universidad San Carlos de Guatemala
 Centro Universitario del Sur Occidente
 Ingeniería en Gestión Ambiental Local
 Ejercicio Profesional Supervisado
 Municipalidad De Santa Cruz La Laguna, Sololá



3. Encuesta a usuarios del tren de aseo

1. Edad

15 - 20 21 – 30 31 - 40 41 – 50 51 – 60 otros

2. Sexo

F M

3. Fuente de ingresos económicos

Albañilería Vendedores artesanales Jornales no agrícolas

Jornales agrícolas pequeños empresarios

Conductores de transporte publico

4. Estudios Realizados

Ninguno Preprimaria Primaria Básico Diversificado Universidad

5. Propuestas de mejoras del tren de aseo

6. Cuántos Costales de desechos sólidos genera en la semana

7. Estaría dispuesto a pagar más por el servicio de recolección

Si No

8. Cuanto estaría dispuesto a pagar

Q3.50 Q4.00 Q5.00 Q6.00 Q7.00 Q8.00 Q9.00 otro



Universidad San Carlos de Guatemala
 Centro Universitario del Sur Occidente
 Ingeniería en Gestión Ambiental Local
 Ejercicio Profesional Supervisado
 Municipalidad De Santa Cruz La Laguna, Sololá



4. Línea base para la evaluación de la planta de tratamiento de desechos sólidos

Tabla No. 29. Línea base para la evaluación de la planta de tratamiento de desechos sólidos.

No.	Área a evaluar	Se evaluó	
		Si	No
1.	Tren de Aseo		
1.1.	Propuestas de mejora en el tren de aseo por los usuarios		
1.2.	Cantidad Económica que cancelan los usuarios del tren de aseo mensualmente.		
1.3.	Cantidad que los usuarios estarían dispuestos a pagar por el servicio del tren de aseo.		
2.	Áreas de la planta de tratamiento de desechos sólidos.		
2.1.	Determinar el porcentaje de desechos sólidos orgánicos, inorgánicos y reciclables que ingresan a la planta de tratamiento.		
2.2.	Comparación de los porcentajes de los desechos sólidos obtenida en el diagnóstico previo, el cual se realizó sin una clasificación adecuada por parte de los operadores.		
2.3.	Comparación de volúmenes entre la capacidad de cada área de la planta y lo que en la actualidad está generando la población del casco urbano de Santa Cruz La Laguna.		

No.	Área a evaluar	Se evaluó	
		Si	No
3.	Disposición final		
3.1.	Evaluación de los costos actuales.		
4.	Propuestas		
4.1.	Propuesta sobre la cantidad económica que los usuarios del tren de aseo deberían cancelar para que el tratamiento sea viable.		
4.2.	Propuesta de gestión de los desechos sólidos.		



Mazatenango 19 noviembre de 2019

MSc. Karen Rebeca Pérez
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro Universitario de Sur Occidente

Estimada maestra Pérez:

Muy respetuosamente me dirijo a usted, para presentarle el informe final de investigación inferencial titulado: **"EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL SECTOR PANPATIN, SANTA CRUZ LA LAGUNA, SOLOLÁ"**, realizado por el estudiante: **Sergio Antonio Santis Fuentes**, quien se identifica con número de carné 201232359, dentro del programa de Ejercicio profesional Supervisado de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local –EPSIGAL–.

Este documento se presenta para que de acuerdo con el artículo seis, inciso 6.4. del Normativo de Trabajo de Graduación, pueda a través de sus buenos oficios darse el procedimiento para poder ser considerado como Trabajo de Graduación, para la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental Local.

Con altas muestras de estimio y respeto.

Atentamente

Inga. Agr. Mirna Lucrecia Vela
Supervisora de EPSIGAL

Ingeniería en Gestión Ambiental Local

Mirna Lucrecia Vela A.
Ingeniera Ambiental
Col. 45.111.111



Mazatenango 14 de mayo 2020

Coordinadora Ingeniería en Gestión Ambiental Local
Centro universitario del Suroccidente

Respetable Coordinadora:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para informarle que de acuerdo al artículo 9 del Normativo de Trabajo de Graduación de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, he realizado la revisión y observaciones del Informe Final de Trabajo de Graduación titulado **"Evaluación de la planta de tratamiento de desechos sólidos del sector Panpatin, Santa Cruz La Laguna, Sololá"**, presentado por el estudiante **Sergio Antonio Santis Fuentes** con carné número **201232359**.

Por lo tanto, en mi calidad de revisor le informo que después de realizar el proceso que me fue asignado y verificar la incorporación de las observaciones al informe por parte del estudiante, procedo a dar visto bueno al documento, para que se continúe con el proceso de mérito.

Sin otro particular, con mis muestras de estima y respeto,

A handwritten signature in blue ink that reads 'Karen Rebeca Pérez Cifuentes'.

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





Mazatenango 15 de mayo 2020

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano
Director
Centro Universitario del Suroccidente

Respetable Señor Director:

De la manera más atenta, me dirijo a usted para referirle el Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "Evaluación de la planta de tratamiento de desechos sólidos del sector Panpatin, Santa Cruz La Laguna, Sololá", del estudiante Sergio Antonio Santis Fuentes con carné número 201232359, de la Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

Con base en el dictamen favorable emitido y suscrito por el revisor del informe, el cual fue corregido de acuerdo a las recomendaciones indicadas.

Por lo tanto, en mi calidad de Coordinadora de la Carrera, me permito solicitarle el **IMPRÍMASE** respectivo para que el estudiante continúe con el proceso de mérito y pueda presentarlo en el Acto Público de Graduación.

Sin otro particular

A handwritten signature in blue ink that reads "Karen Pérez".

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes
Coordinadora de Carrera
Ingeniería en Gestión Ambiental Local
CUNSUROC





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

CUNSUROC/USAC-I-06-2020

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, el veinticuatro de septiembre dos mil veinte-----

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del Asesor y Revisor, se autoriza la impresión del Trabajo de Graduación Titulado: **“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL SECTOR PANPATIN, SANTA CRUZ LA LAGUNA, SOLOLÁ”**, del estudiante: **Sergio Antonio Santis Fuentes**. Carné **201232359 CUI: 2307 74431 1001** de la Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano



Director