

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS ESTABLECIDOS EN
CARACTERIZACIONES DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS AÑOS
2011, 2016 Y 2020, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN MUNICIPIO DE
SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

CARLOS DAVID MONTERROSO GÓMEZ

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS ESTABLECIDOS EN
CARACTERIZACIONES DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS AÑOS
2011, 2016 Y 2020, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN MUNICIPIO DE
SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

CARLOS DAVID MONTERROSO GÓMEZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

RECTOR EN FUNCIONES

Lic. M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	Br. Carmen Aracely Garcia Pirique
VOCAL V	Pr. Agr. Mynor Fernando Almengor Orenos
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

Guatemala, octubre de 2021

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

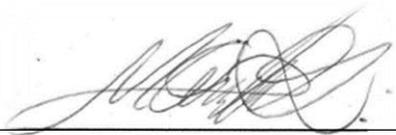
Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: “Estudio comparativo de resultados establecidos en caracterizaciones de los desechos y residuos sólidos en los años 2011, 2016 y 2020, diagnóstico y servicios realizados en municipio de San Juan La Laguna, Sololá, Guatemala, C.A.” como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Gestión Ambiental Local en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



CARLOS DAVID MONTERROSO GÓMEZ

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS** Porque sin él nada fuera posible, por permitir culminar este sueño, y por darme la fortaleza de levantarme en todos los momentos que me sentí quebrantado, por permitirme compartir los logros alcanzados con mi familia y amigo, por permitir que esta etapa de mi vida se desarrollara en la USAC.
- A MI PADRE** Carlos Monterroso Paniagua, por siempre confiar en mí y en mis capacidades por ser siempre mi más grande ejemplo e inspiración, porque todo lo bueno me lo has enseñado, por el sacrificio que has hecho por mí y la familia, por tu infinito amor y sabiduría.
- A MI MADRE** Lic. Sandra Gómez de Monterroso, por apoyarme en todas mis decisiones, por demostrar una capacidad inspiradora, por transmitirme esa fortaleza que te caracteriza, por estar a mi lado cada vez que te necesito, por tu sacrificio y por tu infinito amor.
- A MIS HERMANOS** Carla Monterroso Gómez, Cedric Monterroso Gómez y Randy Monterroso Gómez, por contribuir en su momento a este sueño alcanzado y por manifestarme su apoyo y amor incondicional.
- A MI NOVIA** Gabriela Gaytán, por ser mi pareja de batalla, por estar a mi lado con apoyo incondicional, por ser quien me inspira a ser un hombre de bien y quien siempre me ha alentó a alcanzar mis metas.
- A MIS SOBRINOS** Luis Felipe, Valentina y Pablo Monterroso, porque son el futuro de esta gran familia y por corresponder con el amor mutuo.
- A MIS AMIGOS DE TODA LA VIDA** Marlon Cruz, Luis Monterroso, Lic. Néstor Monterroso, Bryan Esquivel, porque a pesar de todo seguimos construyendo nuestra gran amistad y cada uno me alentó a alcanzar esta meta.
- A MI GRAN TÍO** Hilario Monterroso, por ser una gran inspiración en mi vida.

A MI ABUELA	María Morales, por ser una mujer luchadora y digna de admiración.
A MIS TÍOS Y TÍAS	Por ser parte de mi vida y siempre manifestarme su apoyo y amor.
A MIS PRIMOS Y PRIMAS	Porque siempre he contado con su apoyo.
A LOS HONORABLES COLEGAS MIEMBROS PUNTO	DE Joselyn Araujo, Edson Letona, Sony Marroquín, Kevin Chipix, Joel us, Leonel Ramírez, Maynor Cifuentes, Bryan Sey, Brandon Aguirre, Daniel Pichiya, Brandon Payes, Sergio García, Rafael García, Hugo Escobar, Ramiro Agustín, Allan Guaran, Erick Gonzales, Hugo Puc, Luis Reyes, Rigoberto Yoc, Heraldo Tobar, Geraldine Rodríguez.

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS, Por darme la oportunidad de alcanzar esta meta y este sueño y por permitirme compartir este triunfo con mi familia, mis seres amados y mis seres queridos.

MIS PADRES, A esa pareja inquebrantable que me dio la vida, que ha sacrificado mucho por verme lograr esta meta, porque ni en mi vida entera podré pagar todo lo que han hecho por mí.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, Por contribuir con mi formación académica.

FACULTAD DE AGRONOMÍA, Por ser el lugar que se convirtió en mi segundo hogar, donde alcance la excelencia académica y donde conocí personas que forman parte importante en mi vida.

MI SUPERVISOR, Ing. Agr. Ernesto Yac, por contribuir con mi formación académica superior, y alentarme a alcanzar esta meta.

MI ASESOR, Ing. Agr. Ricardo Catalán, por contribuir con mi formación académica superior, y siempre apoyarme durante el proceso.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
CAPÍTULO I	1
DIAGNÓSTICO SOBRE EL MANEJO DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN EL CASCO URBANO Y LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, EN EL AÑO 2020, SOLOLÁ, GUATEMALA.....	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.2 MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1 Ubicación geográfica	4
1.3 OBJETIVOS	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos.....	6
1.4 METODOLOGÍA.....	7
1.4.1 Fase de recolección de información	7
1.4.2 Fase de reconocimiento del área	7
1.4.3 Fase de gabinete.....	8
1.5 RESULTADOS	10
1.5.1 Identificación de problemas	10
1.5.2 Priorización de problemas	12
1.5.3 Árboles de problemas.....	15
1.6 CONCLUSIONES.....	19
1.7 RECOMENDACIONES.....	20
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	21
1.9 ANEXOS.....	24

	PÁGINA
CAPÍTULO II.....	27
INVESTIGACIÓN.....	27
ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS ESTABLECIDOS EN CARACTERIZACIONES DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS AÑOS 2011, 2016 Y 2020 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.....	27
2.1. PRESENTACIÓN.....	29
2.2. MARCO TEÓRICO.....	31
2.2.1. Marco conceptual.....	31
2.2.2. Marco referencial.....	38
2.3. OBJETIVOS.....	41
2.3.1. Objetivo general.....	41
2.3.2. Objetivos específicos.....	41
2.4. HIPÓTESIS.....	42
2.5. METODOLOGÍA.....	43
2.5.1. Caracterización, producción per cápita, composición física y densidad promedio de los residuos y desechos sólidos.....	43
2.5.2. Diferencias de producción per cápita y composición física de los desechos y residuos sólidos.....	53
2.5.3. Método de comparación y análisis entre caracterizaciones.....	54
2.5.4. Tendencia del manejo de los desechos y residuos sólidos en las fuentes domiciliarias generadoras.....	57
2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	58
2.6.1. Proceso y características de los residuos y desechos sólidos en el casco urbano.....	58
2.6.2. Resultados cuantitativos y cualitativos de la caracterización de los residuos y desechos sólidos del casco urbano año 2020.....	63
2.6.3. Comparación de producción per cápita y composición física entre caracterización años 2011, 2016 y año 2020.....	67

	PÁGINA
2.6.4. Tendencias del manejo de los desechos y residuos sólidos en las fuentes domiciliarias generadoras.....	74
2.7. CONCLUSIONES.....	78
2.8. RECOMENDACIONES.....	80
2.9. BIBLIOGRAFÍA.....	81
2.10. ANEXOS.....	85
CAPÍTULO III	93
INFORME DE SERVICIOS DESARROLLADOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA.	93
3.1. PRESENTACIÓN	94
3.2. SERVICIO 1: Habilitación del relleno sanitario municipal de San Juan La Laguna, Sololá.....	96
3.2.1. Objetivos.....	96
3.2.2. Metodología.....	97
3.2.3. Resultados.....	98
3.2.4. Evaluación	102
3.3. SERVICIO 2: Reactivación de áreas de separación, almacenamiento y composta de la planta de tratamiento de desechos y residuos sólidos del Municipio de San Juan La Laguna, Sololá.....	104
3.3.1. Objetivos.....	104
3.3.2. Metodología.....	105
3.3.3. Resultados.....	107
3.3.4. Evaluación	110
3.4. BIBLIOGRAFÍA.....	113
3.5. ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de San Juan La Laguna.....	5
Figura 2. Diagrama de realización de árbol de problemas.....	9
Figura 3. Árbol de problemas para la problemática N.....	16
Figura 4. Árbol de problemas para la problemática M.	17
Figura 5. Árbol de problemas para la problemática (F).....	18
Figura 6. Árbol de problemas para la problemática F.	18
Figura 7. Mapa de ubicación planta de tratamiento municipio San Juan La Laguna.	39
Figura 8. Porcentaje de boletas participantes en el estudio de caracterización de desechos y residuos sólidos año 2020 casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá	47
Figura 9. Identificación de viviendas por calcomanía.....	49
Figura 10. Método de cuarteto de residuos sólidos para la reducción del tamaño de muestras.	51
Figura 11. Dinámica de los residuos y desechos sólidos dentro del casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.	58
Figura 12. Situación del año 2020 de la recolección de residuos y desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.	60
Figura 13. Situación del año 2020 de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.	61
Figura 14. Productos comerciales de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del municipio de San Juan la Laguna, Sololá.	61
Figura 15. Ubicación del relleno sanitario municipal y la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.....	62
Figura 16. Peso acumulado de las muestras por día.....	63
Figura 17. Composición física en porcentajes de los desechos y residuos sólidos.	64
Figura 18. Peso acumulado de los materiales reciclables durante los 7 días.	65

PÁGINA

Figura 19. Producción per cápita durante los 7 días de estudio.....	66
Figura 20. Comportamiento de la PPC de los años 2011, 2016 y 2020.....	71
Figura 21. Comportamiento por tipo de desecho expresado en porcentaje para los estudios de caracterización del año 2011, 2016 y 2020.....	72
Figura 22. Peso en kilogramo por tipo de desecho reciclable para los estudios de caracterización de los años 2011, 2016 y 2020.	73
Figura 23. Recipientes almacenadores utilizados en la fuente para el almacenaje de los desechos y residuos sólidos.	74
Figura 24. Comportamiento de la fuente ante la ausencia del servicio de extracción de los desechos y residuos sólidos.	75
Figura 25. Frecuencia de servicio de extracción por semana de los desechos y residuos sólidos.....	76
Figura 26. Manejo de los desechos peligrosos en la fuente generadora.	77
Figura 27. Flujograma de ejecución del perfil rehabilitación del relleno sanitario del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.	100
Figura 28. Despeje de área de rampa para la disposición final de los desechos sólidos.	101
Figura 29. Taller de capacitación, manejo de aboneras.....	106
Figura 30. Taller de capacitación, almacenamiento adecuado de materiales reciclables.	106
Figura 31. Áreas de almacenaje permanente de productos reciclables.	108
Figura 32. Áreas de almacenamiento temporal de los desechos y residuos sólidos.....	108
Figura 33. Área de aboneras por volteo escalonado.....	108
Figura 34. Taller de capacitación uso adecuado de las áreas de almacenamiento.	110
Figura 35A. Plano planta de conjunto, relleno sanitario municipal.	115
Figura 36A. Plano, Planta de drenaje de lixiviados, relleno sanitario municipal.	115
Figura 37A. Oficio de autorización de actividades y operaciones del relleno sanitario municipal.	117

	PÁGINA
Figura 38A. Despeje de rampa de acceso a relleno sanitario municipal.....	118
Figura 39A. Despeje de áreas en planta de tratamiento y traslado de desechos al relleno sanitario municipal.....	118

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁGINA
Cuadro 1. Lista de cotejo para la identificación de problemas.	8
Cuadro 2. Matriz de comparación de pares.	9
Cuadro 3. Identificación de problemas.	10
Cuadro 4. Comparación de los problemas por pares.	13
Cuadro 5. Tabla de tabulación de punteos.....	14
Cuadro 6A. Guía de entrevista No. 1	24
Cuadro 7A. Guía de entrevista No.2	25
Cuadro 8. Número de muestras para la determinación de producción per cápita –PPC-. .	46
Cuadro 9. Tabulación de resultados comparables año 2020.	54
Cuadro 10. Matriz de comparación de datos de muestreo, caracterizaciones año 2011, 2016 y 2020.....	55
Cuadro 11. Matriz de comparación de datos de composición física de los desechos y residuos sólidos, caracterizaciones año 2011, 2016 y 2020.	56
Cuadro 12. Detalles del servicio de recolección de residuos y desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.	59
Cuadro 13. Densidad promedio de los desechos y residuos sólidos año 2020.	67
Cuadro 14. Resultados de caracterización año 2020.....	67
Cuadro 15. Datos de muestreo de los tres estudios analizados.....	69
Cuadro 16. Resultados de comparación de datos de composición física de los desechos y residuos sólidos, caracterizaciones años 2011, 2016 y 2020.....	70
Cuadro 17A. Boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos.	85
Cuadro 18. Boleta de campo para la prueba de composición física.....	87

	PAGINA
Cuadro 19A. Boleta de campo para la determinación de la densidad de los residuos sólidos.....	91
Cuadro 20. Perfil de rehabilitación del relleno sanitario municipal de San Juan La Laguna, Sololá.	98
Cuadro 21. Evaluación del servicio 1. Habilitación del relleno sanitario municipal de San Juan La Laguna, Sololá.	102
Cuadro 22. Resultados de habilitación y reactivación de áreas de separación, almacenamiento y composta.....	107
Cuadro 23. Resultados de talleres de capacitación enfocado al manejo adecuado de las áreas habilitadas de la planta de tratamiento.	109
Cuadro 24. Evaluación del servicio, reactivación de áreas de separación de residuos y desechos sólidos y áreas de compostas.....	110
Cuadro 25A. Análisis FODA, para las instalaciones del relleno sanitario municipal.	116

**ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS ESTABLECIDOS EN
CARACTERIZACIONES DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS AÑOS
2011, 2016 Y 2020, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN MUNICIPIO DE
SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

RESUMEN

En esta investigación realizada como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala y desarrollada específicamente en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá, Guatemala C. A. Se presentan los resultados obtenidos del diagnóstico, investigación y servicios realizados en este municipio perteneciente al lado sur de la cuenca del lago de Atitlán.

Todos los procesos realizados para esta investigación fueron desarrollados en la unidad de gestión ambiental (UGAM), departamento perteneciente a la dirección de planificación municipal (DMP), de dicha localidad, por lo tanto estas dependencias municipales fueron a las que se les prestó el fortalecimiento en temas de residuos y desechos sólidos en base a los resultados obtenidos en el diagnóstico presentado en el capítulo I, en el cual mediante la metodología de recolección de información y la metodología de análisis de información, mediante una lista de cotejo se obtuvo la cantidad de 14 problemas principales detectados en el manejo de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano y la planta de tratamiento de San Juan La Laguna.

Para establecer un orden mediante la priorización de cada uno de los 14 problemas establecidos se realizó un análisis con la herramienta de comparación de pares, lo cual determinó los cuatro problemas con máxima prioridad, estos cuatro problemas se sometieron a análisis para determinar sus posibles causas y efectos principales, mediante árboles de problemas.

En el Capítulo II, se aborda el problema catalogado como de máxima prioridad establecido en el diagnóstico es decir se muestran los resultados medulares de la investigación, es decir

los resultados obtenidos de la caracterización de los desechos y residuos sólidos para el año 2020 donde se desarrolló la metodología para determinar la producción per cápita (PPC), la composición física de los desechos y residuos sólidos, así como su densidad. Estos resultados fueron sometidos a comparación con los resultados establecidos en los estudios de los años 2011 y 2016, lo cual mediante la comparación, presentan una disminución en la generación de residuos orgánicos y aumento en la producción de residuos catalogados como reciclables, así mismo se determinó las variaciones de las cantidades de residuos y desechos sólidos por su composición física.

En el Capítulo III, se abordan los siguientes dos problemas con máxima prioridad determinados en el diagnóstico, estableciendo dos servicios que tienen por objetivo mitigar o eliminar las problemáticas, en donde se desarrolló la habilitación del relleno sanitario municipal y la reactivación de áreas de separación, almacenamiento y composta de la planta de tratamiento de desechos y residuos sólidos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

Estos servicios fueron desarrollados en orden lógico ya que para el desarrollo del segundo servicio era necesario realizar con éxito el primer servicio, mediante la aprobación del desarrollo del primer servicio (habilitación del relleno sanitario), pudo trasladarse todo los desechos sólidos que afectaban directamente a la planta de tratamiento, dando paso a la realización del segundo servicio con éxito ya que se pudieron habilitar tres áreas de almacenamiento permanente de residuos reciclables, tres áreas de almacenamiento temporal en el área de separación de los desechos y residuos sólidos y la cantidad de seis aboneras para el tratamiento de los residuos orgánicos.



1.1 PRESENTACIÓN

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, establece la realización del diagnóstico como parte fundamental del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se dio inicio al diagnóstico del manejo de los desechos y residuos sólidos tanto en el origen, en el tren de recolección así como en la planta de tratamiento, en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna.

Con los objetivos de identificar y priorizar las problemáticas para determinar sus principales causas y efectos.

Para la obtención de resultados en el diagnóstico, se realizó una lista de cotejo y posteriormente una priorización de los problemas con la herramienta de matriz de comparación de pares para conocer cuáles fueron los problemas principales que presentaba el tema del manejo de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del municipio.

El resultado fue de catorce problemas identificados de los cuales se obtuvo una priorización completa de la cual se nominan cuatro problemáticas que se consideran como de máxima prioridad las cuales son: La Caracterizaciones de los desechos sólidos en el municipio son antiguas y no existe una comparación que facilite el desarrollo de los proyectos, No sé a desarrollado un plan de reactivación de la planta de tratamiento, El conocimiento técnico de la operación de la planta de tratamiento no se ha transmitido de manera efectiva al personal de la planta, Los desechos y residuos no se separan desde el origen, sucesivamente de mayor a menor priorización dentro de las cuatro problemáticas más relevantes.

Los problemas priorizados son el resultado del análisis sistemático de toda la información dando como resultado cuatro problemas principales los cuales se plantean como árboles de problemas con sus respectivas causas y efectos principales, así mismo se propone una serie de recomendaciones que abordan la mayoría de problemáticas en el tema del manejo de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

1.2 MARCO REFERENCIAL

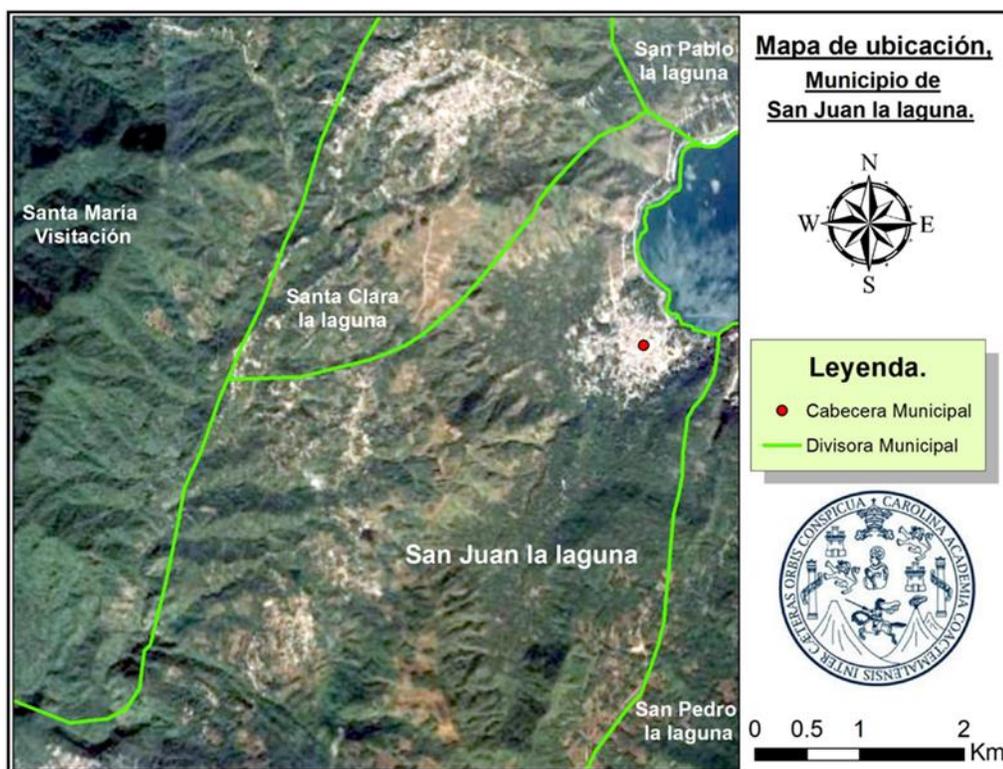
1.2.1 Ubicación geográfica

El departamento de Sololá está ubicado en el oxidante del territorio guatemalteco, cuenta con una extensión territorial de 1,061 km² según el Instituto Geográfico Nacional GT. (IGN). De los cuales 36 km² pertenecen al municipio de San Juan La Laguna (Pico, 2016). Esto corresponde al 3.30 % del total del departamento.

El municipio de San Juan La Laguna limita al norte con los municipios de Santa Clara La Laguna y San Pablo La Laguna (Sololá), al sur con el municipio de Chicacao (Suchitepéquez); al este con el municipio de San Pedro La Laguna y el lago de Atitlán (Sololá) y al Oeste con los municipios de Santa Clara La Laguna y el municipio de Santa Catarina Ixtahuacán.

La cabecera municipal está ubicada en la parte sur-oeste del departamento en la región VI o región suroccidental dentro de las coordenadas latitud 14°41´ 39´´. Y longitud 91°17´ 12´´. Para ingresar al municipio se cuentan con tres rutas disponibles siendo éstas por el lago de Atitlán ruta marina, por carretera interamericana y por San Lucas Toliman vía Santiago Atitlán estas rutas terrestres.

En la figura 1 se muestra la ubicación geográfica del municipio de San Juan La Laguna.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 1. Mapa de ubicación del municipio de San Juan La Laguna.

Actualmente San Juan La Laguna forma parte de la Reserva de Usos Múltiples Cuenca Lago de Atitlán (RUMCLA) fue inicialmente declarada área protegida en la categoría de Parque Nacional en 1955. Posteriormente se llevó a cabo una re categorización en la que pasó a la categoría de “Área Protegida de Uso Múltiple de la Cuenca del Lago de Atitlán”, mediante el decreto 64-97 del Congreso de la República, bajo la administración de CONAP (Dix, Fortín, Medinilla, & Ríos, 2003). Citado en tesis de (Pico, 2016).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Determinar los procesos del manejo de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá. Para contribuir al manejo eficiente de los desechos y residuos en el área.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Identificar las principales problemáticas que presenta el manejo de los desechos y residuos sólidos en el municipio de San Juan la laguna, Sololá.
2. Priorizar principales problemáticas que presenta el manejo de los desechos y residuos sólidos en el municipio de San Pedro la laguna, Sololá.
3. Determinar las posibles causas y posibles efectos de los problemas priorizados.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Fase de recolección de información

Como primer paso se realizó exclusivamente la recopilación de información primaria, realizando una entrevista al director del departamento municipal de planificación (DMP), así mismo se sostuvo conversaciones con el consejo municipal, siguiendo la guía de entrevista No. 1. Cuadro 6A.

Se realizaron entrevistas a las personas encargadas del manejo directo del tren de recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, siguiendo la guía de entrevista No. 2. Cuadro 7A.

Posteriormente a lo indicado se realizó una búsqueda de información secundaria la cual se adquirió por medio de revisión de documentos digitales tal como revistas y estudios de caso, así mismo se consultaron tesis y folios municipales de los estudios realizados anteriormente en temas relacionadas con los desechos y residuos sólidos en el municipio, se recolectó información literaria proporcionada por instituciones como asociación Amigos del Lago de Atitlán que cuentan con una caracterización propia de los desechos sólidos del municipio de San Juan La Laguna y la caracterización de los desechos sólidos presentada en el perfil socio ambiental realizada por ADCCAP que presentan acciones en el área de San Juan la laguna, se consultó la Política Nacional para la gestión integral de residuos sólidos y el código municipal.

1.4.2 Fase de reconocimiento del área

Se realizó recorridos en la planta de tratamiento de manejo de los desechos sólidos de manera acompañada con los trabajadores y el personal técnico municipal, así como las rutas del tren de aseo, para realizar toma de fotografías y para corroborar la información obtenida anteriormente, se determinó la situación actual, así como detectar nuevas o posibles debilidades del sistema de manejo de los desechos y residuos sólidos.

1.4.3 Fase de gabinete

Con la recopilación y la obtención de la información primaria, secundaria y reconocimiento del área, se analizó, con el apoyo de una lista de cotejo, cuadro 1, que es un instrumento de observación y verificación para la identificación de los problemas según Muños (2017).

Cuadro 1. Lista de cotejo para la identificación de problemas.

LISTA DE COTEJO.		
OBSERVACIÓN	VERIFICACIÓN	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA.

Fuente: elaboración propia con información de Muños 2017.

Posteriormente se realizó una matriz de comparación de pares, cuadro 2, para priorización de problemas, esta matriz consiste en la construcción con cada opción identificada con literales mayúsculas como encabezado de fila y columna, en cada celda de intersección se coloca la opción preferida y un puntaje que va desde 0 (no hay preferencia de una sobre la otra), hasta 3 (la mayor diferencia entre preferencias), la matriz se tabula para totalizar los puntajes, este método garantiza que se han comparado todas las opciones en pares según Muños (2017).

Cuadro 2. Matriz de comparación de pares.

	PROBLEMA (A)	PROBLEMA (B)	PROBLEMA (C)	PROBLEMA (D)	PROBLEMA (E)
PROBLEMA (A)					
PROBLEMA (B)					
PROBLEMA (C)					
PROBLEMA (D)					
PROBLEMA (E)					

Fuente: elaboración propia con información de Muños 2017.

Seguido de lo anterior se realizaron árboles de problemas con el objetivo de conocer las posibles causas y los efectos de los problemas priorizados con la metodología anteriormente descrita, esto se realizó tomando la problemática y estableciéndose como la base central (tronco) seguido de la identificación de las principales causas en la parte inferior (raíces) estas estarán enlazados por flechas vinculantes a la base, posteriormente se debe realizar la identificación de los efectos (ramas) que las causas y el problema expresan como resultados estando estos enlazados con flechas vinculantes provenientes de la base, figura 2.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 2. Diagrama de realización de árbol de problemas.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Identificación de problemas

Mediante el desarrollo de la metodología pudo establecerse la cantidad de catorce problemas con respecto al manejo de los desechos y residuos sólidos en el municipio de San Juan La Laguna, Sololá, a cada una de las problemáticas se le estableció una literal, cuadro 3, para facilitar el análisis correspondiente.

Cuadro 3. Identificación de problemas.

LISTA DE COTEJO.		
OBSERVACIÓN	VERIFICACIÓN	IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMA.
Basura en calles y sitios internos y periferia del casco urbano.	Basureros ilegales en áreas de cultivo de café (<i>coffea spp</i>)	El recurso económico de algunas familias no es suficiente para subsidiar el pago de la recolección municipal. Según SESAN en promedio las familias viven con un dólar al día en estas áreas. (A)
La información sobre desechos y residuos en el municipio es escasa o inexistente.	Existe suficiente información sobre el tema de desechos y residuos en el municipio.	La información está dispersa y no se encuentra actualmente articulada con un solo enfoque. (B)
Existen varios y diferentes proyectos a realizar dentro del municipio.	Los temas de desechos y residuos dentro de los proyectos de las autoridades no ocupan una priorización adecuada.	Las problemáticas ambientales son catalogadas de urgencia moderada en el municipio. (C)

Continúa cuadro 3.

Existencia de normativas, decretos, políticas, leyes, entre otras, que pretenden regular los temas de residuos y desechos sólidos.	No se aplica a cabalidad la legislación estipulada en el tema del manejo de los desechos y residuos sólidos.	Desinterés político. (D)
Planta de tratamiento se encuentra en mal estado.	Las instalaciones de la planta de tratamiento actualmente se encuentran degradadas	El mantenimiento propuesto mediante el diseño de la planta no se aplicó a cabalidad. (E)
Las operaciones dentro de la planta no son eficientes.	Las operaciones dentro de la infraestructura son desordenadas sin criterios técnicos y usos inadecuados de las zonas especializadas para los procesos establecidos.	El conocimiento técnico de la operación de la planta de tratamiento no se ha transmitido de manera efectiva al personal de la planta. (F)
La efectividad de los procesos de separación es muy baja.	El personal no cuenta con el equipo para garantizar la efectividad de los procesos.	La inversión por parte de las autoridades es baja o nula. (G)
Los operadores no logran cubrir con toda la demanda.	El número de trabajadores dentro de la planta no es el adecuado.	Las autoridades no apoyan al personal del tren de aseo. (H)
El personal está expuesto a amenazas a la salud.	En la planta no existe agua potable, electricidad, baños, duchas, ni áreas adecuadas para el consumo de alimentos.	
El tren de recolección no cubre el casco urbano en su totalidad.	Existe 25% aproximadamente de casas a las que no llega el servicio de recolección.	La logística de recolección no es la más adecuada. (I)

Continúa cuadro 3.

Los desechos y residuos ingresan sin ningún manejo previo a la planta de tratamiento.	La separación de los desechos y residuos por características en la planta es muy difícil y demanda mucho tiempo.	Los desechos y residuos no se separan desde el origen. (J)
Quema de la basura	Los trabajadores de la planta como opción de descarte realizan quemas de los residuos y los desechos.	No conocen otras alternativas para aliviar el problema de disposición final. (K)
No se tratan los lixiviados	No se encuentran dentro de la municipalidad los diseños de la planta.	No existió una transición de saberes entre gobiernos municipales. (L)
Las operaciones dentro de la planta de tratamiento no son congruentes.	No existe un plan de activación de la planta de tratamiento.	No se ha desarrollado un plan de reactivación de la planta de tratamiento. (M)
Desconocimiento de técnicas para enfrentar los problemas de recolección, separación, manejo y disposición final de los desechos y residuos propios del Municipio.	No se cuenta con proyectos del manejo integrado de los desechos sólidos.	Las Caracterizaciones de los desechos sólidos en el municipio son antiguas y no existe una comparación que facilite el desarrollo de los proyectos. (N)

Cabe resaltar que el cuadro anterior, cuadro 3, se enmarcan únicamente las catorce problemáticas principales seleccionadas de forma arbitraria, tomando en consideración a nivel ambiental, técnico, económico y social.

1.5.2 Priorización de problemas

Ya que las literales representan cada uno de los problemas establecidos, estas facilitaron el sometimiento de cada problemática al análisis con la metodología de la matriz de pares, cuadro 4, se realizó la comparación de todas las problemáticas una contra otra, con el objetivo de analizar cada una de ellas y garantizando que todas las problemáticas fueron sometidas al respectivo análisis.

Los resultados obtenidos en el cuadro 4, se tabularon de forma ordenada para su mejor interpretación, cuadro 5, a este cuadro se le estableció el porcentaje relativo de priorización, esto quiere decir que a mayor porcentaje, mayor es la prioridad.

Cuadro 5. Tabla de tabulación de punteos

PROBLEMA.	OPCIÓN	PUNTEO	PORCENTAJE RELATIVO.
El recurso económico de algunas familias no es suficiente para subsidiar el pago de la recolección municipal. Según SESAN en promedio las familias viven con un dólar al día en estas áreas.	A	1	1.11
La información está dispersa y no se encuentra actualmente articulada con un solo enfoque.	B	5	5.55
Las problemáticas ambientales son catalogadas de urgencia moderada en el municipio.	C	5	5.55
Desinterés político.	D	0	0.00
El mantenimiento propuesto mediante el diseño de la planta no se aplicó a cabalidad.	E	8	8.88
El conocimiento técnico de la operación de la planta de tratamiento no se ha transmitido de manera efectiva al personal de la planta.	F	11	12.23
La inversión por parte de las autoridades es baja o nula.	G	3	3.33
La inversión por parte de las autoridades es baja.	H	3	3.33
La logística de recolección no es la más adecuada.	I	7	7.78

Continúa cuadro 5.

No conocen otras alternativas para aliviar el problema de disposición final.	K	8	8.88
No existió una transición de saberes entre gobiernos municipales.	L	4	4.44
No sé ha desarrollado un plan de reactivación de la planta de tratamiento.	M	12	13.34
Las Caracterizaciones de los desechos sólidos en el municipio son antiguas y no existe una comparación que facilite el desarrollo de los proyectos.	N	13	14.46
	TOTAL	90	100%

En la tabla de tabulación de datos se puede interpretar que según los resultados del análisis las problemáticas con mayor puntuación son: N, M, F y J de mayor a menor prioridad sucesivamente, estableciendo los criterios de selección, urgencia ambiental, social y económica.

Para alcanzar los objetivos planteados, se realizó un análisis individual de cada una de las cuatro problemáticas establecidas como de más alta prioridad, mediante el desarrollo de la metodología de análisis árbol de problemas, esto quiere decir que se realizaron cuatro árboles de problemas, uno por cada problemática planteada.

1.5.3 Árboles de problemas

Los árboles de problemas presentados en esta sección son el resultado del análisis de todos los resultados del diagnóstico, estas herramientas desglosadas en cuatro árboles de problemas son el reflejo de las principales causas y principales efectos de los problemas con más alta prioridad, que han sido detectados en el manejo de los desechos y residuos sólidos del casco urbano de la Municipalidad de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.

Se desarrolló el árbol de problemas correspondiente a la problemática (N), figura 3, Las Caracterizaciones de los desechos sólidos en el municipio son antiguas y no existe una comparación que facilite el desarrollo de los proyectos, cabe resaltar que esta problemática es la considerada de más alta prioridad ya que su porcentaje relativo es de 14.46 %.

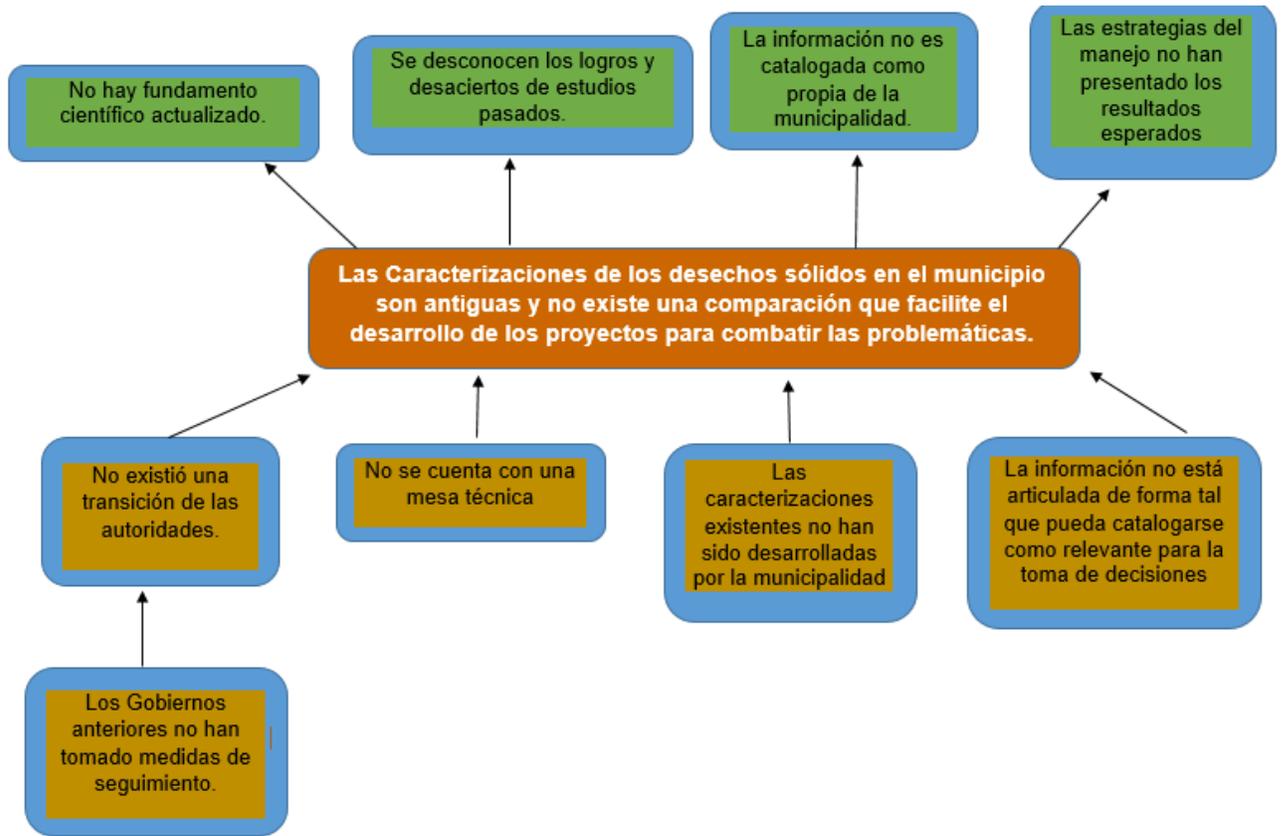


Figura 3. Árbol de problemas para la problemática N.

En la figura 3, se muestra un total de cinco causas principales las cuales reflejan cuatro efectos que desarrolla la problemática, con el mismo criterio de análisis se presenta la problemática (M), figura 4, denominada como: No sé ha desarrollado un plan de reactivación de la planta de tratamiento.



Figura 4. Árbol de problemas para la problemática M.

En la figura 4, puede analizarse las principales causas del problema (M) en este caso se determinaron un total de cuatro causas principales y cuatro efectos detectados, cabe resaltar que las causas son en su totalidad a deficiencias técnicas.

Como en los casos anteriores se desarrolló un árbol de problemas para la problemática (F) denominada como: El conocimiento técnico de la operación de la planta de tratamiento no se ha transmitido de manera efectiva al personal de la planta, esta problemática contó con una puntuación de 11 lo cual equivale a 12. 23 %, posicionándose como la problemática con el tercer grado de prioridad, figura 5.

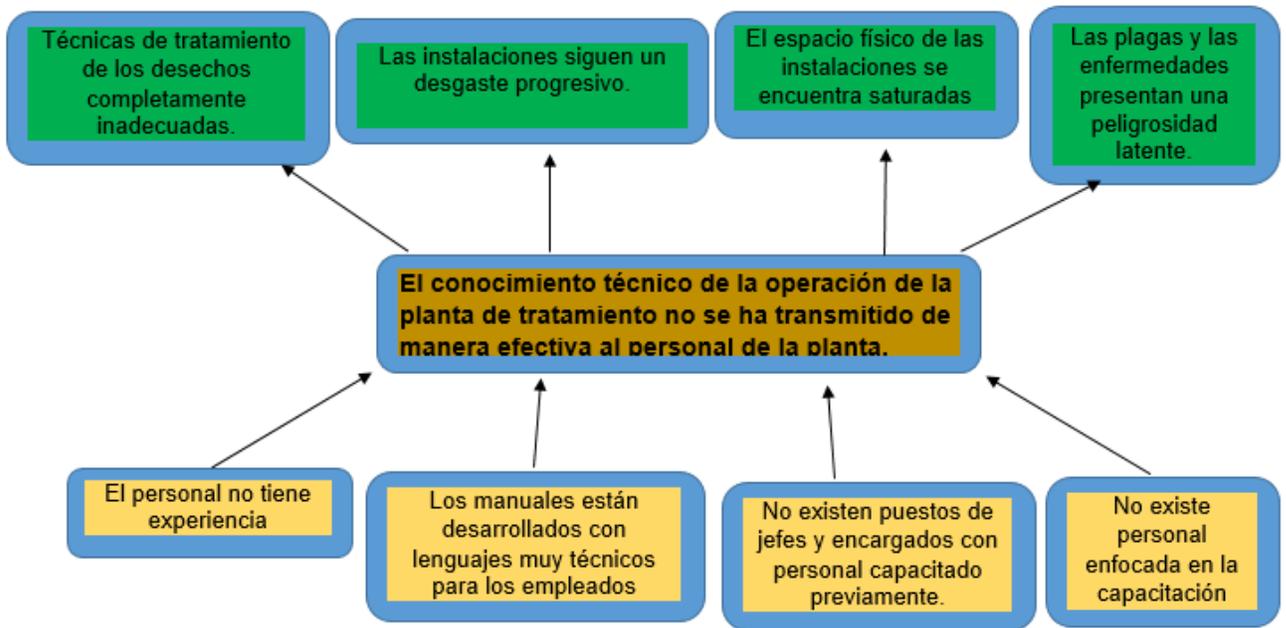


Figura 5. Árbol de problemas para la problemática (F).

De las cuatro problemáticas priorizadas el problema con menos puntaje es la problemática (J) denominada como: Los desechos y residuos no se separan desde el origen, con un total de 10 puntos y un porcentaje relativo de 11.12 %, figura 5.



Figura 6. Árbol de problemas para la problemática F.

1.6 CONCLUSIONES

1. Se determinó el procesos del manejo de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna de lo cual se concluye que el proceso presenta muchas deficiencias desde el punto político institucional, social y técnico científico.
2. Se identificaron 14 problemáticas que afectan directamente el manejo de residuos y desechos sólidos en el casco urbano de la Municipalidad de san Juan la laguna entre las problemáticas resaltan los de carácter técnico, político y social, siendo las de carácter técnico 8 problemáticas las cuales ocupan el 57.14 % de las problemáticas identificadas.
3. Según los resultados presentados en la lista de cotejo son catorce problemáticas y según los resultados de la matriz de tabulación de los datos podemos concluir que los cuatro problemas con mayor prioridad y los que se recomienda sean atendidos lo más pronto posible son: que La caracterizaciones de los desechos sólidos en el municipio son antiguas y no existe una comparación que facilite el desarrollo de los proyectos para combatir las problemáticas, No existe un plan de activación de la planta de tratamiento, el conocimiento técnico de la operación de la planta de tratamiento no se ha transmitido de manera efectiva al personal de la planta y que los desechos y residuos no se separan desde el origen. Los cuales acaparan un 51.15 % del total de las 14 problemáticas detectadas.
4. Se determinaron las principales causas y principales efectos de los cuatro problemas priorizados en la matriz de comparación de pares intentando que los resultados respondieran a las causas y efectos directos de los problemas.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que el problema identificado en este diagnóstico como de máxima prioridad sea sujeto a investigación, para plantear la mejor solución posible al problema.
2. Se recomienda que las problemáticas identificadas, sean abordadas lo más pronto posible, siguiendo las directrices de priorización.
3. Se recomienda que las autoridades municipales sometan a discusión las posibles alternativas para el tratamiento de todas las problemáticas planteadas.
4. Se recomienda evaluar detalladamente las causas planteadas para establecer la mejor forma de erradicación de los problemas.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Gutiérrez Vásquez, DA; Ixbalan Sosof, AM; Ruiz Zamora, LS; Aldi Orozco, MA. (2019) *Diagnóstico del municipio de San Juan la laguna, Sololá* [Informe EPS. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ejercicio de Profesional Supervisado Multidisciplinario (EPSUM)].
2. Hernández Díaz, JR. (2004) *Manejo de desechos sólidos en el municipio de Jocotán* [Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería] 76 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2489_C.pdf
3. INE (Instituto Nacional de Estadística, Guatemala). (2018) *XI censo poblacional y de vivienda* [Guatemala] <https://www.censopoblacion.gt/>
4. Ecoticias.com el periódico verde. (2016) *Innovador sistema mexicano para el manejo de residuos sólidos* [Artículo. Tarragota España]. <https://www.ecoticias.com/tecnologia-verde/171433/Innovador-sistema-mexicano-residuos-solidos>.
5. Ecoticias.com el periódico verde. (2017) *innovador sistema de tratamiento de los residuos alimentarios* [Artículo. Tarragota España]. <https://www.ecoticias.com/tecnologia-verde/138707/Innovador-sistema-de-tratamiento-de-los-residuos-alimentarios>
6. Muños García, B.R. (2017) *Módulo de herramientas de evaluación, aplicables en el diagnóstico de las instituciones educativas*. [Informe de EPS. Lic. Ped. Admin. Edu. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, C. A. Facultad de Humanidades]. 183 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_7471.pdf



7. OMP San Juan la Laguna. (2004) *Diagnóstico del municipio de San Juan La Laguna*. [Sololá, Guatemala: Municipalidad de San Juan la Laguna, Oficina Municipal de Planificación].
8. Secretaria de seguridad alimentaria y nutricional. (2017) *Diagnostico situación de SAN municipio de San Juan La Laguna Departamento de Sololá* [Informe. Guatemala, C. A]. 70 p. <http://www.siinsan.gob.gt/siinsan/wp-content/uploads/DIAGNOSTICO-DE-SITUACION-SAN-MUNICIPIO-SAN-JUAN-LA-LAGUNA.pdf>
9. Pico Pérez, KG. 2016. *Estudio descriptivo del sistema de manejo de residuos sólidos domiciliarios del casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, en el año 2015, Sololá, Guatemala, C.A* [Tesis Ing. Gest. Amb. Local. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía]. 142 p. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5955/1/Katherine%20Guadalupe%20Pico%20Perez%20-%20Estudio%20Desc.%20del%20sist.%20de%20manejo%20de%20los%20Res.%20Solidos%20domiciliar.pdf>
10. Sánchez Mogollón, L.R. (2005) *La planificación participativa como instrumento para el impulso del desarrollo rural, el caso de la microcuenca del río Yatzá San Juan La Laguna, Sololá* [Tesis Ing. Agrónomo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2184.pdf



1.9 ANEXOS

Cuadro 6A. Guía de entrevista No. 1

GUIA DE ENTREVISTA No. 1	
Fecha:	____ / ____ / ____
Nombre del entrevistado:	_____
Cargo:	_____
Objetivo.	Conocer el sistema del manejo de los residuos y desechos sólidos a nivel administrativo municipal o a nivel de grupo organizado.
1)	¿Conoce usted en su totalidad el manejo de desechos y residuos sólidos en el municipio?
	Sí____ No____
2)	¿Desde la perspectiva de su cargo considera usted que existe algún problema con el manejo de los desechos sólidos en el municipio?

3)	¿Expresar su opinión personal sobre este tema?

4)	¿Identifique que problemas ha podido detectar en estos temas?

5)	¿Cuáles podrían ser las causas y los efectos del problema?

Continúa cuadro 6A.

1) ¿Qué medidas ha tomado su institución al respecto?

2) ¿Las medidas tomadas han cumplido con lo que se requería?

3) ¿Qué problemas es el que demanda una pronta solución y por qué?

Cuadro 7A. Guía de entrevista No.2

GUIA DE ENTREVISTA No. 2
Fecha: ____ / ____ / ____
Cargo: _____
Objetivo. Conocer como es el sistema del manejo de los residuos y desechos sólidos a nivel administrativo municipal o a nivel de trabajadores del sistema de manejo.
1) ¿Describa cómo se manejan los desechos desde el tren de aseo hasta su disposición final?

2) ¿Considera que el manejo que se le da a los desechos y residuos es la adecuada? ¿Por qué?

Continua cuadro 7A.

1) ¿Según usted qué problemas existen en este sistema de manejo? ¿Por qué?

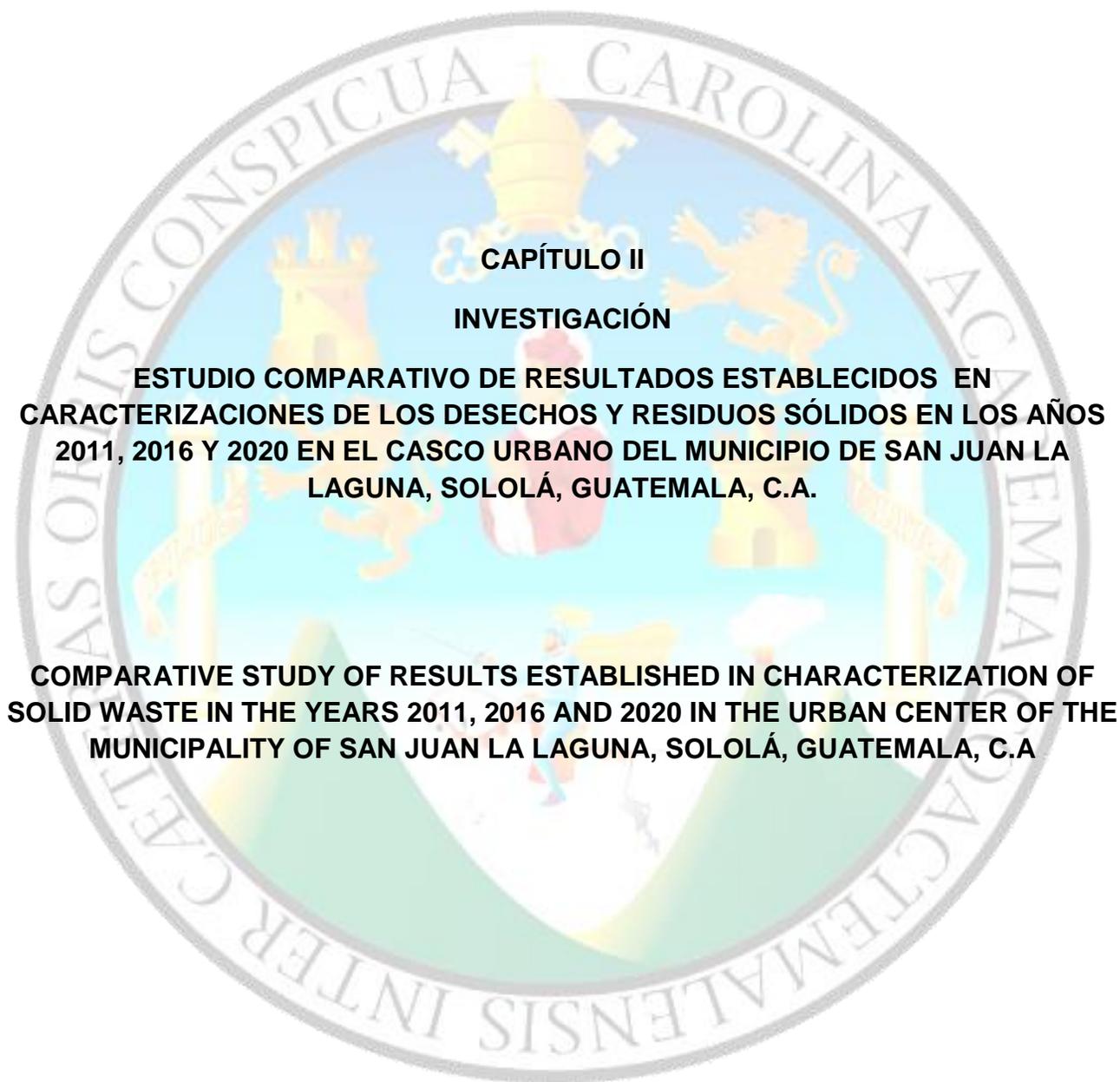
2) ¿a su criterio cual puede ser el causante del problema y que efecto presenta?

3) ¿Cuál considera usted que es el problema más importante y que demanda la más pronta solución?

4) ¿Está feliz con su trabajo. Que le gustaría que mejore?

5) ¿le gustaría capacitarse constantemente para realizar su trabajo?

6) ¿Cómo considera usted que se optimizaría todos los procesos del sistema de manejo de los desechos y residuos sólidos?



CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN

**ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS ESTABLECIDOS EN
CARACTERIZACIONES DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS AÑOS
2011, 2016 Y 2020 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA
LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

**COMPARATIVE STUDY OF RESULTS ESTABLISHED IN CHARACTERIZATION OF
SOLID WASTE IN THE YEARS 2011, 2016 AND 2020 IN THE URBAN CENTER OF THE
MUNICIPALITY OF SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A**

2.1. PRESENTACIÓN

La investigación científica es parte fundamental del desarrollo en cualquier territorio, en donde se desea avanzar con bases sólidas y acertadas contextualizando la realidad de los posibles fenómenos, en este presente documento está desarrollado el protocolo de la investigación de la caracterización de los residuos y desechos sólidos del año 2020 y el estudio comparativo entre los resultados obtenidos y los resultados establecidos en caracterizaciones de los desechos y residuos sólidos desarrollados en el perfil socio-ambiental de los desechos sólidos del departamento de Sololá y la caracterización de residuos y desechos sólidos de la Asociación Amigos del Lago de Atitlán, en los años 2011 y 2016 respectivamente, dentro del área urbana del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.

En la presente investigación se planteó el problema que representa la ausencia de una comparación del manejo cultural y técnico de los desechos y residuos sólidos en el tiempo, esto dio lugar a la formulación de una serie de cuatro preguntas de investigación. La cual está justificada por los compromisos municipales, nacionales e internacionales que rigen el país de los cuales se pueden mencionar el Plan Nacional de Desarrollo K'atun, Nuestra Guatemala 2032, la política general de gobierno 2020-2024 y el código municipal además de los beneficios establecidos en pro del desarrollo económico, social y ambiental en el territorio del municipio de San Juan La Laguna.

El estudio responde por objetivo general: comparar los resultados establecidos en caracterizaciones de los desechos y residuos sólidos del año 2011 al año 2020 en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, para poder generar información científica que aporte sólidas bases en la toma de decisiones y desarrollo de proyectos. Así mismo se establecieron 3 objetivos específicos con el fin de alcanzar la solución del problema planteado.

Para cumplir con todos los objetivos se fijó una metodología de desarrollo de caracterización de los residuos y desechos sólidos domiciliarios establecida por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en donde se determinan 4 métodos los cuales son: i) método de socialización de la información, ii) método de cálculo de tamaño de la muestra y selección de la muestra, iii) método de clasificación y recolección de las muestras y iv) método de análisis de las muestras y determinación de producción per cápita.

Así mismo se establece un método para el análisis de los resultados y de comparación a través de matrices en donde se comparan los datos obtenidos.

La investigación se desarrolló en la circunscripción territorial del municipio de San Juan La Laguna del departamento de Sololá, específicamente en el área urbana de esta localidad, durante un periodo de cuatro meses específicamente del mes de septiembre al mes de diciembre del año 2020.

Mediante los resultados obtenidos se pudo establecer la dinámica en cuanto al proceso de los desechos y residuos sólidos desde la fuente generadora hasta su disposición final. Se estableció que para el año 2020 un 45 % de todos los desechos y residuos son de composición orgánica y el 40 % pueden considerarse como reciclables entre estos productos sobresale la obtención del vidrio el cual representa el mayor peso dentro del estudio de caracterización. La producción per cápita (PPC) para el año 2020 se estableció como 0.51 kg/hab/día. Así mismo se demostró diferencias entre producción per cápita con respecto al año 2011, 2016 y 2020 los cuales reflejan un descenso de 0.03 kg/hab/día y 0.02 kg/hab/día respectivamente. El porcentaje de materia orgánica también se ha reducido del año 2011 al año 2020 en un 36.50 %.

El presente estudio evidencia una dinámica propia en el proceso de los desechos y residuos sólidos con datos de producción per cápita, composición física y densidades promedio bien definidas y comparadas con los datos de los años 2011 y 2016 se establecen demarcaciones en el comportamiento de los residuos y desechos sólidos como en la producción per cápita que muestra un descenso en los valores del año 2011 al 2020 y por el contrario se detecta un aumento en los valores de productos reciclables y no reciclables del año 2011 al año 2020.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Marco conceptual

A. Desechos sólidos

El desarrollo de la industria y la tecnología ha propiciado el cambio de nuestros hábitos de producción y consumo que ha tenido como consecuencia el incremento de desechos que a su vez se han convertido en un grave problema de contaminación. Estos desechos pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos, los cuales por su misma naturaleza contaminan el suelo, el agua y aire, causando problemas de salud de los seres vivos y todo su entorno (Say, 2011).

Vargas, citado por Say (2011), indica que, los desechos sólidos se definen como cualquier basura, desperdicio o material descartable, sólido o semisólido que una vez utilizado carece de valor para cualquier poseedor y se convierten en indeseables.

B. Residuos sólidos

Ruiz, citado por Cosogua (2018), define que los residuos sólidos son los restos de actividades humanas, considerados por sus generadores como inútiles, indeseables o desechables, pero pueden tener utilidad para otras personas.

Baldetti (2017), define por residuo sólido a todo material que se desecha después de haber realizado un trabajo o cumplido con su misión. Se trata, por lo tanto, de algo inservible que se convierte en basura y que, para el común de la gente, no tiene valor económico. No necesariamente son odoríficos o repugnantes, depende de su composición y su origen.

C. Sistema de manejo de residuos sólidos y desechos

Un sistema de manejo de residuos sólidos, tiene a cargo el manejo eficiente y sostenible, cumpliendo con todos los componentes que lo integran, el establecimiento o proceso de mejora debe cumplir con cada etapa y tratar los residuos sólidos siendo amigable con el ambiente y con los trabajadores en el sistema, la salud de las personas que se le brinda el servicio es tan importante como quien trabaja en el sistema de manejo de residuos sólidos.

Los componentes de este sistema según Pico (2016) son:

- Emisores: agricultores, comercios y viviendas.
- Autoridades: alcalde, juez municipal (si existe en el municipio), Unidad de Gestión Ambiental (UGAM).
- Normas: según la creación del municipio.
- Almacenamiento domiciliar.
- Transporte adecuado.
- Recolección selectiva: cuadrilla capacitada, pago de servicio.
- Lugar de disposición final: cuadrilla capacitada, lugar adecuado para residuos sólidos.
- Disposición final: relleno sanitario, planta de tratamiento.
- Tratamiento: aprovechamiento (materia orgánica, material reciclable), desechos inorgánicos.
- Contaminación.

El manejo hacia los desechos y residuos sólidos, desde lo más rudimentario como la quema o el vertido en sitios no adecuados hasta el manejo más sofisticado como por ejemplo el uso como combustible para generar energía. Ahora esto se convierte en un sistema cuando el manejo contempla procedimientos ordenados es decir, se rigen mediante una línea de acción.

Según MARN. (s.f.) un sistema de manejo es un conjunto de operaciones dirigidas a darle a los residuos y desechos sólidos el destino más adecuado de acuerdo a sus características, con la finalidad de prevenir daños o riesgos a la salud humana o al ambiente.

En los sistemas de manejo de residuos y desechos sólidos a nivel nacional una de las etapas que presenta más problemas es la de recolección esto según la comisión de desarrollo sostenible. ONU (2009), quien señala que, han existido avances importantes en la cobertura de recolección: en 1994, el 19.70 % de las viviendas a nivel nacional contaban con servicio de recolección de basura, ya fuera municipal o privado, mientras que en 2002 existió un crecimiento en términos relativos del 12 %.

Es importante destacar que estos adelantos se han localizado esencialmente en el área urbana; el porcentaje de recolección en estas áreas, a nivel nacional, se ha incrementado

de 46.70 % en 1994 a 58 % en el 2002. La cobertura de recolección en el área rural ha conseguido alcanzar el 5 % en el 2002 y el 6 % en el 2004. (ONU, 2009).

Por consiguiente la etapa que contempla la técnica de disposición final de residuos y desechos sólidos más utilizada a nivel nacional es el botadero a cielo abierto (alrededor del 66 %). El restante 29.50 % de los municipios disponen sus residuos y desechos en botaderos controlados (autorizados únicamente por las municipalidades).

D. Generación de desechos sólidos

De acuerdo con el Perfil Ambiental 2006, citado en ONU (2009). En el país de Guatemala diariamente se generan desechos sólidos por un monto de entre 6,000 T a 7,000 T de las cuales, el 54 % se producen en las zonas urbanas y el restante 46 % en las zonas rurales. Mientras que en el área rural únicamente se disponen anualmente 36,738.6 T lo que equivale al 5.20 % de lo generado, el volumen respectivo en las zonas urbanas, colectado en los botaderos municipales, se multiplica casi por 14, siendo de 500,874.49 T lo que representa casi el 60 % de lo generado en las urbes.

La generación de residuos y desechos sólidos domiciliarios en centros urbanos sitúa a los departamentos de Guatemala (47.30 %), Quetzaltenango (6.40 %) y Escuintla (4.80 %) como los más importantes. En el ámbito rural, la generación es relativamente mayor en los departamentos de Huehuetenango, Alta Verapaz, San Marcos y Guatemala, entre ellos generan más del 36 % del total producido en el área rural.

El volumen total de los desechos que no es recolectado es de aproximadamente 11,010,638 T anuales, siendo tal cantidad dispuesta en botaderos ilegales, quemada o enterrada. Esta cantidad representa el 65 % de los desechos domiciliarios generados en el país.

La generación de los desechos puede darse por medio de:

- Barrido de calles: que consiste en la recolección que se realiza en las calles a través de la municipalidad.
- Desechos domésticos: son los desechos descartados por establecimientos residenciales.
- Desechos de comercio e industria: son desechos descartados por operaciones industriales o derivados de procesos de fabricación. Se dividen entre los que se pueden reciclar rentablemente y los desechos sólidos que no tienen ventajas económicas.

- Otros desechos: que pueden ser desechos farmacéuticos y quirúrgicos provenientes de clínicas médicas y hospitales o cualquier otro tipo de desechos que no estén incluidos en los anteriores.

A nivel general, según MARN (2018), se estima que en Guatemala la generación per cápita de residuos y desechos sólidos comunes es de 0.52 kg por habitante al día; en donde la composición de los residuos sólidos valorizables se estima en 53 % de materia orgánica; 9 % plásticos (rígido y PET); 6 % papel y cartón; 2 % vidrio y 1 % latas.

E. Manejo de los desechos

El manejo de los desechos y residuos sólidos se da desde el descarte del material por no presentar un valor para el usuario, es decir que es un material indeseado dentro del área de interacción directa o indirecta de o de las personas, el manejo inicia desde la deposición del material no deseado hasta la disposición final del mismo, en general el manejo está compuesto por las siguientes actividades:

- Separación en el origen: que es la acción de agrupar determinados componentes o elementos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.
- Almacenamiento: el cual puede realizarse a través de depósitos, bolsas de plástico, barriles, contenedores, etc.
- Recolección: que puede ser a través de puntos de recolección ya sea domiciliar, puntos fijos, contenedores, etc. y la frecuencia con que esta se realiza.
- Transporte: que debe realizarse a través de vehículos recolectores de basura o traslado por medio de cualquier tipo de transporte para cada sitio de los municipios.
- Disposición final: es la última fase del manejo que corresponde a la deposición permanente del material que jamás va alcanzar una nueva funcionalidad.

Una parte fundamental del manejo de los residuos y desechos sólidos es su clasificación que en muchos casos no se da en el origen sino hasta que alcanza la fase de tratamiento técnica en la planta de tratamiento o en el sitio municipal destinado para estos manejos.

Según MARN (2018), el manejo fundamental e inicial se debe establecer como base la “clasificación primaria,” (orgánico e inorgánico); sin embargo, en otros casos podrá ampliarse a la “clasificación secundaria,” donde se utilice más de dos contenedores (papel y cartón, plástico, metal, vidrio o multicapas), lo que propicia una mejor calidad en la recuperación de los residuos.

F. Caracterización de residuos y desechos sólidos

La caracterización de residuos es un estudio por medio del cual se recolecta una muestra e identifica su fuente, características y cantidad de residuos generados. Esta muestra es representativa de hogares de la zona de estudio. La caracterización de los residuos permite planificar las acciones para el manejo de los residuos, así como encontrar las soluciones más apropiadas a los problemas que se presentan en las operaciones básicas de almacenamiento, recolección, transporte y disposición final, evitando el deterioro de la calidad ambiental y la salud de las personas. Flores, citado por (Cosogua, 2018).

G. Producción per cápita de residuos y desechos sólidos

La generación per cápita de desechos sólidos no es más que el promedio de la cantidad de basura que produce una persona, expresado en kilogramos por habitante por día (kg/habitante/día), de cada uno de los estratos socioeconómicos y por la fuente generadora.

Los datos obtenidos a partir del cálculo de este indicador sirven para determinar la maquinaria, el equipo y el personal necesario para satisfacer la demanda de recolección, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final de los desechos.

Este indicador por ser unitario, puede multiplicarse por la población para obtener la producción diaria, mensual o anual de desechos sólidos de esa localidad, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN, citado por (cosogua, 2018).

La producción per cápita es un cálculo que se realiza para determinar el ingreso o producción, en promedio, cada uno de los habitantes de un país; es decir, en promedio, cuánto es el ingreso que recibe una persona para subsistir o producción durante el tiempo. (MARN, 2018).

H. Método del cuarteo

Para efectuar este método de cuarteo, se toman las bolsas conteniendo los residuos sólidos, el contenido de dichas bolsas, se vacía formando un montículo sobre un área plana. El montículo de residuos sólidos se traspalea, hasta homogeneizarlos, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales A, B, C y D y se eliminan las partes opuestas A y C o B y D, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 kg de residuos sólidos con los cuales se debe hacer la clasificación. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN, citado por (Cosogua, 2018).

I. Análisis de riesgo

Varios autores han escrito sobre el tema de análisis de riesgo y la gestión del riesgo, entendemos como riesgo a la combinación de dos factores para que se cumpla este componente, por una parte la amenaza y por otra la vulnerabilidad, estos dos factores tienen que estar íntimamente ligadas para que se produzca un riesgo o varios y consecuentemente produzca un desastre.

De este modo entendemos a la amenaza como el peligro latente que representa la disponible manifestación dentro de un periodo de tiempo y en un territorio particular de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antropogénico, que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios y el ambiente. Es un factor de riesgo externo de un elemento o grupo de elementos expuestos, que se expresan como la probabilidad de que un evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido.

El otro factor es la vulnerabilidad que entendemos como el factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado, de ser susceptible a sufrir un daño, y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un fenómeno peligroso de origen natural o causado por el hombre se manifieste. Las diferencias de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determinan el carácter selectivo de la severidad de sus efectos.

Resultado de estas dos variables o factores conjugados obtenemos el riesgo que es la probabilidad que se presente un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un periodo de tiempo definido. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Como bien lo dice este concepto el riesgo es la probabilidad que se presente algunas consecuencias que pudieran desencadenar en un desastre.

El desastre podemos entender como la situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre, que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento de la comunidad; representada de forma diversa y diferenciada por: pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos así como daños severos en el ambiente, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender los afectados estableciendo umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida.

Para poder conocer el factor riesgo es necesario realizar diferentes pasos para el análisis de riesgo que en su forma más simple es el postulado de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y consecuencias en un área determinada.

Conociendo los componentes del riesgo podemos definir según Seguridad Minera (2017) que en materia de residuos y desechos sólidos existe dos tipos de riesgo: riesgos directos los cuales son ocasionados por el contacto directo con la basura, por ejemplo, al mezclar los residuos sólidos, a veces con excrementos de origen humano, de origen animal e incluso con sustancias peligrosas y riesgos indirectos, el riesgo indirecto más importante es el aumento de vectores que pueden transmitir enfermedades a toda la población. En los residuos sólidos los vectores (moscas, mosquitos, ratas, cucarachas) encuentran alimento y un ambiente para reproducción.

Esto quiere decir que la población vive bajo amenaza de su propia generación indiscriminada de residuos y desechos sólidos que según El Banco Mundial (BM) citado por DataExport (2019) cada guatemalteco genera un promedio de 0.47 kg de desechos sólidos diariamente. Si somos aproximadamente 17 millones, estamos produciendo 7 mil 990 T diarias de desechos sólidos, lo cual implica que anualmente producimos 2,916,350 T de basura que se acumula en los vertederos municipales autorizados (que en su mayoría no cuentan con infraestructura alguna), en basureros clandestinos y en cuerpos de agua. Esto demuestra que para el 2050 se espera que haya un incremento del 70 % de las cifras del año 2019 de desechos.

Entendiendo que la vulnerabilidad es la susceptibilidad a sufrir algún daño o la capacidad disminuida para hacer frente y resistir a los efectos de un peligro conjunto al aumento de la amenaza aumenta la vulnerabilidad de las personas y el ambiente a sufrir algún desastre.

La vulnerabilidad según IFRC (s.f.) la vulnerabilidad está asociada a la pobreza o aislamiento por falta de conocimiento, esto último puede asociarse a la escasa información o el conocimiento disperso del riesgo.

J. Socialización

Se denomina socialización o sociabilización al proceso a través del cual los seres humanos aprenden e interiorizan las normas y los valores de una determinada sociedad y cultura

específica. Este aprendizaje les permite obtener las capacidades necesarias para desempeñarse con éxito en la interacción social.

Socializar un proyecto es mucho más que darlo a conocer. Es compartir sus valores y generar una huella perdurable de lo que se desea transmitir (EPSUM, 2020).

K. Muestra

Es el subconjunto de una población, que manifiesta las mismas características de la población original de donde fue extraída. Los requisitos deseables de una buena muestra son: representatividad y confiabilidad.

Lo primero se consigue a través de la selección del tipo de muestreo adecuado, en tanto que la confiabilidad está referida al tamaño de la muestra (López, 2017).

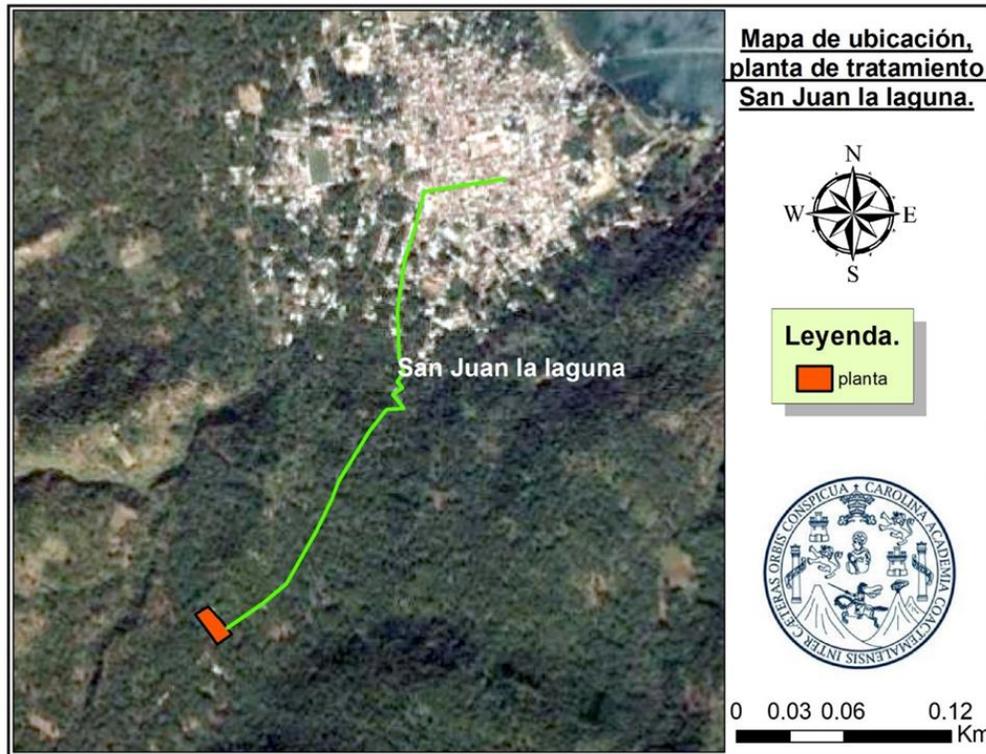
L. Estrato

Es una forma de representación estadística que muestra cómo se comporta una característica o variable en una población a través de hacer evidente el cambio de dicha variable en subpoblaciones o estratos en los que se ha dividido (López, 2017).

2.2.2. Marco referencial

M. Ubicación geográfica

La planta de tratamiento de este municipio se encuentra ubicada dentro de las coordenadas, latitud $14^{\circ}40'55.7''$ y longitud $91^{\circ}17'37.6''$ a una altitud de 1,746 m s.n.m. Se encuentra a 1.34 km del casco urbano (Pico, 2016). Como se presenta en la figura 7.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 7. Mapa de ubicación planta de tratamiento municipio San Juan La Laguna.

N. Demografía

El municipio de San Juan La Laguna cuenta con un pueblo este siendo la cabecera municipal y tres aldeas, estas siendo Palestina, Panyebar y Pasajquim.

El municipio cuenta con 12,162 habitantes entre ellos el 49.60 % lo representan los hombres y 50.40 % las mujeres. La población se divide por región urbano y rural en 66.20 % y 33.80 % sucesivamente (INE, 2018).

La densidad poblacional del municipio según Gutiérrez Vásquez y otros (2019) es de 365 habitantes por km² y la tasa de crecimiento poblacional es de 4.07 %.

O. Estudios previos

En el año 2011 la Asociación de Desarrollo Comunitario del Cantón Panabaj (ADCCAP) junto a África '70 desarrollaron una caracterización de los desechos sólidos para todos los municipios ubicados dentro del departamento de Sololá y para el caso del municipio de San Juan La Laguna se determina una producción per cápita de 0.56 kg/habitante/día.

En el año 2016 la Asociación Amigos del lago de Atitlán, determinó que para ese año la producción per cápita fue de 0.58 kg/habitante/día de desechos y residuos sólidos.

El manejo de los residuos y desechos sólidos en el municipio lo opera la empresa municipal de conformación mixta para la recolección y manejo de los desechos sólidos, estas operaciones son desarrolladas desde la recolección, transporte, hasta su tratamiento y disposición final.

Culturalmente se ha desarrollado una modalidad de entrega de los desechos y residuos sólidos al camión recolector que consiste en una dinámica de anuncio a través de megáfonos instalados en los camiones, los usuarios identifican el mensaje de llegada y salen a las principales vías de acceso donde entregan sus desechos y residuos, la cuota que los usuarios pagan por derecho de extracción de residuos y desechos es de un Quetzal (Q. 1.00) por costal mediano, este valor impuesto por la municipalidad desde hace más de 10 años atrás, según director general de la Dirección Municipal de Planificación (DMP).

En el municipio de San Juan La Laguna se desarrolló una cultura de separación de residuos y desechos sólidos en categorías de orgánico e inorgánico desde el domicilio de los usuarios, pero estas prácticas en la actualidad se han perdido en un 60 %, por ende el tren de aseo evidencia una recolección común sin ningún tratamiento adecuado.

Los usuarios muestran una simpatía por el uso del plástico descartable (desechable) a pesar de que existen municipios cercanos que manifiestan una cultura de reducción del uso del plástico de un solo uso, en el municipio de San Juan La Laguna este tipo de actividades no se practica ni a nivel social-cultural ni a nivel administrativo local.

En este municipio la población en general ha desarrollado apreciación por los residuos orgánicos ya que estos se utilizan para composta domiciliar que contribuyen a la fertilidad de jardines y terrenos de agricultura familiar.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivo general

Comparar los resultados establecidos en caracterizaciones de los desechos y residuos sólidos del año 2011, 2016 y 2020 desarrolladas en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá. Para generar información científica que aporte sólidas bases en la toma de decisiones y desarrollo de proyectos en beneficio de la gestión adecuada del ambiente.

2.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar las características y el proceso referentes a la producción per cápita, composición física y densidad promedio de los residuos y desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá en el año 2020.
2. Establecer diferencias de producción per cápita y de composición física de los desechos y residuos sólidos generados entre las caracterizaciones del año 2011, año 2016 y año 2020.
3. Determinar la tendencia del manejo de los desechos y residuos sólidos en las fuentes domiciliarias generadoras en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá.

2.4. HIPÓTESIS

Existe una tendencia a la mejora en el manejo cultural y técnico de los desechos y residuos sólidos, reflejados en el aumento de materia orgánica y disminución de materia inerte no reciclable, en los últimos nueve años, en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Caracterización, producción per cápita, composición física y densidad promedio de los residuos y desechos sólidos

P. Requerimientos

Los requerimientos están en función del tamaño de la muestra de la población. El periodo de la recolección de las muestras se realizó durante 8 días, cada uno de los domicilios entregó una muestra diaria, esto quiere decir que se realizaron 8 repeticiones.

Q. Recurso humano

Para el desarrollo de las actividades planteadas, según la metodología se necesitó de personal capacitado en los temas de manejo de residuos y desechos sólidos así como capacidad de tabulación de información, el equipo de trabajo se integró de la siguiente forma:

- **Tabuladores:** se contó con tres personas disponibles para los 8 días que duró el estudio. Ellos fueron los encargados de realizar las encuestas iniciales a los usuarios y la manipulación de los residuos durante todo el proceso.
- **Técnicos:** se contó con tres personas de apoyo disponibles para los 8 días que duró el estudio. Ellos fueron los encargados de la supervisión de las actividades y tabulación de los datos obtenidos en cada una de las mediciones.
- **Coordinador:** se contó con una persona familiarizada con la gestión de los desechos y residuos sólidos. Se encargó de supervisar todas las actividades del estudio previo, durante y después.

R. Materiales y equipo

A continuación se presentan los elementos mínimos necesarios para el desarrollo óptimo de las actividades desarrolladas en la metodología.

- Toneles con capacidad de 200 L.
- Palanganas de plástico.
- Palas curvas de construcción.
- Overoles de trabajo de lona.
- Guantes de látex.
- Guantes industriales.
- Escobas de limpieza.
- Mascarillas de protección.
- Cernidores de madera de 1 m x 1.5 m con tamiz de ½ in.
- Pesa de piso.
- Pesa sensible.
- 2 tableros tamaño carta y 2 tableros tamaño oficio.
- Marcadores permanentes de color azul.
- Estampas de marcaje.
- Bolsas de polietileno de 0.70 m x 0.50 m y calibre No. 200.
- Ligas de hule gruesas.
- Hojas de papel tamaño carta.

S. Instalaciones

Para poder llevar a cabo el estudio se requirió de un espacio físico cercano a los estratos identificados, techado y que cuente con ventilación (pero que no se produzcan ráfagas de viento que vuele los residuos); se requirió que fuera un piso liso (no de tierra para evitar mezcla o pérdida de residuos), que los camiones pudieran ingresar fácilmente.

El área seleccionada para realizar el presente estudio de caracterización fue las instalaciones de separación de residuos de la planta de tratamiento de desechos y residuos sólidos del municipio de San Juan La Laguna ubicada a 1.34 km del casco urbano.

T. Método de socialización de la información

a. Primera actividad: presentación de proyecto a realizar

En el municipio de San Juan La Laguna los representantes clave del casco urbano y con los que se compartió la información pertinente son:

- Autoridades municipales de más alta jerarquía siendo estos el consejo municipal y el señor alcalde municipal.
- Director(es) de los departamentos pertinentes a temas involucrados, en este caso se trabajó con el director de la División Municipal de Planificación (DMP).
- Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE), se realizó con el COCODE del área urbana de la cabecera municipal.
- Encargados y trabajadores municipales de la gestión de residuos y desechos sólidos. Se formuló una presentación tanto oral, escrita como audiovisual que englobó todos los detalles del proyecto de caracterización y cuáles serán los beneficios obtenidos del mismo.

U. Método de cálculo de tamaño de la muestra y selección de la muestra

Este método contempló el subconjunto representante del total de las viviendas con alto grado de confiabilidad en el casco urbano de San Juan La Laguna.

b. Segunda actividad: cálculo de la muestra

Para conocer el número de muestra (viviendas) se utilizó la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (MARN), en la guía para la elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes edición 2018, previo al cuadro 8.

Cuadro 8. Número de muestras para la determinación de producción per cápita –PPC-.

		Desviación estándar* de las muestras del estrato en cuestión (gr/hab/día)				
		50	100	150	200	250
No. Total de viviendas del estrato en cuestión	500	3.8	14.9	32.3	54.7	80.6
	1,000	3.8	15.1	33.4	57.9	87.6
	5,000	3.8	15.3	34.3	60.7	94.2
	10,000	3.8	15.3	34.5	61.1	95.1
	>10,000	3.8	15.4	34.6	61.4	95.9

Fuente: MARN 2018a.

Haciendo caso a las particularidades del municipio se definió como estrato mixto ya que es muy difícil poder establecer demarcaciones idóneas entre estratos alto, medio y bajo que propone la metodología.

Para el cálculo del número de la muestra del estrato mixto se conoció el número total de viviendas, calculado a través de la división del total de los habitantes del casco urbano dentro de la cantidad de personas por vivienda.

Con los datos obtenidos en el diagnóstico, se estableció que según el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) para el año 2018 en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna cuenta con 8,051 habitantes y un promedio de 5 personas por vivienda, entonces:

- $8,051 \text{ hab.} / 5 \text{ ppv.} = 1,610.20 \text{ viviendas.}$

La cantidad de viviendas calculadas según el método anterior son 1,610.20 viviendas y se puede establecer en el cuadro 8, el número de muestra, la cantidad de 1,000 viviendas.

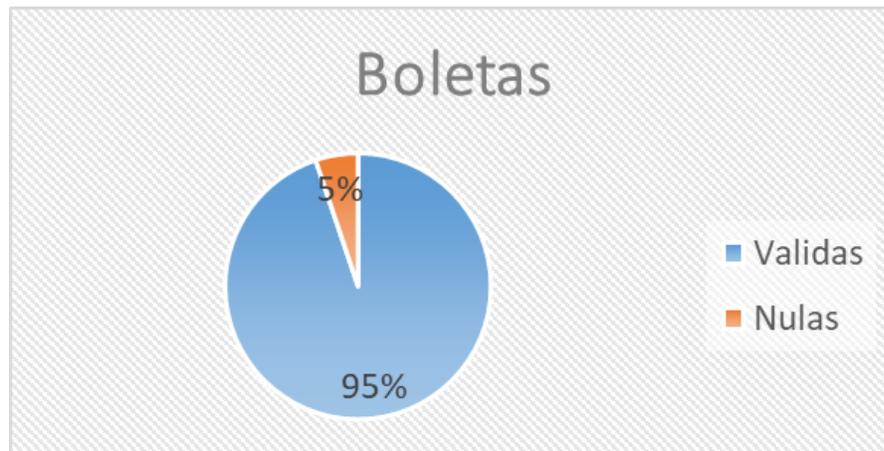
La desviación estándar de la muestra es equivalente a la producción per cápita (PPC) en gr/hab/día de un estudio anterior, en este caso se tomará la producción per cápita (PPC) equivalente de 0.535 gr/hab/día del estudio más reciente de la Asociación Amigos del Lago de Atitlán del año 2016.

Con los resultados obtenidos y el análisis del cuadro 8, del número de muestra, se pudo determinar que el número de muestras representativas y confiables es de 87.6 viviendas.

A este número de muestra se le sumó el 25 % ya que durante el proceso se puede presentar el retiro prematuro de algunas viviendas.

Entonces el número de muestras que se realizó en la caracterización de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá, para el año 2020 es de 110 viviendas.

En la figura 8 se muestra gráficamente el número de viviendas que participaron de forma satisfactoria en el estudio y el número de viviendas que por distintas razones quedaron fuera del estudio ya que no cumplieron a cabalidad las características solicitadas por la metodología, expresadas en boletas.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 8. Porcentaje de boletas participantes en el estudio de caracterización de desechos y residuos sólidos año 2020 casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá

Como se indica en la figura 8 un 5 % de las boletas que responde al número de 5 boletas fueron excluidas del estudio tomando el 95 % correspondiente al número de 105 boletas, como boletas aceptadas para ser sometidas al análisis.

c. Tercera actividad: selección de la muestra

Se realizó una selección de muestreo simple aleatorio, identificadas en un mapa del área, esto con el fin de que cada una tuviera la misma posibilidad de ser seleccionada.

Se informó al representante de cada vivienda sobre el proyecto en su totalidad como se manejará, cuáles son los objetivos y los beneficios de participar en el mismo, se procedió a

realizar una encuesta para recopilar información básica que ayudó a determinar datos puntuales como: ubicación de la vivienda, número de personas por familia, sistema de recolección de desechos y residuos, tipo de residuos y desechos especiales y demás datos. En el cuadro 17A, se presenta la boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos por domicilio.

A cada una de las viviendas se les indicó las instrucciones correspondientes que garantizaron el apoyo adecuado del estudio de caracterización.

- Se indicó la identificación de la vivienda.
- Se indicó la duración de ocho días seguidos que se desarrolló la actividad de recolección de los residuos y desechos sólidos.
- Se entregó cada día una bolsa negra donde se dispusieron los desechos y residuos sólidos exclusivos del domicilio.
- Se indicó que posteriormente a los ocho días de la actividad deberán seguir con el servicio de recolección normal.

V. Método de clasificación, recolección y manejo de la muestra

Este método contempló exclusivamente la forma de manipulación de las bolsas de muestreo selladas del origen hasta el lugar de análisis seleccionado.

d. Cuarta actividad: limpieza o descarte de muestras no representativas

La recolección inicial o la recolección del primer día se descartó por que se asumió que no es representativa debido que la población tiende a depositar dentro de las bolsas más desechos y residuos de lo habitual, por este motivo se realizó la disposición final de esta primera muestra directamente al relleno sanitario municipal.

En esta actividad así como en las actividades de acercamiento a la población se identificó adecuadamente al personal de apoyo en cada actividad.

e. Quinta actividad: recolección de muestras

Se anunció a través del megáfono del vehículo recolector el momento de la recolección de las muestras, esto redujo significativamente el tiempo de recolección.

Se identificó las bolsas según el número de vivienda con cinta adhesiva y un marcador permanente, con el objetivo de identificar la procedencia, continuidad de la vivienda y el peso de cada bolsa, registrado en la boleta presentada en el cuadro 17A.

Se realizaron etiquetas con el formato presentado en la figura 9 de forma alfanuméricas para identificar la procedencia del estudio.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 9. Identificación de viviendas por calcomanía.

f. Sexta actividad: manejo de la muestra hasta el sitio de análisis

La recolección de las muestras se realizó con los camiones recolectores de residuos pertenecientes a la municipalidad, estos camiones cuentan con toneles de plástico que se limpiaron para su utilización exclusiva de muestreo durante los 8 días que duró el estudio, el personal recibió las bolsas plásticas y se identificaron posterior a la identificación con el

cuidado del caso, se depositaron las muestras dentro de los camiones sin inducir presión, solo el depositar y no perturbar las bolsas de muestreo.

La ruta de recolección de las muestras se estableció según el mapa de muestreo con el fin de alcanzar la máxima eficiencia pero de manera que se respetara las normas de tránsito establecidas.

El camión recolector ingresó a la planta de tratamiento identificándose en el portón principal para que el personal se enterara que el descargue es exclusivo de las muestras del estudio. El descargue se realizó en el área de separación de la planta de tratamiento ya que este sitio presenta las características deseadas para el análisis de las muestras.

W. Método de análisis de las muestras y determinación de producción per cápita (PPC)

El método planteado facilitó la determinación de las características de los desechos y residuos sólidos así como la generación promedio por persona de los mismos.

g. Séptima actividad: análisis de la muestra

i. Medición del peso de la muestra

Se procedió desde el inicio de la recolección de las muestras a la tabulación de los datos en el cuadro 17A, que presenta la boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos por domicilio.

Se procedió al pesaje de las muestras en una pesa con su respectiva tara para la toma de los datos reales.

ii. Producción per cápita por día PPC

La PPC es la producción de residuos por persona en el lapso de un día, para obtener este dato se realizó el registro de las muestras diariamente, en el cuadro 17A, que presenta la boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos por domicilio, como resultado se analizó únicamente las viviendas que participaron durante todo el periodo determinado.

Se procedió a sumar el peso de todas las muestras de las viviendas y este se dividió por el número de habitantes que residen en las viviendas (personas), este dato de igual forma se

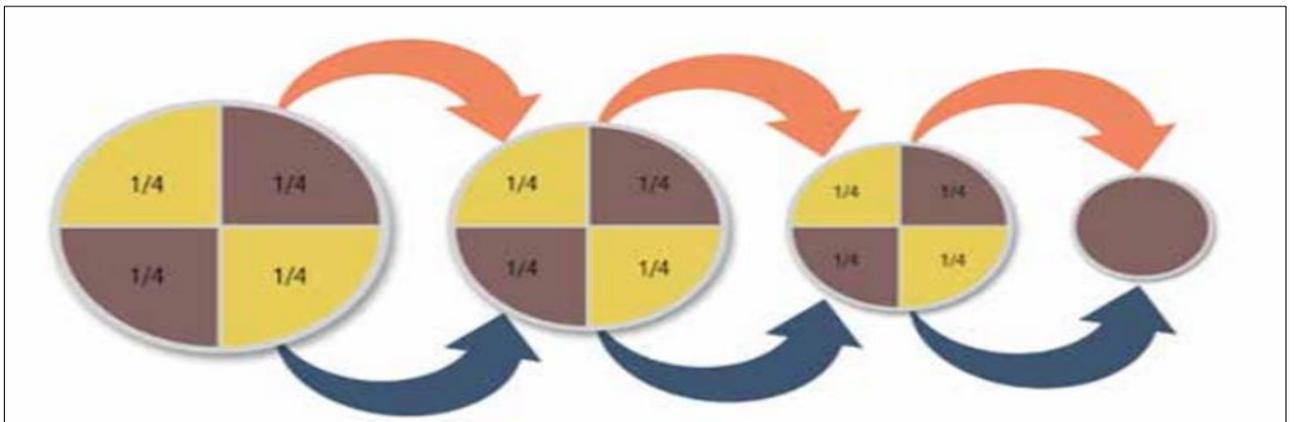
dividió por el número de días que fueron recolectadas las muestras, a continuación se presenta la ecuación matemática que representa todos los cálculos expuestos:

$$PPC = \frac{\text{Peso total de la muestra (libras o kilogramos)}}{\text{Número total de personas de la muestra}} * \frac{1}{x \text{ días}}$$

iii. Prueba de composición física

El procedimiento que se empleó para determinar la composición física de los desechos y residuos se presentan gráficamente en la figura 10 y se describen de la siguiente forma:

- Se sacó todo el contenido de las bolsas y se esparció en el área determinada para mezclar con la ayuda de palas.
- Después de mezclado se procedió a dividir en cuatro partes lo más equitativo posible.
- Se seleccionaron dos cuartetos opuestos y se descartaron los otros dos, con el objetivo de reducir la muestra.
- Se volvieron a mezclar los residuos y se volvieron a seleccionar dos cuartetos opuestos.



Fuente: MARN 2018

Figura 10. Método de cuarteto de residuos sólidos para la reducción del tamaño de muestras.

- Se repitió el procedimiento del cuarteto hasta obtener una muestra de aproximadamente de 100 L.
- Al contar con la muestra adecuada se procedió a clasificar según el tipo de residuo, esta clasificación se presenta en el cuadro 18A, que representa la boleta de campo para la prueba de composición física.
- Orgánico: considerando que es catalogado como residuo orgánico todos los elementos de residuos biológicos que poseen la capacidad de desintegrarse a corto plazo y sin necesidad de agentes químicos.
- Plástico: todos los elementos de origen plástico.
- Vidrio: en este caso se clasifican todo tipo de vidrio reciclable, así como no reciclable, vidrio soplado y vidrio industrial, debe cuidarse el no confundir con porcelana.
- Material ferroso: son residuos originados del mineral del hierro y son derivados del uso del acero.
- Material no ferroso: son materiales que no se oxidan, principalmente son aleaciones de aluminio.
- Varios: porcelanas, etc.
- Desechos sanitarios: desechos que por su composición y uso son descartados directamente al relleno sanitario, papel higiénico, toallas sanitarias, preservativos, etc.
- Peligrosos: materiales que por su composición representan un peligro directo a la salud humana y ambiental como baterías alcalinas, automotrices, productos radiactivos etc.
- Especiales: aerosoles, aceites, lubricantes, etc.
- Se procedió a pesar individualmente los residuos ya clasificados.
- Se calculó el porcentaje de cada tipo de residuo individual respecto al total de la muestra de cuarteto, este cálculo es diario, al finalizar los días de estudio se procedió a calcular un promedio entre resultados para obtener una muestra representativa.

iv. Prueba de densidad de los residuos sólidos

Esta prueba se realizó durante la realización del primer cuarteto, este cálculo permitió saber el peso de los residuos que caben dentro de un metro cúbico en el cuadro 19A, que presenta la boleta de campo para la determinación de la densidad de los residuos sólidos, se tabularon los datos para la realización del siguiente procedimiento:

- Se determinó el volumen del tonel utilizado de la siguiente manera:

$$Densidad = \frac{\text{Peso de los residuos en un tonel (lb)}}{\text{volumen del tonel (m}^3\text{)}}$$

- Se llenó hasta cubrir la capacidad total del tonel golpeando 3 veces el tonel sobre el piso sin ejercer presión en el interior.
- Se subió el tonel a la pesa y se anotó el peso registrado.

2.5.2. Diferencias de producción per cápita y composición física de los desechos y residuos sólidos

X. Método de síntesis de los resultados

La información obtenida de la realización de las actividades anteriores por diferentes motivos se tendrá la percepción de algunos datos dispersos por tal motivo este método buscará organizar y relacionar la información a modo de resumen fundamental que facilite su comprensión y comparación con posteriores resultados.

h. Octava actividad: tabulación general de los resultados obtenidos

Es necesario filtrar la información obtenida del estudio de caracterización con el fin de considerar únicamente la información que nos permita establecer diferencias y similitudes con las caracterizaciones seleccionadas del año 2011, 2016 y del año 2020.

Las variables que se compararon se establecen en el cuadro 9, que presenta la tabulación de resultados comparables de caracterización año 2020.

Cuadro 9. Tabulación de resultados comparables año 2020.

	Municipalidad de San Juan La Laguna, Sololá.
Datos	Caracterización de los desechos y residuos sólidos, EPS, FAUSAC año 2020
Población (habitantes)	
Usuarios (casas)	
Promedio de habitantes por vivienda	
Total de desechos generados a la semana (kg)	
Producción per cápita (PPC) kg/hab/día	
Orgánico (%)	
Reciclable (%)	
No reciclable (%)	
Plástico (kg)	
Vidrio (kg)	
Metal (kg)	
Papel y cartón (kg)	
Desechos (kg/día)	
Desechos (kg/mes)	

Fuente: elaboración propia, 2020.

2.5.3. Método de comparación y análisis entre caracterizaciones

Con la realización de este método se buscó examinar los resultados establecidos en tres caracterizaciones distintas en tres años diferentes para establecer sus relaciones, diferencias y semejanzas, en la presente investigación se ha seleccionado la

caracterización de los desechos y residuos sólidos del municipio de San Juan La Laguna, presente en el perfil socio-ambiental de los desechos sólidos del departamento de Sololá, Guatemala año 2011. La metodología establecida en el estudio mencionado es bastante similar a la metodología aceptada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) esto quiere decir que presenta bases suficientes para ser considerada de alta relevancia, así mismo cumple con la característica de antigüedad que se requiere en esta investigación.

La segunda investigación seleccionada es el Informe de cuantificación, caracterización de residuos y desechos sólidos, área urbana municipio de San Juan La Laguna, departamento de Sololá 2016. Esta caracterización cumple con los requisitos deseados y es una herramienta que ha sido utilizada por otras entidades con fines relacionados al manejo de los desechos y residuos sólidos además que el estudio cuenta con bases meramente científicas que garantizan la confiabilidad de sus resultados.

El método establece en los cuadros 10 Y 11 el sometimiento de los resultados de las dos caracterizaciones descritas con los resultados de la caracterización a desarrollar en esta presente investigación.

Cuadro 10. Matriz de comparación de datos de muestreo, caracterizaciones año 2011, 2016 y 2020.

Datos de muestreos.			
Datos	Casco urbano, municipalidad de San Juan La Laguna, Sololá.		
	Perfil socio ambiental de los desechos sólidos del departamento de Sololá año 2011	Cuantificación y caracterización de residuos y desechos sólidos, Asociación Amigos del Lago año 2016	Caracterización de los desechos y residuos sólidos, EPS, FAUSAC año 2020
Población (habitantes)			
Usuarios (casas)			
Promedio de habitantes por vivienda			

Continúa cuadro 10.

Total de desechos Generados a la semana (kg)			
--	--	--	--

Fuente: elaboración propia, 2020.

Cuadro 11. Matriz de comparación de datos de composición física de los desechos y residuos sólidos, caracterizaciones año 2011, 2016 y 2020.

Composición física			
	Casco urbano, municipalidad de San Juan La Laguna, Sololá.		
Datos	Perfil socio ambiental de los desechos sólidos del departamento de Sololá año 2011	Cuantificación y caracterización de residuos y desechos sólidos, Asociación Amigos del Lago año 2016	Caracterización de los desechos y residuos sólidos, EPS, FAUSAC año 2020
Producción per cápita (PPC) kg/hab/día			
Tipo de desecho (%)			
Orgánico			
Reciclable			
No reciclable			
Tipo de desechos reciclable (kg)			
Plástico			
Vidrio			
Metal			
Papel y cartón			
Proyección de los desechos (kg)			
Desechos (día)			
Desechos (semana)			
Desechos (mes)			

Fuente: elaboración propia, 2020.

2.5.4. Tendencia del manejo de los desechos y residuos sólidos en las fuentes domiciliarias generadoras

En el desarrollo de las actividades de caracterización se incluyó el espacio para recolectar la información requerida.

La información para determinar la tendencia de la fuente se obtuvo mediante la interacción con los representantes domiciliarios quienes proporcionaron la información requerida en el cuadro 17A, en la boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos, para su posterior análisis estadístico.

2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1. Proceso y características de los residuos y desechos sólidos en el casco urbano

Con base en la información obtenida durante el desarrollo de todas las actividades planteadas se pudo determinar a nivel general que en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna del departamento de Sololá existe una dinámica propia para el manejo de los desechos y residuos sólidos domiciliarios, esta dinámica se muestra en la figura 11 presentada a continuación:

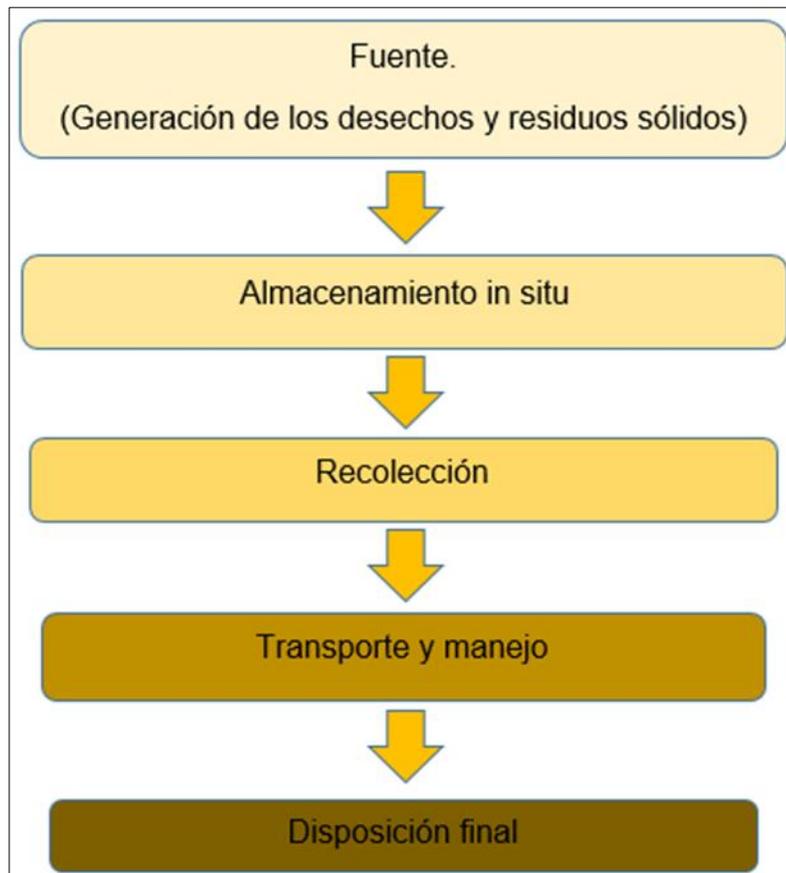


Figura 11. Dinámica de los residuos y desechos sólidos dentro del casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

Y. Recolección

La recolección de los desechos y residuos sólidos se realizan mediante la empresa municipal de conformación mixta para la recolección, tratamiento y disposición de residuos sólidos, San Juan La Laguna, Sololá.

La recolección se emplea mediante el método de anuncio y llegada, esto quiere decir que los camiones recolectores mediante parlantes instalados en los mismos dan aviso sobre la recolección en las principales avenidas del casco urbano y los usuarios son los encargados de llegar hasta la unidad móvil donde se verifica la cantidad de residuos y desechos sólidos que se pretende entregar al camión recolector, tomando en cuenta que el precio del retiro de los desechos y residuos sólidos es de un Quetzal (Q. 1.00) por saco mediano.

Las operaciones de recolección se desarrollan durante cinco días seguidos los cuales son de lunes a viernes en horarios de 6 am a horario no definido ya que depende de la dinámica del comportamiento de la recolección durante la ruta, en el cuadro 12 presentado a continuación se detallan las características propias de la recolección de los desechos y residuos sólidos.

Cuadro 12. Detalles del servicio de recolección de residuos y desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

Días de recolección.	(Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes)
Días de recolección por tipo.	<ul style="list-style-type: none"> • Lunes: orgánico. • Martes: reciclable. • Miércoles: no reciclable. • Jueves: orgánico. • Viernes: instituciones.
Unidades de recolección de desechos y residuos sólidos.	<ul style="list-style-type: none"> • Camión marca HINO de 4.5 T. • Camión marca KIA de 1 T.

Durante el desarrollo de la recolección y transporte no se realiza ningún tipo de pseudo tratamiento ya que todas las segregaciones se desarrollan en la planta de tratamiento de

los desechos y residuos sólidos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá, de forma manual como se presenta en la figura 12.



Figura 12. Situación del año 2020 de la recolección de residuos y desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

Z. Tratamiento

En la actualidad (año 2020) la planta de tratamiento no opera adecuadamente ya que ocurrió un colapso prematuro de las instalaciones por una mala operación y administración de la misma, la planta en su diseño original contaba con área de parqueos, garita, guardianía, área de descarga de los desechos y residuos sólidos, área de separación por composición física, aboneras de forma escalar por volteo, zonas de almacenamiento de residuos y zona de retiro de desechos así como de retiro de residuos con fines comerciales, en la figura 13 puede observarse las condiciones que presentaba la planta.



Figura 13. Situación del año 2020 de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

El tratamiento de los desechos y residuos sólidos en el año 2020 se realiza de manera desordenada teniendo como resultado pérdida de materiales reciclables así como material orgánico que pueden ser aprovechado, actualmente los productos con mercado y que son comercializados son: chatarra, botellas PET (tereftalato de polietileno), botellas de vidrio, botes de plástico blanco y abono orgánico, los cuales pueden observarse en la figura 14.



Figura 14. Productos comerciales de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del municipio de San Juan la Laguna, Sololá.

AA. Disposición final

La disposición final de lo recolectado posterior a la separación final se hace dentro de la misma planta de tratamiento específicamente en el área de la ruta de retiro de los desechos y los residuos con fines comerciales ya que a pesar que se cuenta con un relleno sanitario municipal como parte de la ampliación de la infraestructura para el tratamiento de los residuos y desechos sólidos, este mismo no se utiliza ya que actualmente se encuentra inactivo por motivos de falta de conocimiento operativo dentro de las instalaciones del relleno sanitario, así como falta de elementos fundamentales de drenaje del relleno, este sitio especializado para la disposición final de los desechos está ubicado aproximadamente a 100 m de las instalaciones de la planta de tratamiento, la ubicación exacta de la planta de tratamiento y el relleno sanitario pueden observarse en la figura 15.

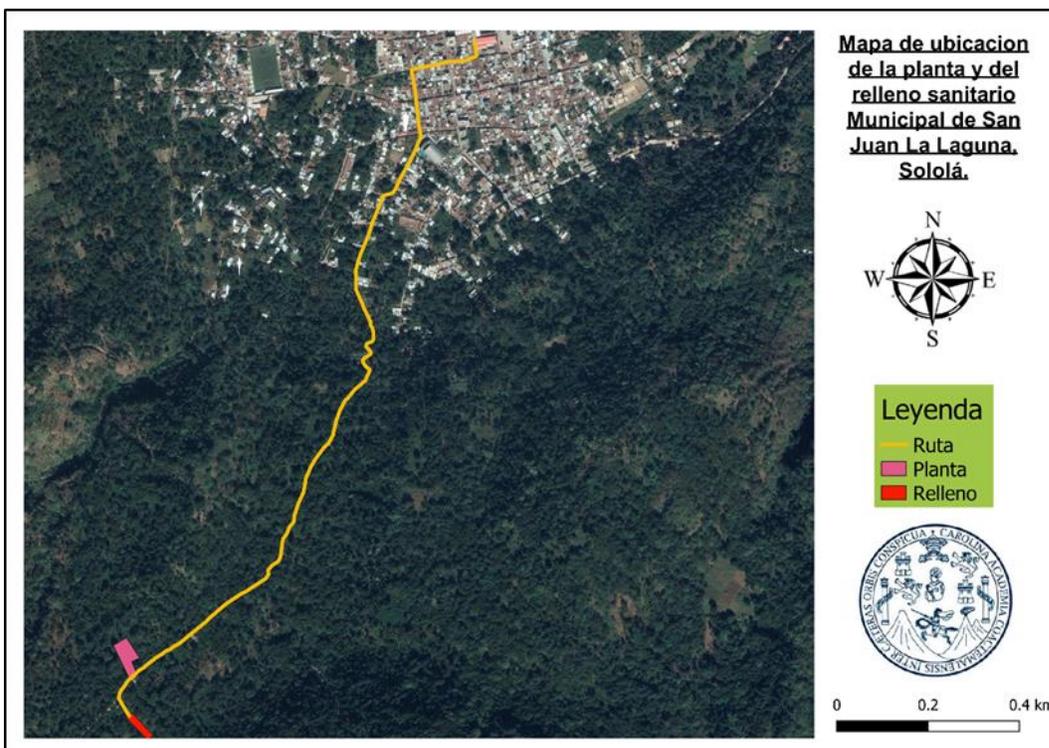


Figura 15. Ubicación del relleno sanitario municipal y la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

2.6.2. Resultados cuantitativos y cualitativos de la caracterización de los residuos y desechos sólidos del casco urbano año 2020

En esta sección se muestran los resultados obtenidos durante los siete días que se desarrollaron las actividades de levantamiento de información con la cantidad calculada de 110 muestras (viviendas) participantes en el estudio.

En el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna durante los siete días que duraron las actividades de pesaje de las muestras se pudo determinar la cantidad diaria producida de desechos y residuos sólidos los cuales se presentan en la figura 16.

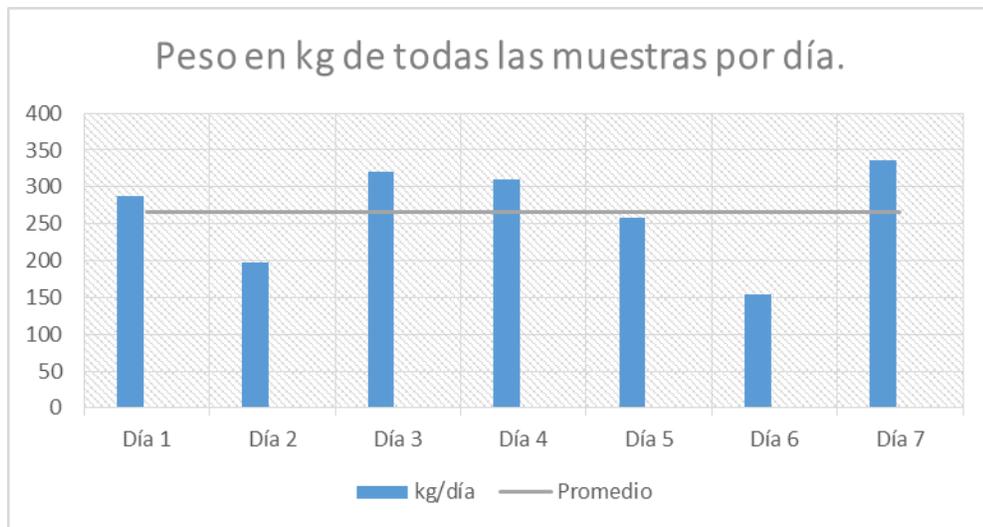


Figura 16. Peso acumulado de las muestras por día.

En la figura 16 se establece la dinámica de la producción de los desechos y residuos sólidos con respecto a la cantidad de 105 muestras válidas para el estudio, presentando las producciones más bajas con respecto a la media general los días 2, 5 y 6 con un valor de 196.9 kg/día, 257.6 kg/día y 153.74 kg/día sucesivamente, y las producciones más alta corresponde a los días 1, 3, 4 y 7 con valores de 286.98 kg/día, 320.93 kg/día, 310 kg/día y 336 kg/día con respecto a la media general con valor de 266.02 kg/día.

Se puede observar que existe un nivel máximo de producción un día y el siguiente se observa un descenso, puede analizarse que cada dos días la fuente produce desechos y residuos a su capacidad más alta, esto puede atribuirse a que en algunas viviendas tienden

a acumular los desechos y residuos sólidos hasta el momento de llenar el recipiente de almacenamiento que en la mayoría de los casos se utiliza el costal de proporción mediana.

También puede establecerse que en el casco urbano del municipio en estudio todos los días se generan no menos de 153.74 kg de desechos y residuos sólidos, la clasificación de los desechos y residuos sólidos según su composición física se determinó por el método de los cuartetos obteniendo los siguientes resultados presentados en la figura 17.

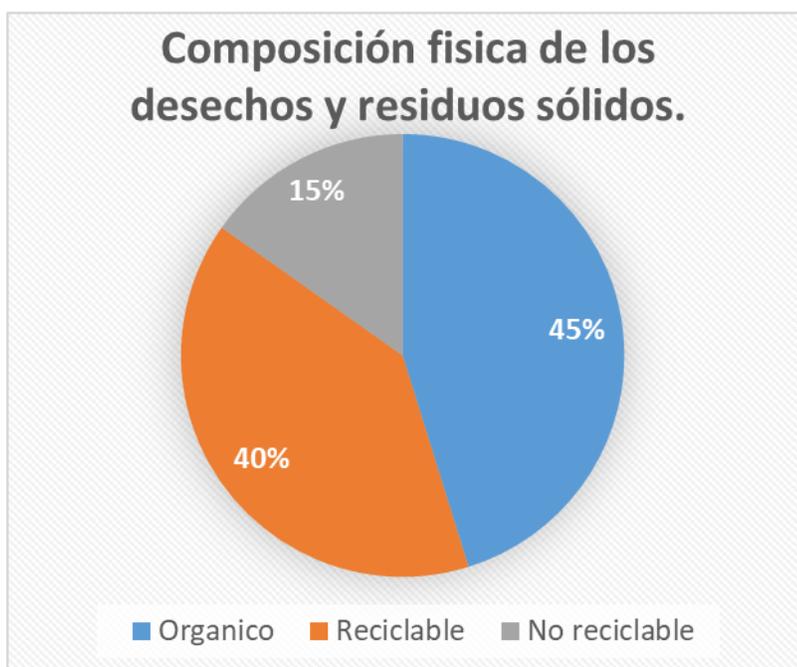


Figura 17. Composición física en porcentajes de los desechos y residuos sólidos.

Se puede observar en la figura 17 que la producción de la materia orgánica es inferior en un 20 % a la suma de la producción de materiales reciclables y no reciclables, pero a pesar de ello aún la materia orgánica sigue siendo una buena cantidad de la producción total de todos los desechos y residuos, cabe resaltar que únicamente el 15 % del total corresponde a desechos que por sus características son elementos que deberían ser dirigidos al relleno sanitario para su disposición final.

De los desechos y residuos sólidos se conoce que el material orgánico puede ser manejado en su totalidad para la producción de abono en este caso el 45 % y el 15 % como desecho descartable, pero el 40 % contempla cualidades de valor y utilidad es decir que es de suma importancia conocer la conformación del porcentaje de los residuos reciclables, en la figura

18 se presenta los cuatro tipos de materiales reciclables detectados en el presente estudio y se establece su peso en kilogramos.

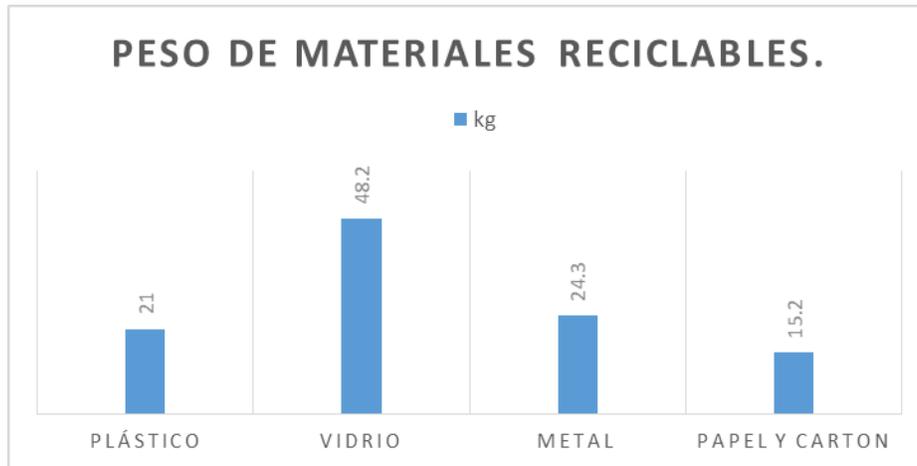


Figura 18. Peso acumulado de los materiales reciclables durante los 7 días.

El 40 % es equivalente a 21 kg de plástico, 48.2 kg de vidrio, 24.3 kg de metal y 15.2 kg papel y cartón del 100 % equivalente a la generación promedio de 266 kg/día. Se puede observar que el material con mayor peso es el vidrio el cual representa la mayoría del material reciclable según el presente estudio.

Con los datos obtenidos durante el muestreo se puede establecer cuál es la producción en kilogramos de los residuos y desechos sólidos por habitante por día, es decir la producción per cápita de desechos y residuos, para el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá. En la figura 19 se muestra la dinámica diaria de la producción per cápita de los desechos y residuos sólidos.

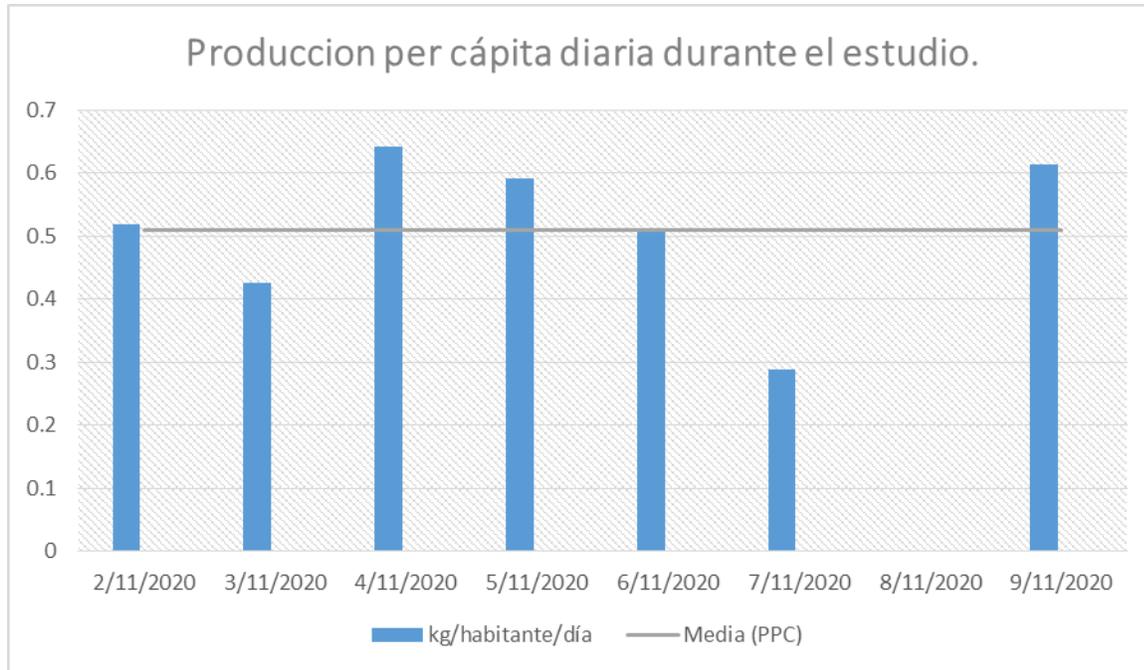


Figura 19. Producción per cápita durante los 7 días de estudio.

Considerando la cantidad de 550 habitantes muestreados en 110 casas durante 6 días consecutivos de lunes a viernes y un último muestreo correspondiente al séptimo muestreo el siguiente lunes, la producción per cápita promedio corresponde a 0.51 kg/habitante/día, según los datos reflejados en la figura 19 el comportamiento es bastante estable y similar a la gráfica presentada en la figura 16. Peso acumulado de las muestras por día, esta similitud demuestra que a menor producción per cápita menor es la producción acumulada, sin embargo se recomienda que la municipalidad continúe con muestreos periódicos para enriquecer estos resultados.

La densidad de los desechos y residuos sólidos se obtuvo mediante el desarrollo de las actividades durante los siete días que se desarrolló el estudio esto corresponde al resultado promedio obtenido, el cual se presenta en el cuadro 13.

Cuadro 13. Densidad promedio de los desechos y residuos sólidos año 2020.

Densidad promedio de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.	122.72 kg/m ³
--	--------------------------

En el cuadro 13 se presenta la densidad promedio de los desechos y residuos sólidos en el año 2020, este dato puede ser comparado con la densidad promedio del año 2011 según el estudio del perfil socio ambiental de los desechos sólidos del departamento de Sololá, para el casco urbano de San Juan La Laguna equivale a 250 kg/m³, en este caso se ve reflejado un descenso en la densidad promedio equivalente a 127.28 kg/m³ en los últimos 9 años, esto representa una disminución de 6.11 T/anales para el año 2020.

2.6.3. Comparación de producción per cápita y composición física entre caracterización años 2011, 2016 y año 2020

El presente estudio somete a comparación los resultados obtenidos y establecidos en las tres caracterizaciones mencionadas y para ello se presenta de manera general los datos obtenidos en la caracterización del año 2020 en el cuadro 14.

Cuadro 14. Resultados de caracterización año 2020.

Datos	Municipalidad de San Juan La Laguna, Sololá.
	Caracterización de los desechos y residuos sólidos, EPS, FAUSAC año 2020
Población (habitantes)	550
Usuarios (casas)	110
Promedio de habitantes por vivienda	5

Continúa cuadro 14.

Total de desechos generados a la semana (kg)	2,277.74
Producción per cápita (PPC) kg/hab/día	0.51
Orgánico (%)	45.2
Reciclable (%)	39.69
No reciclable (%)	15.2
Plástico (kg)	21
Vidrio (kg)	48.2
Metal (kg)	24.3
Papel y cartón (kg)	15.2
Desechos (kg/día)	325.39
Desechos (kg/mes)	9,110.92

En el cuadro 14 se establece 325.39 kg por día de desechos los cuales equivalen a 2,277.74 kg de desechos generados a la semana y una cantidad total proyectada de 9,110.92 kg al mes, puede establecerse que el consumismo de los usuarios del área en estudio presentan una generación de residuos y desechos sólidos presentes en las áreas rurales esto quiere decir que no se encuentra producción de residuos y desechos que alteran de forma significativa la dinámica de producción, esto puede atribuirse a que en el municipio no existen zonas industriales, explotación de recursos de manera intensiva o actividades que generen aumentos considerables y frecuentes en los desechos y residuos sólidos.

Para conocer las condiciones mediante las cuales se desarrollaron los tres estudios de caracterización se presentan los datos utilizados para los cálculos de producción per cápita y de composición física según cada año, en el cuadro 15.

Cuadro 15. Datos de muestreo de los tres estudios analizados.

Datos de muestreos.			
Datos	Casco urbano, municipalidad de San Juan La Laguna, Sololá.		
	Perfil socio ambiental de los desechos sólidos del departamento de Sololá año 2011	Cuantificación y caracterización de residuos y desechos sólidos, Asociación Amigos del Lago año 2016	Caracterización de los desechos y residuos sólidos, EPS, FAUSAC año 2020
Población (habitantes)	540	525	550
Usuarios (casas)	108	105	110
Promedio de habitantes por vivienda	5	5	5

En el cuadro 15 se analiza que las tres caracterizaciones de residuos y desechos sólidos se desarrollaron en condiciones muy similares tanto en habitantes como en número de casas.

Para desarrollar el presente estudio se realizó una clasificación de información la cual pudiese ser sometida al análisis, para ello se presenta el cuadro 16, el cual ordena la información obtenida.

Cuadro 16. Resultados de comparación de datos de composición física de los desechos y residuos sólidos, caracterizaciones años 2011, 2016 y 2020.

Composición física			
Datos	Casco urbano, municipalidad de San Juan La Laguna, Sololá.		
	Perfil socio ambiental de los desechos sólidos del departamento de Sololá año 2011	Cuantificación y caracterización de residuos y desechos sólidos, Asociación Amigos del Lago año 2016	Caracterización de los desechos y residuos sólidos, EPS, FAUSAC año 2020
Producción per cápita (PPC) kg/hab/día	0.56	0.53	0.51
Tipo de desecho (%)			
Orgánico	82.00	46.60	45.2
Reciclable	4.50	2.50	39.60
No reciclable	13.50	50.80	15.2
Tipo de desechos reciclable (kg)			
Plástico	0.6	21.31	21
Vidrio	----	8.16	48.2
Metal	1.2	5.44	24.3
Papel y cartón	----	4.58	15.2
Proyección de los desechos (kg)			
Desechos (día)	3,101.28	3,327.48	4,106.01
Desechos (semana)	21,708.96	23,292.36	28,742.07
Desechos (mes)	86,835.84	93,169.44	114,968.28

Según los resultados obtenidos se puede analizar que según la producción per cápita correspondiente a cada año ha existido una disminución de 0.05 kg/habitante/día en la producción de desechos y residuos sólidos del año 2011 al año 2020, esto quiere decir que el comportamiento de los desechos y residuos sólidos ha cambiado paulatinamente, en la

figura 20 puede observarse la dinámica de los desechos y residuos sólidos para los tres años de estudio, los datos de PPC comparados.

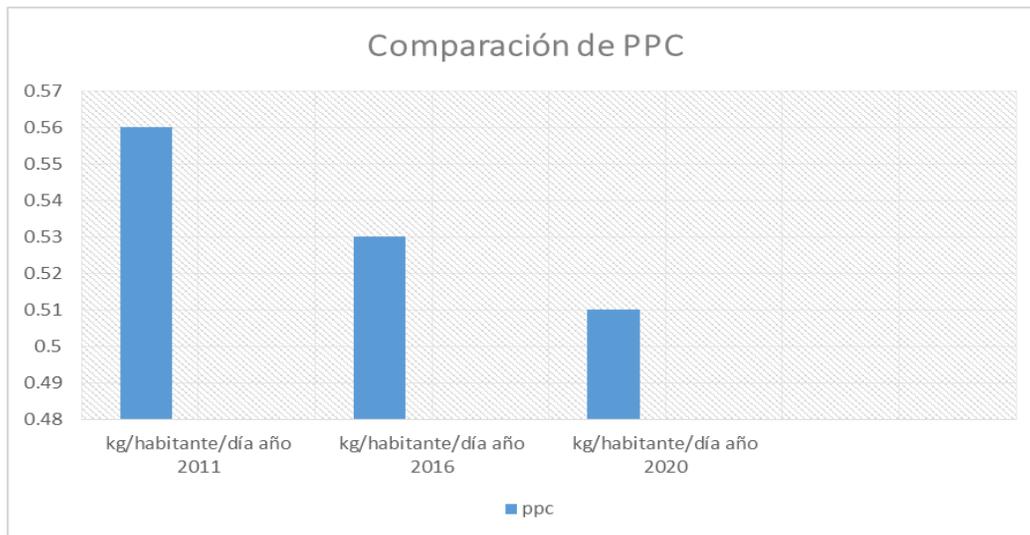


Figura 20. Comportamiento de la PPC de los años 2011, 2016 y 2020.

Según los datos obtenidos en los tres estudios antes mencionados se puede observar que según la figura 20, que en el año 2011 la producción per cápita correspondía a una producción de 0.56 kg/habitante/día, sufriendo una disminución en el año 2016 que corresponde a una producción de 0.53 kg/habitante/día, así mismo presentando una baja para el año 2020, el cambio que se ha presentado del año 2011 al año 2020 equivale a una reducción de 146.93 T/anales esto indica que existe un cambio significativo en la producción de residuos y desechos sólidos.

También puede establecerse que la reducción del volumen de los residuos y desechos sólidos para el año 2020 es de 1,197.28 m³/anales aportando significativamente al ahorro de espacio disponible para su tratamiento y almacenaje. El descenso de la producción per cápita puede atribuirse al cambio de características físicas de los productos de consumo diario en las viviendas, en el estudio de caracterización año 2020 se puede observar que elementos orgánicos están sufriendo una reducción en su uso o han sido sustituidos por elementos inorgánicos.

Comparando el porcentaje perteneciente al tipo de desecho de las tres caracterizaciones podemos observar el cambio porcentual en la figura 21.

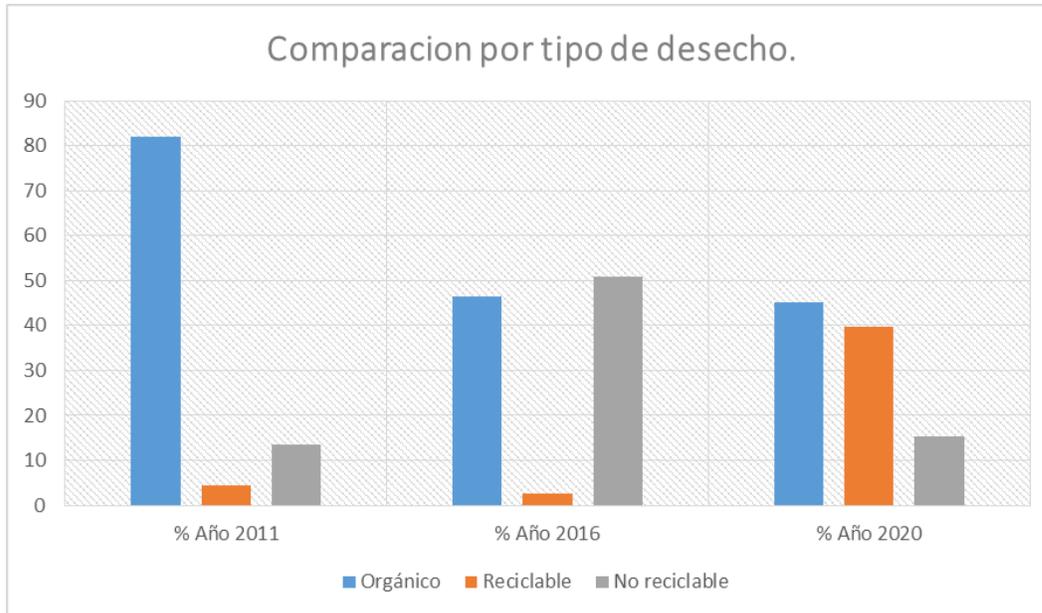


Figura 21. Comportamiento por tipo de desecho expresado en porcentaje para los estudios de caracterización del año 2011, 2016 y 2020.

En la figura 21 se analiza el comportamiento de los desechos y residuos sólidos respecto al tiempo en la figura se muestra como el porcentaje más alto correspondiente al 82 % para en el año 2011 y para el año 2020 la producción de materia orgánica ha disminuido 36.80 %, esto puede atribuirse a que la cultura de la composta domiciliar ha crecido, los usuarios guardan la materia orgánica para posteriormente verterlos en sus propios terrenos, también puede atribuirse a la ausencia de regulación de uso de materiales plásticos de un solo uso ya que la población tiende a utilizar materiales sintéticos y no orgánicos como se solía hacer en la antigüedad.

Esto puede responder al cambio de producción per cápita de los desechos y residuos sólidos ya que el peso de todos los desechos y residuos sólidos se ve afectado por composición de las muestras y los materiales de carácter reciclable poseen un peso inferior a los de los productos orgánicos y han aumentado de un 4.50 % a un 39.60 % durante el

mismo periodo de tiempo y los no reciclables también han aumentado del año 2011 al año 2016 y se han reducido del año 2016 al año 2020.

Los productos que presentan un alza importante son los productos reciclables esto podría atribuirse a que la gama de productos que pueden ser reciclados y con mercado activo en la región presentan más presencia en la actualidad que en periodos de tiempo pasado, esto quiere decir que en años anteriores el vidrio de botellas no retornables y el cartón sucio no contaban con mercado y en el año 2020 si se cuenta con mercado activo para estos productos que dejaron de ser desechos y pasaron a denominarse como residuos.

Del año 2011 al año 2020 los cambios son significativos y esto puede detectarse en la reducción de materia orgánica y como resultado la producción de abono se ha reducido, en el caso de los materiales reciclables el aumento del año 2011 al año 2020 ha significado ingreso económico a la municipalidad por su correspondiente comercialización y en el caso de la reducción de residuos inorgánicos representa que el área de disposición final de los desechos pueda registrar aumento en la vida útil de estas áreas especializadas.

En la figura 22, se puede observar el peso de los distintos materiales de carácter reciclable correspondiente al muestreo de cada estudio.

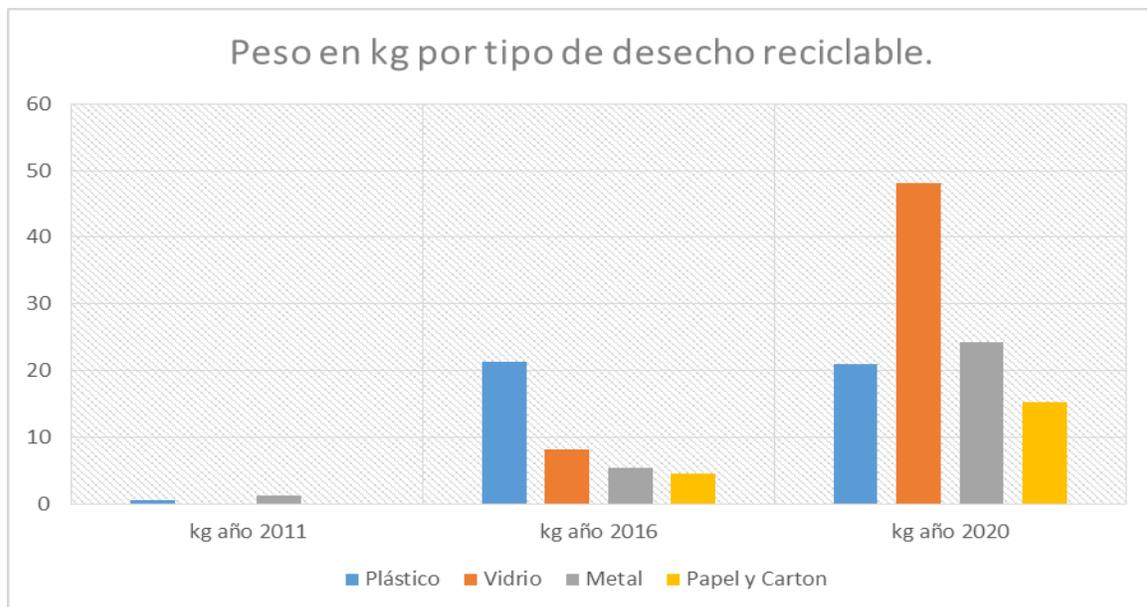


Figura 22. Peso en kilogramo por tipo de desecho reciclable para los estudios de caracterización de los años 2011, 2016 y 2020.

En los estudios de caracterización del año 2011 se establecen únicamente plástico y metal con un peso de 0.6 kg y 1.2 kg sucesivamente, pero para el año 2016 y año 2020 puede establecerse una comparación clara, puede analizarse que el plástico en relación a su peso se ha mantenido en 21 kg para los dos años pero el vidrio se ha elevado de 8.16 kg a 48.2 kg.

Esto puede atribuirse según el estudio de caracterización 2020 a que las botellas de vidrio no retornables ahora se comercializan caso contrario en los otros años en estudio, así mismo el metal y papel y cartón han registrado un alza desde el año 2016 al año 2020, en el caso del aumento del metal puede atribuirse al aumento de tecnología y cambio de tipo de infraestructura y transporte, así mismo el aumento de papel y cartón se puede atribuir al aumento del grado de escolaridad y al aumento de comercialización de distintos productos en la zona de estudio respectivamente.

2.6.4. Tendencias del manejo de los desechos y residuos sólidos en las fuentes domiciliarias generadoras

Para determinar cómo se comporta la fuente generadora de residuos y desechos sólidos del casco urbano de este municipio se estableció una sección específica para la colecta de datos generales y de interés para evaluación de la fuente, en donde se pudo analizar que el recipiente más utilizado por las personas para el almacenamiento in situ es el costal, como se muestra en la figura 23.

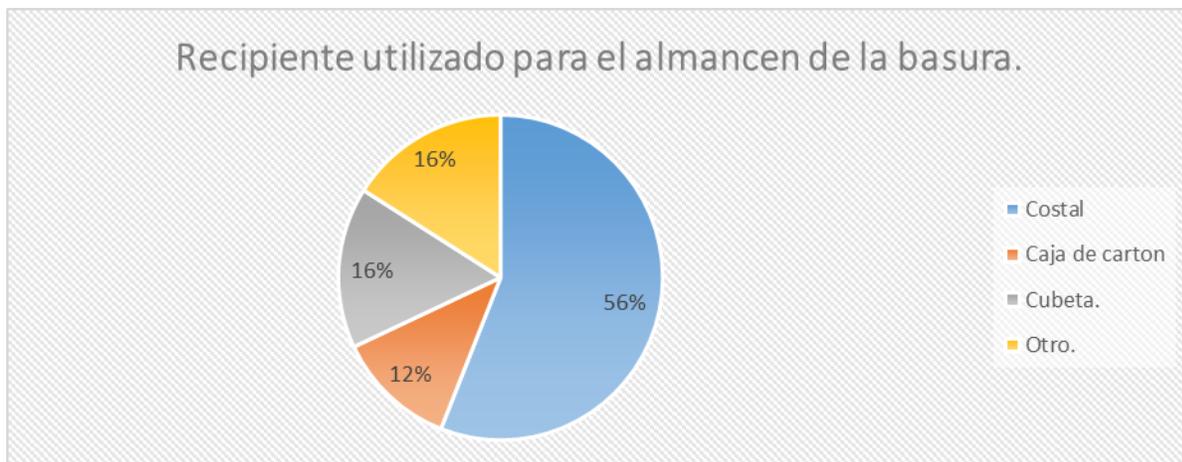


Figura 23. Recipientes almacenadores utilizados en la fuente para el almacenaje de los desechos y residuos sólidos.

Según la figura 23 se observa que la fuente en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna que el 56 % de la población tiende a utilizar costales para el almacenamiento de los desechos y residuos sólidos, esto puede atribuirse al tipo de cobro de la extracción de la basura ya que se facilita el cálculo del cobro y se puede utilizar frecuentemente el mismo costal sin necesidad de adquirir otro tipo de recipientes para el almacenamiento, la utilización de este tipo de recipiente reduce los desechos que llegan a la planta ya que se evita la utilización de bolsas plásticas de un solo uso, cabe resaltar que únicamente el 12 % de la población utiliza recipientes de otro tipo los cuales podrían ser bolsas de plástico, canastas, cajas de madera o algún otro tipo de recipiente que aumenta la cantidad de los desechos.

Según el presente estudio se pudo determinar el comportamiento de la fuente ante la ausencia de la recolección de los desechos y residuos sólidos, esto se puede analizar en la figura 24.



Figura 24. Comportamiento de la fuente ante la ausencia del servicio de extracción de los desechos y residuos sólidos.

Según la figura 24, el 81 % de los usuarios tiende a acumular la basura dentro de sus domicilios este comportamiento puede atribuirse a que el servicio de extracción es constante y que por lo menos prestan el servicio una vez por semana esto se ve reflejado en la figura 25.

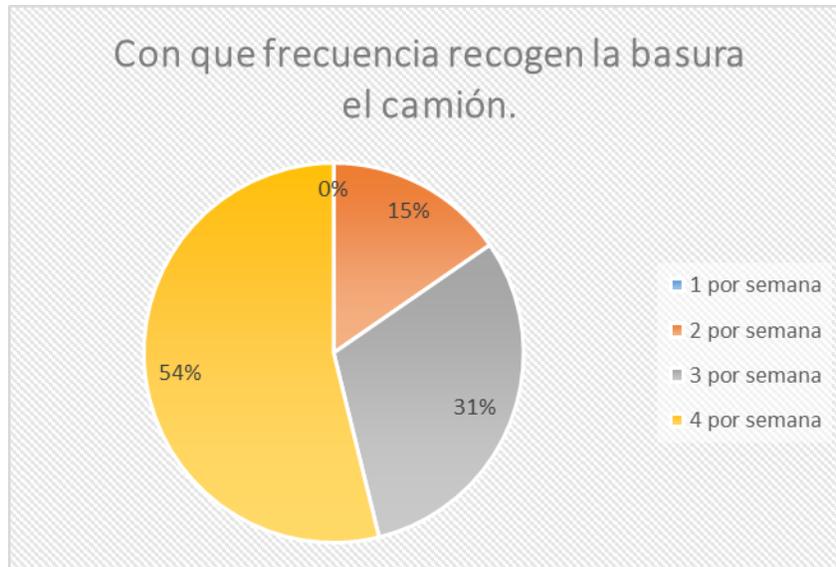


Figura 25. Frecuencia de servicio de extracción por semana de los desechos y residuos sólidos.

Con base en la figura 25 se analiza que el servicio de extracción de basura es constante entonces la fuente mantiene la dinámica de entrega de basura por lo menos una vez a la semana. El 54 % corresponde a la frecuencia más alta de días de extracción de basura, este porcentaje cubre las áreas de fácil acceso y centro del casco urbano, el 31 % se ubica en la periferia del casco urbano y el porcentaje restante en las áreas más aledañas del centro urbano.

También se pudo establecer cuál es el manejo de los desechos peligrosos en la fuente generadora, cabe resaltar que dentro de estos desechos están contemplados únicamente termómetros, lámparas y bombillas, baterías y desechos electrónicos, a lo cual el comportamiento de la fuente se ve reflejados en la figura 26.

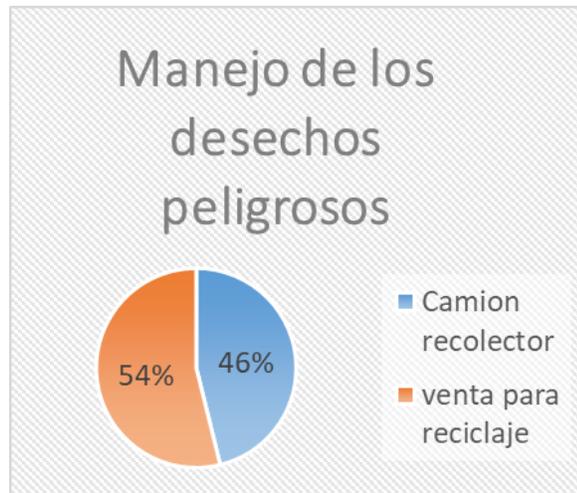


Figura 26. Manejo de los desechos peligrosos en la fuente generadora.

En la figura 26, se analiza que el reciclaje y la disposición de los desechos peligrosos directamente en el camión recolector son muy parecidas inclinándose levemente al reciclaje con un 54 %, esto puede atribuirse al ingreso extra que los usuarios pueden adquirir por medio de la venta.

2.7. CONCLUSIONES

1. El proceso de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Juan La Laguna responden a una dinámica propia que contempla la fuente generadora, almacenaje, transporte, tratamiento y disposición final, la totalidad de los valores de los desechos y residuos sólidos según su composición física es de 45 % de residuos orgánicos, 40 % de residuos reciclables y un 15 % de desechos no reciclables, tomando en cuenta que la producción de todos estos desechos y residuos sólidos en el área de estudio corresponden a una producción per cápita de 0.51 kg/habitante/día y una densidad promedio de 122.72 kg/m³.
2. Los resultados de producción per cápita de los desechos y residuos sólidos de los estudios de caracterización de los años 2011, 2016 y 2020, sometidos a comparación reflejaron diferencias ya que en el año 2011 al año 2016 reflejó un descenso de 0.03 kg/habitante/día correspondiente a una reducción de 5.36 % de la producción per cápita, y la producción per cápita de 0.53 kg/habitante/día establecida en el año 2016 comparada con la producción per cápita establecida en el año 2020 reflejó una disminución de 0.02 kg/habitante/día el cual corresponde a un 3.77 %, se estableció que la producción per cápita en el año 2011, para el año 2020 descendido en un 8.92 % equivalente a 0.05 kg/habitante/día.
3. La producción de materiales de origen orgánico en el año 2011 correspondía a un 82 % de la totalidad de los desechos y residuos sólidos y para el año 2016 se redujo este porcentaje a un 46.60 % y para el año 2020 se redujo a 45.20 % lo que puede indicarse que en 9 años se ha reducido en un 36.80 % esta producción.
4. En la producción de residuos reciclables del año 2011 al año 2016 se registró un descenso de producción de 2 %. Del año 2016 al año 2020 puede establecerse un aumento de 37.10 %. Del año 2011 al año 2016 se estableció un aumento en la

producción de desechos no reciclables de 37.30 % y un descenso del año 2016 al año 2020 de 35.60 % en la producción de estos materiales.

5. Las fuentes domiciliarias generadoras de desechos y residuos sólidos tienden a utilizar el costal como recipiente de almacenamiento en un 56 % y tiende a acumular los desechos y residuos sólidos en un 81 % si por alguna causa no opera el tren de recolección, puede determinarse también que el tren de recolección atiende por lo menos una vez a la semana todo el territorio en estudio. De las fuentes generadoras de los desechos y residuos sólidos el 46 % entrega los residuos considerados como peligrosos y el 54 % lo dispone a venta para reciclaje.

2.8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda fortalecer las alianzas con organizaciones operadoras en la cuenca del lago de Atitlán a través de la conformación y operación de mesas técnicas para fortalecer las acciones municipales, institucionales y no institucionales que aporten impactos positivos al manejo, tratamiento y disposición final de los desechos y residuos sólidos.
2. Se recomienda continuar con las acciones de búsqueda de mercado para los productos considerados como reciclables para ampliar la gama de productos que cuenten con una segunda utilidad con el objetivo de seguir reduciendo las cantidades de los desechos destinados al relleno sanitario.
3. Se recomienda establecer un plan de manejo para los residuos reciclables que garantice la pronta comercialización y no acumularlos durante largos periodos de tiempo dentro de las zonas de almacenamiento de la planta de tratamiento municipal, y que garantice el aumento de la eficiencia de las operaciones dentro y fuera de la planta de tratamiento y relleno sanitario municipal.
4. Se recomienda que las autoridades municipales tomen en cuenta el presente estudio comparativo y la información contenida en el mismo para contar con bases técnicas y científicas en la realización de proyectos que por su naturaleza se vinculen con los desechos y residuos sólidos así como el manejo ambiental que lo requiera.

2.9. BIBLIOGRAFÍA

1. Alcaldía Mayor de Bogotá, Colombia. (2011) *Caracterización de los residuos sólidos de establecimientos comerciales, pequeños productores, generados en la ciudad de Bogotá D.C.* [Bogotá, Colombia, Alcaldía Mayor de Bogotá, Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos]. http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/documentos/Caracterizacion/comercial_02-29-2012.pdf
2. Baldetti Cifuentes, AA. (2017) *Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios de la colonia La Florida, zona 19, ciudad de Guatemala* [Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería]. 96 p. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7933/1/Aristides%20Alejandro%20Baldetti%20Cifuentes.pdf>
3. Banco Interamericano de Desarrollo, USA. 2011. *Situación de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe* [Archivo PDF]. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Situaci%C3%B3n-de-la-gesti%C3%B3n-de-residuos-s%C3%B3lidos-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>
4. Cosagua Lapoyeu, CD. (2018) *Caracterización de los residuos y desechos sólidos de la aldea Guineales, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá.* [Tesis Ing. Gest. Amb. Local. Mazatenango, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Sur Occidente (CUNSUROC)]. 91 p. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8828/1/TRABAJO%20DE%20GRADUACI%C3%93N.pdf>
5. DataExport, Guatemala. (2019) *El manejo de los desechos sólidos: Una prioridad pendiente para Guatemala* [Revista DataExport abril 23]. <https://dataexport.com.gt/el-manejo-de-los-desechos-solidos-una-prioridad-pendiente-para-guatemala/>
6. EcoNoticias, España. (2017) *Innovador sistema de tratamiento de los residuos alimentarios* [EcoNoticias, España, Julio 12]. <https://www.ecoticias.com/tecnologia-verde/138707/Innovador-sistema-de-tratamiento-de-los-residuos-alimentarios>
7. EPSUM (Universidad de San Carlos de Guatemala, Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario, Guatemala). (2020) *Marco lógico GIRDS para el desarrollo del ejercicio profesional supervisado multidisciplinario* [Guatemala]. 6 p.



8. Fernández Sandoval, IY. (2012) *Diseño y factibilidad de relleno sanitario, manual para el municipio de La Libertad, departamento de La Libertad* [Tesis Ing. Civ. El Salvador, Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura]. 237 p. <http://ri.ues.edu.sv/202/1/10136390.pdf>

9. Gutiérrez Vásquez, DA; Ixbalan Sosof, AM; Ruiz Zamora, LS; Aldi Orozco, MA. (2019) *Diagnóstico del municipio de San Juan la laguna, Sololá* [Informe EPS. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ejercicio de Profesional Supervisado Multidisciplinario (EPSUM)].

10. Hernández Díaz, JR. (2004) *Manejo de desechos sólidos en el municipio de Jocotán*. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 76 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2489_C.pdf

11. IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Suiza). (2021) *¿Qué es la vulnerabilidad?*. <https://ifrc.org/es/introducción/disaster-management/sobre-desastres/>

12. INE (Instituto Nacional de Estadística, Guatemala). (2018) *XI censo poblacional y vi de vivienda* [Guatemala]. <https://www.censopoblacion.gt/>

13. ISEM (Instituto de Seguridad Minera, Perú). (2017) *Residuos: Clasificación, riesgos y contaminación* [Revista del Instituto de Seguridad Minera-ISEM, Perú 131:1-1]. <https://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/residuos-clasificacion-riesgos-contaminacion/>

14. López Bautista, EA; Gonzáles Ramírez, BA. (2017) *Estadística, fundamentos y aplicación en agronomía y ciencias afines* [Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía]. 276 p. <https://docplayer.es/59017765-Estadistica-ezequiel-lopez-byron-gonzalez-fundamentos-y-aplicaciones-en-agronomia-y-ciencias-afines.html>

15. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala). (2018a) *Guía para elaborar estudios de caracterización de residuos sólidos comunes* [Guatemala]. <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/13193.pdf>

16. _____. (2018b) *Guía para la identificación gráfica de los residuos sólidos comunes* [Guatemala]. <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/18566.pdf>



17. _____. (2020) *Guía práctica para el manejo de residuos y desechos sólidos comunes ante la pandemia Covid-19* [Guatemala]. <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/16647.pdf>
18. Muñoz García, BR. (2017) *Módulo de herramientas de evaluación, aplicables en el diagnóstico de las instituciones educativas* [Informe de EPS. Lic. Ped. Admin. Edu. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades]. 183 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_7471.pdf
19. OMP San Juan la Laguna (Oficina Municipal de Planificación, Guatemala). (2004) *Diagnóstico del municipio de San Juan La Laguna. Sololá, Guatemala, OMP.*
20. Pico Pérez, KG. (2016) *Estudio descriptivo del sistema de manejo de residuos sólidos domiciliarios del casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, en el año 2015, Sololá, Guatemala, C.A.* [Tesis Ing. Gest. Amb. Local. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía]. 142 p. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5955/1/Katherine%20Guadalupe%20Pico%20P%20C3%A9rez%20-%20Estudio%20Desc.%20del%20sist.%20de%20manejo%20de%20los%20Res.%20Sólidos%20domiciliar.pdf>
21. Say Chamán, BA. (2011) *Manejo de la basura y su clasificación* [Archivo]. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Humanidades. http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_1989.p



Rolando Barrios

2.10. ANEXOS

Cuadro 17A. Boleta de campo para muestreo de generación de residuos sólidos.

1. Nombre del encuestador:								
2. Localidad:								
3. Urbana:					Rural:			
4. No. De muestra:								
5. Datos del domicilio seleccionado:								
Calle o avenida:					Número Casa:			
Colonia:					Municipio:			
Departamento:					No. de habitantes en la vivienda:			
6. ¿QUÉ TIPO DE RECIPIENTE UTILIZA PARA ALMACENAR SUS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA)?								
Costal:			Caja de cartón:			Otro, indique:		
7. ¿CON QUÉ FRECUENCIA RECOGEN SUS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA)?								
1 por semana:		2 por semana:		3 por semana:		Otro, indique:		
8. ¿QUÉ HACE CON LOS RESIDUOS Y DESECHOS (BASURA) SI NO PASA EL CAMIÓN?								
Quemar:			Enterrar:		Tirar:		Otro, indique:	
9. ¿QUÉ OPINA DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN?								
BUENO:			MALO:			REGULAR:		
Generación de residuos y desechos peligrosos domiciliarios.								
Tipo de Desecho	Generación de desechos		Manejo de desechos					
	Unidad de medida	Cantidad generada (anual)	1	2	3	4	5	6
			Los tira en cualquier lugar	Los tira en algún río	Se los lleva el camión recolector	Los quema	Los entierra	Los vende para reciclaje

Continúa cuadro 17A.

Termómetros	Pieza							
Lámparas y bombillas	Pieza							
Baterías (pilas)	Pieza							
Baterías de automóviles	Pieza							
Aceites	Galones							
Pinturas	Galones							
Medicamentos vencidos	Pieza							
Desechos electrónicos*	Pieza							

* Televisiones, radios, celulares, planchas, microondas, computadoras

Inventario de la generación por día.

No.	Fecha	Peso total de los residuos (kg) en la vivienda	Generación per cápita (kg/hab/día)*	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

*La generación per cápita es obtenida de la división del peso total de los residuos generados en el día en la vivienda (muestra) por el número de habitantes en la vivienda

Cuadro 18. Boleta de campo para la prueba de composición física.

LOCALIDAD/MUNICIPIO:		DEPARTAMENTO:		
FECHA:		HORA DEL ANÁLISIS:		
PESO DE LA MUESTRA: kg		TARA DEL RECIPIENTE: kg		
RESPONSABLE DEL ANÁLISIS:		DEPENDENCIA O INSTITUCIÓN:		
CLASIFICACIÓN RESIDUOS Y DESECHOS POR CATEGORÍAS				
A. ORGÁNICO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Residuos de alimentos			
	Residuos de jardinería			
	Hueso			
Total.				
B. PAPEL Y CARTÓN				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Papel			
	Cartón			
	Envase de cartón encerado			
Total.				
C. PLÁSTICO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Plástico película			
	Plástico rígido			
	Pet			

Continúa cuadro 18A.

	Poliuretano			
	Poliestireno expandido.			
Total.				
D. VIDRIO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Vidrio de color			
	Vidrio Transparente			
Total.				
E. MATERIAL FERROSO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Material ferroso			
	Lata			
Total.				
F. MATERIAL NO FERROSO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Material no ferroso			
	Lata de aluminio			
Total.				
G. VARIOS				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Loza y cerámica			
	Madera			
	Hule			
	Tetrapack			
	Cuero			
	Algodón			
	Trapo			

Continúa cuadro 18A.

	Fibra dura vegetal (esclerénquima)			
	Fibra sintética			
	Residuo fino (que pase la criba M 2.00)			
Total.				
I. PELIGROSOS				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Pilas alcalinas			
	Pilas de litio			
	Pilas de mercurio			
	Pilas recargables			
	Baterías y acumuladores			
	Aceites y lubricantes			
	Focos incandescentes			
	Focos ahorradores			
	Lámparas fluorescentes			
	Pinturas y solventes			

Continúa cuadro 18A.

	Insecticidas y productos de limpieza			
	Medicamentos caducos			
	Jeringas, lancetes, rastrillos			
	Gasas y algodones			
Total.				
F. MATERIAL NO FERROSO				
No.	SUBPRODUCTOS	PESO (kg)	% EN PESO	OBSERVACIONES
	Electrodomésticos			
	Tecnológicos (computadoras, celulares etc.)			
	Material de construcción			
Total.				



CAPÍTULO III

**INFORME DE SERVICIOS DESARROLLADOS EN LA CABECERA MUNICIPAL DE
SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA.**

3.1. PRESENTACIÓN

En el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) se pretende cumplir con actividades que sean de beneficio directo para la población objetivo, haciendo caso a lo anterior se estableció el desarrollo de dos servicios con alta prioridad.

El servicio número uno se define como: Habilitación del relleno sanitario municipal de San Juan La Laguna, Sololá, este servicio tiene como objetivo desarrollar métodos adecuados de operación en la fase de disposición final para el mejoramiento del manejo de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano, para alcanzar este objetivo se establecieron tres objetivos específicos, desarrollados de manera secuencial y lógica.

Los tres objetivos específicos contemplan la elaboración de un perfil de rehabilitación del relleno sanitario, ejecutar dicho perfil y la reactivación de la rampa de acceso de los desechos sólidos al relleno sanitario.

El perfil de rehabilitación del relleno sanitario contempla una metodología sintetizada con seis actividades y los elementos necesarios, como bomba adecuada para el drenado, servicio de plomería, despeje y limpieza de rampa así como una solución alternativa inmediata.

La ejecución del perfil fue desarrollado mediante tres actividades las cuales dieron inicio con la habilitación del acceso al relleno sanitario, posteriormente se rehabilitó el sistema de tubería de drenado para posteriormente drenar los lixiviados del relleno sanitario, paralelo a estas actividades se ejecutó la reactivación de la rampa de acceso al relleno sanitario.

La reactivación de la rampa de acceso al relleno sanitario consistió en el despeje del área, esto quiere decir que los desechos y residuos sólidos que bloqueaban el libre acceso fueron removidos y reubicados con la ayuda de maquinaria pesada.

Con el cumplimiento de lo planteado se determinó la importancia que representa la rehabilitación del relleno sanitario municipal, completando así todas las fases del tren de aseo, representando utilidades como; contar con un área especializada para la disposición final, y aumentando la eficiencia en las otras fases del tren de aseo.

El servicio número dos se define como: Reactivación de áreas de separación, almacenamiento y composta de la planta de tratamiento de desechos y residuos sólidos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

El cual tiene como objetivo contribuir a la implementación de operaciones adecuadas en la fase de tratamiento para el mejoramiento del manejo de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano, para alcanzar lo planteado se estableció como objetivos específicos la

reactivación de las áreas de separación de residuos y desechos sólidos así como las áreas de compostas y la capacitación del personal operativo del relleno sanitario y planta de tratamiento de desechos y residuos sólidos, en temas del adecuado manejo de los residuos y desechos sólidos dentro de la planta y relleno municipal.

Para alcanzar todos los objetivos se estableció una fase de gabinete donde se determinaron todas las actividades que se desarrollarían en campo, la fase de campo se desarrolló directamente dentro de la planta de tratamiento habilitando tres cuartos independientes con techo y puerta de seguridad, se habilitaron tres áreas de contención temporal con muros a media altura, se habilitaron un total de seis aboneras para el tratamiento del material orgánico. Para finalizar y garantizar la funcionalidad del servicio se impartió un taller de capacitación en donde participaron un total de cuatro personas, el encargado de la planta y tres operadores.

Con el desarrollo de lo planteado se estableció la importancia de contar con áreas adecuadas para el manejo de los desechos y residuos sólidos en la planta de tratamiento, así como la importancia de contar con personal capacitado presentando la utilidad de poder manejar el 100 % de todos los residuos y desechos sólidos que llegan a la planta de tratamiento

3.2. SERVICIO 1: Habilitación del relleno sanitario municipal de San Juan La Laguna, Sololá

3.2.1. Objetivos

A. Objetivo general

Desarrollar métodos adecuados de operación en la fase de disposición final para el mejoramiento del manejo de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del Municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

B. Objetivos específicos

1. Elaborar un perfil de rehabilitación del relleno sanitario del Municipio de San Juan La Laguna, Sololá.
2. Ejecutar el perfil de reactivación del relleno sanitario Municipal.
3. Reactivar la rampa de acceso de desechos sólidos al relleno sanitario Municipal.

3.2.2. Metodología

C. Fase de gabinete

Con la colaboración de la Dirección de Planificación Municipal (DMP) se realizaron las consultas de los planos originales del relleno sanitario presentados en las figuras 35A y 36A, mediante esta información se establecieron las características originales del relleno sanitario municipal, se estableció de qué manera se estructuró las operaciones originales óptimas del relleno sanitario

D. Fase de campo

Se realizó el diagnóstico propio del relleno sanitario estableciendo sus fortalezas y debilidades mediante la realización de un análisis FODA presentado en el cuadro 25A, así mismo se estableció mediante entrevistas directas, la metodología de uso del relleno sanitario en el año 2020, estableciendo que el uso por parte del personal es nulo ya que en la administración municipal en el periodo operativo del año 2020 se desconoce el funcionamiento de toda la infraestructura y el área permanece cerrada y sin actividades.

Con la información obtenida del análisis FODA y las entrevistas pudo establecerse un perfil de rehabilitación del relleno sanitario para iniciar operaciones a corto plazo y garantizar su funcionalidad a largo plazo.

3.2.3. Resultados

E. Perfil de rehabilitación del relleno sanitario municipal

Se desarrolló un perfil de reactivación del relleno según las características demandas por la Unidad de Gestión Ambiental Municipal (UGAM), este perfil contempla la adquisición y/o reparación de elementos fundamentales para la operación del acceso, disposición final de los desechos sólidos y drenaje de lixiviados, en el cuadro 20 se presenta el perfil presentado y aprobado para el servicio mencionado.

Cuadro 20. Perfil de rehabilitación del relleno sanitario municipal de San Juan La Laguna, Sololá.

Rehabilitación del relleno sanitario Municipal.
El proyecto está enfocado en fortalecer e implementar estrategias dirigidas a la gestión integrada de residuos y desechos sólidos, en el casco urbano del Municipio de San Juan La Laguna departamento de Sololá. Este proyecto responde a la necesidad más urgente que presenta la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos, y evitar el colapso prematuro de la misma.
Objetivo General.
Activar el ya establecido relleno sanitario para satisfacer las necesidades de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del Municipio de San Juan La Laguna, Sololá para evitar el colapso prematuro de las instalaciones correspondientes al tren de aseo.
Justificación.
Es necesario despejar la planta de tratamiento en su totalidad por lo tanto es indispensable establecer como prioridad antes de operar la planta, la reactivación del relleno sanitario debido a que cualquier desecho así como residuo que no tenga una segunda vida útil debe salir de la planta a un lugar que cumpla las características mínimas que requiere la disposición final de los residuos y desechos.
Metodología sintetizada.
<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación del sistema de drenados y accesos del relleno sanitario. • Determinación de las necesidades. • Restauraciones necesarias. • Drenado. • Despeje de accesos

Continúa cuadro 20.

<ul style="list-style-type: none"> • Reubicación de materiales (si fuese necesario)
ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA ACTIVACION DEL RELLENO SANITARIO.
FASE No.1 REHABILITACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS Y DESECHOS SÓLIDOS.
<ul style="list-style-type: none"> • BOMBA PARA DRENAJE.
Especificaciones:
Bomba de achicar de 5.5 H.P 3" de salida, 1,100.00 litros/minuto
Potencia 3,758 W/ 5.5 H.P.
Velocidad sin carga: 3,600 rpm
Combustible: gasolina
Capacidad del tanque: 4.3 litros (0.95 galones)
Duración del tanque con 100% de carga: 1.90 a 2.00 horas.
Arranque: piola retráctil.
Altura máxima: 28.00 metros
Máxima profundidad de succión: 8.00 metros.
Flujo máximo: 1,100.00 litros/minuto.
Entrada o salida: 3"(76.00mm)
Tipo: 4 tiempos enfriada por aire.
Cilindraje: 163 cc válvulas laterales
Presión máxima: 47 Libras/pulgadas ²
Tiempo de cebado: 150.00 segundos.
Consumo máximo: 1galon en 2.28 horas.
Peso en seco: 28kg (61.70 libras)
<ul style="list-style-type: none"> • SERVICIOS DE PLOMERIA.
Especificaciones:
Reconstrucción parcial de red de drenaje con elementos tubulares de PVC de 3"
<ul style="list-style-type: none"> • DESPEJE Y LIMPIEZA DE RAMPA Y ACCESO DEL RELLENO SANITARIO.
Especificaciones:
Estas operaciones serán desarrolladas por el personal del tren de aseo
Satisfaciendo sus necesidades de trabajo (equipo)
❖ SOLUCIÓN ALTERNATIVA INMEDIATA.
Especificaciones:
Se podrá utilizar cualquier tipo de bomba que cumpla con una succión de
Líquidos satisfactoriamente, sin utilizar la red de drenaje y extrayendo
directamente de la superficie del relleno sanitario.

El perfil presentado se tomó como guía metodológica para la realización del servicio ante las autoridades municipales quienes financiaron el servicio en su totalidad.

Este perfil contiene los lineamientos mínimos aceptados por la dirección de planificación municipal (DMP), todo lo solicitado en el perfil fue de suma importancia ya que todos los elementos integran el adecuado funcionamiento del relleno sanitario municipal.

F. Ejecución del perfil

La ejecución del perfil contempló tres actividades básicas las cuales permitieron dar inicio con las operaciones como objetivo principal, en la figura 27 se muestran las tres actividades planteadas.

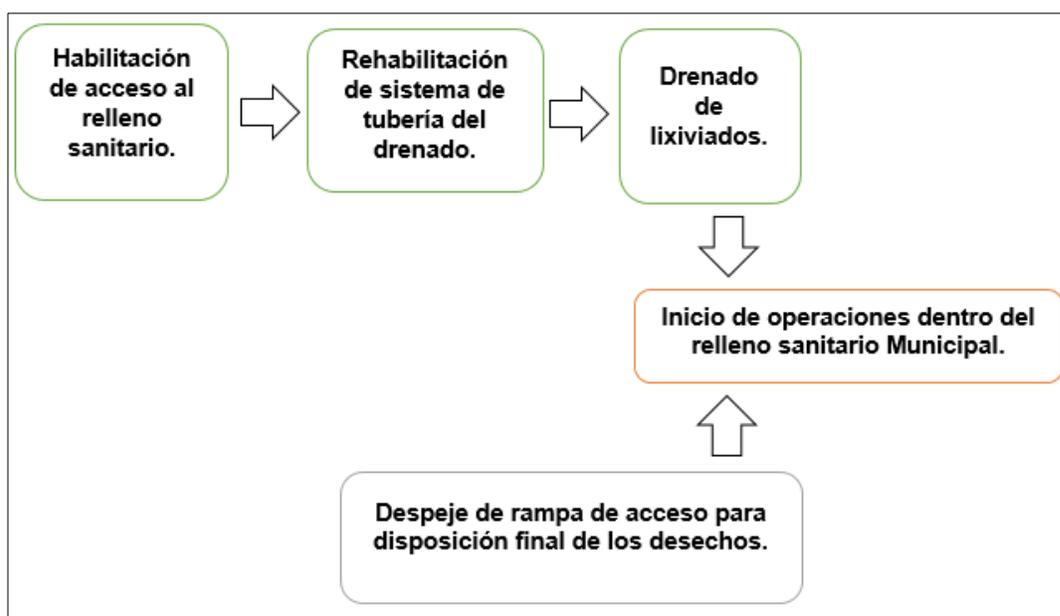


Figura 27. Flujograma de ejecución del perfil rehabilitación del relleno sanitario del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

En la figura 27 se muestran las tres actividades principales, partiendo como primer actividad la habilitación del acceso al relleno sanitario, esta actividad se desarrolló de forma administrativa municipal, este proceso se desarrolló mediante la exposición de beneficios que presentaría el acceso y las operaciones de las instalaciones del relleno sanitario, siendo

aprobado por el alcalde de dicho municipio y el consejo municipal de San Juan La Laguna, en la figura 37A, se muestra el oficio que permitió la habilitación permanente del relleno sanitario municipal.

Las acciones presentadas anteriormente dieron lugar a la rehabilitación de la tubería de drenaje de lixiviados la cual se encontraba seccionada lo cual interrumpía el flujo del drenaje, haciendo imposible las actividades de deposición final de los desechos sólidos dentro del relleno sanitario, con las respectivas conexiones tubulares establecidas se procedió a drenar los lixiviados del área de relleno sanitario, sin lixiviados en el relleno sanitario y la rampa de acceso despejada, se presentaron las condiciones óptimas para dar inicio a las operaciones de disposición final.

G. Despeje de rampa de acceso al relleno sanitario municipal

En las instalaciones del relleno sanitario se encontró que la rampa de acceso al área de disposición final de los desechos sólidos se encontraba obstaculizada por los mismos desechos sólidos que en algún momento fueron depositados de forma errónea en el área de rampa, esto perjudicaba a los camiones transportadores de los desechos sólidos, en la figura 28, se muestra el área de la rampa de acceso antes y después de la intervención del servicio.



Figura 28. Despeje de área de rampa para la disposición final de los desechos sólidos.

Mediante el retiro manual de los desechos y residuos sólidos que se encontraban posicionados en aproximadamente 18 m², como se muestra en la figura 28 los cuales dificultaban el acceso al área de descarga el retiro y limpieza del área contribuyeron a la localización de las cunetas externas de drenaje de agua pluvial así como la caja check de este sistema.

3.2.4. Evaluación

El servicio desarrollado presentó una serie de logros obtenidos mediante todas las actividades desarrolladas que presentan distintas importancias para alcanzar el objetivo planteado con utilidades a corto y mediano plazo, cuadro 21.

Cuadro 21. Evaluación del servicio 1. Habilitación del relleno sanitario municipal de San Juan La Laguna, Sololá.

Logros obtenidos	Importancia	Utilidad
Un perfil de rehabilitación del relleno sanitario municipal.	Con la realización del perfil se estableció una metodología clara, para alcanzar los objetivos del servicio, así como la justificación de los gastos realizados.	Tanto las autoridades municipales como los trabajadores delegados utilizaron el perfil como único apoyo en el desarrollo de todas las actividades para garantizar el desarrollo efectivo de las actividades a corto plazo.

Continúa cuadro 21.

<p>Inicio de operaciones dentro del relleno sanitario municipal.</p>	<p>Con las operaciones del relleno sanitario se cumplen las fases mínimas del tren de aseo.</p>	<p>Todos los desechos que saturaba la planta de tratamiento serán desahogados en el relleno sanitario, garantizando que la planta funcione adecuadamente y que los desechos tengan una disposición final adecuada, la vida útil del relleno sanitario garantiza que los desechos sean vertidos sin riesgo de contaminación externa a corto, mediano y largo plazo.</p>
--	---	--

3.3. SERVICIO 2: Reactivación de áreas de separación, almacenamiento y composta de la planta de tratamiento de desechos y residuos sólidos del Municipio de San Juan La Laguna, Sololá

3.3.1. Objetivos

A. Objetivo general

Contribuir a la implementación de operación adecuadas en la fase de tratamiento para el mejoramiento del manejo de los desechos y residuos sólidos en el casco urbano del Municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

B. Objetivos específicos

1. Reactivar áreas de separación de residuos y desechos sólidos y áreas de compostas.
2. Capacitar al personal operativo de la planta de tratamiento de desechos y residuos sólidos, en temas del adecuado manejo de las áreas habilitadas dentro de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

3.3.2. Metodología

C. Fase de gabinete

Esta fase se desarrolló en la Unidad de Gestión Ambiental Municipal donde se analizó la situación de las instalaciones de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.

Se determinó las actividades de habilitación de áreas destinadas para el almacenaje temporal y permanente hasta la venta de los productos reciclables y se determinó las actividades de habilitación de composteras.

D. Fase de campo

Dentro de las instalaciones de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos se efectuaron las siguientes actividades.

Se ubicaron las zonas que presentaran características adecuadas para el almacenaje de los residuos sólidos así como la ubicación de las composteras con las mejores condiciones, de los cuales se seleccionaron tres cuartos, tres áreas de contención de medio muro y seis aboneras, se efectuó la limpiezas de las áreas mencionadas ya que presentaban desechos y residuos sólidos sin tratamiento, en las seis aboneras seleccionadas se realizó un despeje y lavado total de forma manual, realizado por los trabajadores del tren de aseo, cabe mencionar que se realizaron puertas metálicas para las aboneras seleccionadas ya que las que presentaban ya no eran funcionales.

Posteriormente a las actividades ya descritas se desarrollaron pruebas de logística con el objetivo de establecer el óptimo desempeño de las áreas de almacenaje permanente, almacenaje parcial y aboneras.

Posteriormente se desarrolló un taller de capacitación para el buen manejo de las instalaciones habilitadas cabe resaltar que los participantes del taller, todos contaban con un grado de escolaridad muy bajo (no mayor a 3ro primaria) o escolaridad nula, por tal motivo el taller fue impartido únicamente de forma práctica y en el área a trabajar, figura 29 y figura 30.



Figura 29. Taller de capacitación, manejo de aboneras.

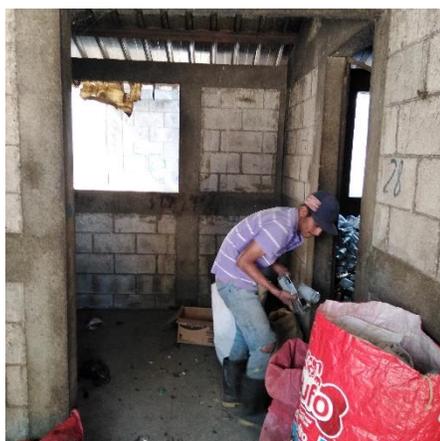


Figura 30. Taller de capacitación, almacenamiento adecuado de materiales reciclables.

3.3.3. Resultados

E. Reactivación de áreas de separación de residuos y desechos sólidos y áreas de compostas

El resultado del servicio descrito anteriormente es desglosado mediante los logros obtenidos en el cuadro 22 y cuadro 23.

Cuadro 22. Resultados de habilitación y reactivación de áreas de separación, almacenamiento y composta.

Logros obtenidos.	Cantidad.
Áreas de almacenamiento permanente de los residuos reciclables hasta la comercialización.	Habilitación de tres cuartos independientes con techos protectores y puerta de acceso y seguridad, figura 31.
Áreas de almacenamiento temporal de los residuos reciclables hasta su transporte a área de almacenamiento permanente.	Habilitación de tres áreas de contención con muros a media altura y techos protectores, figura 32
Activación de aboneras por volteo escalonado.	Habilitación de seis aboneras por volteo escalonado, figura 33.



Figura 31. Áreas de almacenaje permanente de productos reciclables.



Figura 32. Áreas de almacenamiento temporal de los desechos y residuos sólidos.



Figura 33. Área de aboneras por volteo escalonado.

En el cuadro 22, puede analizarse que la habilitación de las áreas planteadas (almacenamiento permanente, almacenamiento temporal y aboneras) se cumplió al 100 % estableciendo áreas funcionales que empezaron sus respectivas operaciones a corto plazo, para cumplir a cabalidad y garantizar la funcionalidad de la infraestructura habilitada se desarrolló un taller de capacitación, cuadro 4, en donde se establece el resultado obtenido.

F. Capacitación del personal operativo para el adecuado manejo de las áreas habilitadas de la planta de tratamiento

Como parte del servicio planteado se estableció la importancia de contar con personal capacitado para garantizar la funcionalidad de las operaciones dentro de la planta de tratamiento, para lo que se desarrolló un taller práctico que abordó temas de adecuada separación, óptimo almacenamiento tanto temporal como permanente y el adecuado uso del área de composta, cuadro 23.

Cuadro 23. Resultados de talleres de capacitación enfocados al manejo adecuado de las áreas habilitadas de la planta de tratamiento.

Logros obtenidos.	Cantidad.
Taller de capacitación enfocado al manejo adecuado de las áreas de almacenamiento y composta.	Se efectuó un taller de capacitación al personal la cual es una persona encargada de las operaciones en la planta de tratamiento y tres operadores.

En el taller desarrollado se contó con personal encargado de la planta y personal de operaciones, con el desarrollo de esta actividad se estableció el rol de las áreas dentro del proceso del tren de aseo y se enseñaron cómo realizar las actividades de manera adecuada en las áreas habilitadas, para garantizar el óptimo funcionamiento de la fase de tratamiento y almacenamiento, figura 34.



Figura 34. Taller de capacitación uso adecuado de las áreas de almacenamiento.

3.3.4. Evaluación

En base a la evaluación planteada en el cuadro 24, puede establecerse que se cumplió con el objetivo que contemplaba la contribución a la implementación de operación adecuadas en la fase de tratamiento de los desechos y residuos sólidos en la planta de tratamiento del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.

Cuadro 24. Evaluación del servicio, reactivación de áreas de separación de residuos y desechos sólidos y áreas de compostas.

Logros obtenidos.	Importancia.	Utilidad.
Habilitación de tres cuartos independientes con techos y puerta de acceso y seguridad para almacenamiento permanente de los residuos reciclables hasta la comercialización.	La planta de tratamiento cuenta con áreas específicas para el almacenamiento de residuos que representan utilidad y valor comercial. Las áreas habilitadas son completamente seguras para almacenar lo requerido durante tiempo prolongado.	El 100 % de los materiales considerados como reciclables pueden ser almacenados en las áreas habilitadas, evitando así la saturación de las instalaciones y áreas no aptas para el almacenamiento de materiales dentro y fuera de la planta.

Continúa cuadro 24.

<p>Habilitación de tres áreas de contención con muros a media altura y techos protectores para almacenamiento temporal de los residuos reciclables hasta su transporte a área de almacenamiento permanente.</p>	<p>Las áreas habilitadas complementan las actividades de separación de residuos por tipo.</p> <p>Las áreas habilitadas reducen el riesgo de accidentes dentro del área de separación.</p>	<p>Las áreas habilitadas aumentan la eficiencia del trabajo de separación, transporte y almacenaje de los residuos reciclables.</p> <p>Estas áreas son exclusivas para almacenaje temporal de los residuos reciclables obligando el descarte inmediato de los desechos sin utilidad.</p>
<p>Habilitación de seis aboneras por volteo escalonado</p>	<p>La planta de tratamiento cuenta con áreas óptimas para la composta satisfaciendo la necesidad del tratamiento de los residuos orgánicos.</p>	<p>Los residuos orgánicos pueden tratarse en un 100 %.</p> <p>Cada tres meses aproximadamente se obtiene abono listo para ser comercializado.</p>
<p>Un taller de capacitación enfocado al manejo adecuado de las áreas de almacenamiento y composta.</p>	<p>La planta de tratamiento cuenta con personal capacitado.</p> <p>El personal cuenta con el conocimiento básico del manejo adecuado y está en capacidad de transmitir el conocimiento a nuevos operadores.</p>	<p>La planta cuenta con un encargado general capacitado y tres operadores capacitados, aumentando la eficiencia de las actividades así como el aumento de la funcionalidad de las instalaciones a corto, mediano y largo plazo.</p>

3.4. BIBLIOGRAFÍA

1. Ambrosio García, SB. (2019) *Caracterización de los desechos domiciliarios de la aldea El Pajón, Santa Catarina Pínula, Guatemala, Guatemala, C.A.* [Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería]. 98 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_4358_C.pdf
2. Castillo Alvarado, HA. (2012) *Diseño de una planta de tratamiento de desechos sólidos y plan de contingencia para el relleno sanitario el Choconal, municipio de La Antigua Guatemala, Sacatépéquez, Guatemala, C.A.* [Tesis Ing. Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería]. 191 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2648_IN.pdf
3. Díaz Franco, LA. (2011) *Diseño del manual de procedimientos y permanencia en el area de la planta de tratamiento de desechos sólidos hospitalarios, la Verbena, Guatemala, Guatemala, C.A.* [tesis ing. Mecánica. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería]. 198 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0689_M.pdf
4. Durante Díaz, FA. (2009) *Caracterización de los desechos sólidos del Municipio de San Antonio La Paz, Departamento de El Progreso y Propuesta para el relleno Sanitario, El Progreso, Guatemala, C.A.* [Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería]. 143 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3031_C.pdf
5. Figueroa Barrera, FS. (2005) *Aplicación de diseño de un relleno sanitario manual, en el municipio de Sumpango, Sacatépéquez, Guatemala C.A.* [tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería]. 198 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2576_C.pdf
6. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala). (2018) *Guía para la identificación grafica de los residuos sólidos comunes.* [Guatemala]. <https://www.marn.gob.gt/Multimedios/18566.pdf>



7. Pico Pérez, KG. (2016) *Estudio descriptivo del sistema de manejo de residuos sólidos domiciliarios del casco urbano del municipio de San Juan La Laguna, en el año 2015, Sololá, Guatemala, C.A.* [Tesis Ing. Gest. Amb. Local. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía]. 142 p. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5955/1/Katherine%20Guadalupe%20Pico%20Perez%20-%20Estudio%20Desc.%20del%20sist.%20de%20manejo%20de%20los%20Res.%20sólidos%20domiciliar.pdf>



*Rolando Barrios*

3.5. ANEXOS

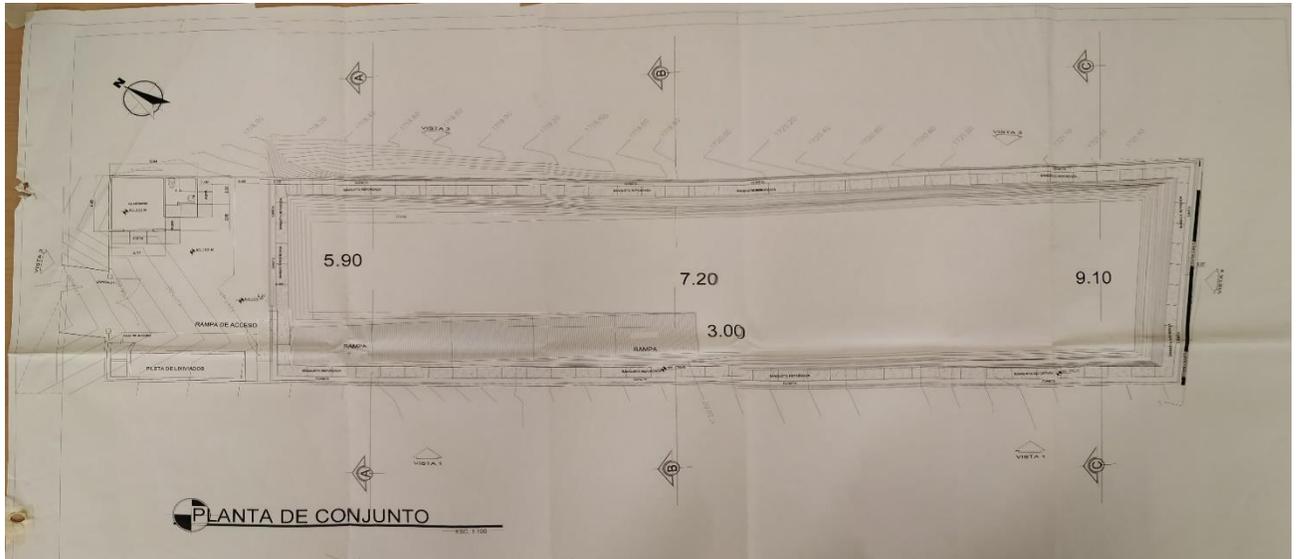


Figura 35A. Plano planta de conjunto, relleno sanitario municipal.

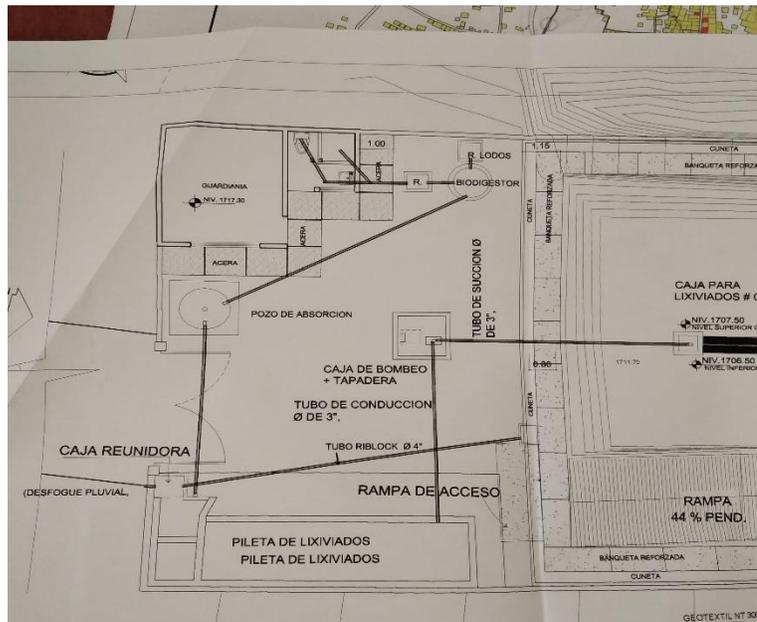


Figura 36A. Plano, Planta de drenaje de lixiviados, relleno sanitario municipal.

Cuadro 25A. Análisis FODA, para las instalaciones del relleno sanitario municipal.

FODA	
Fortalezas	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Área establecida únicamente para la disposición final de los desechos que no presentan ninguna utilidad. • Infraestructura especializada para la disposición final de los desechos sólidos. • Funcionalidad del relleno sanitario municipal en un 75 %. • Cuenta con área de seguridad perimetral y área de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con la activación del relleno sanitario se cumpliría a cabalidad todas las fases del tren de aseo. • La utilización adecuada del relleno sanitario para optimizar la disposición final de los desechos. • La utilización de esta área especializada garantiza la deposición final de los desechos sólidos durante un tiempo prolongado. • Las operaciones del relleno sanitario garantizarían una mejora en el manejo de los desechos y residuos sólidos, aportando a la mejora en la gestión ambiental local.
Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> • El sistema de drenaje de lixiviados se encuentra incompleto y con elementos que ya no son funcionales. • El 25 % de las instalaciones que se utilizarán en algún momento, fue un uso inadecuado. • El personal del tren de aseo no conoce la operación adecuada de las instalaciones. • Las instalaciones no cuentan con sistemas de iluminación y energía ni agua potable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las instalaciones se encuentran vulnerables a vandalismo por falta de personal. • Las operaciones en el relleno sanitario están regidas por la administración municipal, la cual desconoce de la operación adecuada del relleno sanitario. • Las instalaciones se encuentran bajo un deterioro constante por falta de mantenimiento • Negligencia de operadores encargados.

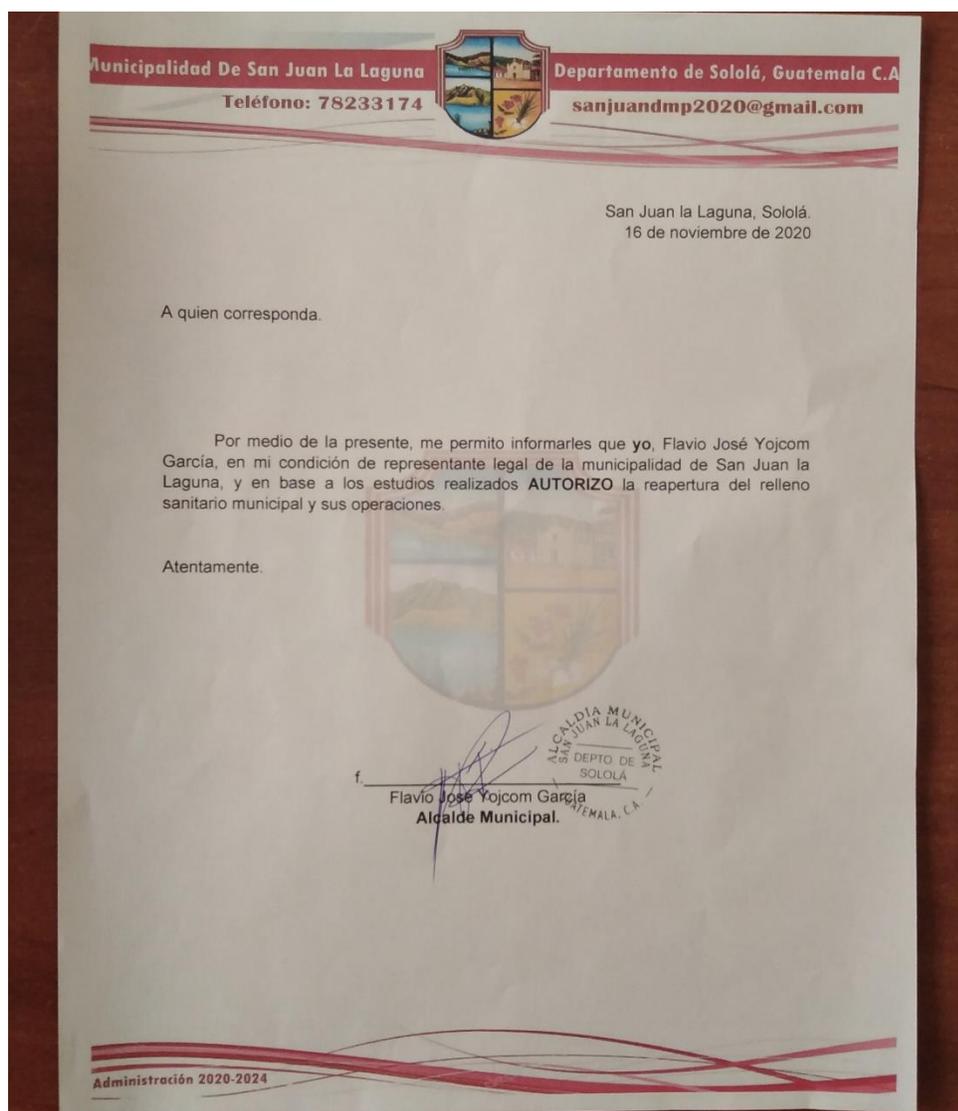


Figura 37A. Oficio de autorización de actividades y operaciones del relleno sanitario municipal.



Figura 38A. Despeje de rampa de acceso a relleno sanitario municipal.



Figura 39A. Despeje de áreas en planta de tratamiento y traslado de desechos al relleno sanitario municipal



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA - FAUSAC -
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES - IIA -



REF. Sem. 32/2021

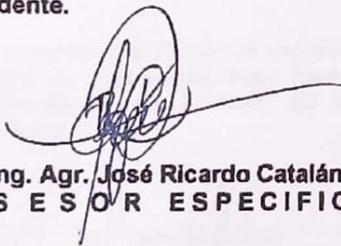
EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS ESTABLECIDOS EN CARACTERIZACIONES DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS AÑOS 2011, 2016 Y 2020 EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.

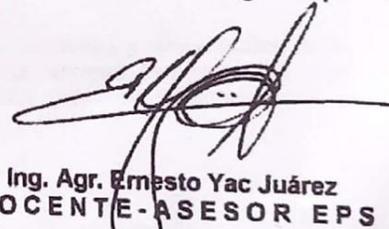
DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: CARLOS DAVID MONTERROSO GÓMEZ

CARNÉ: 201210851

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Kelder Ortiz
Ing. Agr. José Ricardo Catalán
Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.


Ing. Agr. José Ricardo Catalán
ASESOR ESPECIFICO


Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez
DOCENTE-ASESOR EPS




Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA –EPS–



RECEBIDO
14 OCT 2021

CONTROL ACADÉMICO

HORA: 12:10 FIRMA:

Ref. SAIEPSA.20.Seg-2021

Guatemala, 14 de octubre de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS ESTABLECIDOS EN CARACTERIZACIONES DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS AÑOS 2011, 2016 Y 2020, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: CARLOS DAVID MONTERROSO GÓMEZ

No. CARNÉ 201210851

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS ESTABLECIDOS EN CARACTERIZACIONES DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS AÑOS 2011, 2016 Y 2020, EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Kelder Ortíz
Ing. Agr. José Ricardo Catalán
Ing. Agr. Ernesto Yac Juárez

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y enseñad a Todos”

Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Hereditada Internacionalmente



No. 78.2021

Trabajo de Graduación: "ESTUDIO COMPARATIVO DE RESULTADOS ESTABLECIDOS EN CARACTERIZACIONES DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS EN LOS AÑOS 2011, 2016 Y 2020, DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN MUNICIPIO DE SAN JUAN LA LAGUNA, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A. "

Estudiante: Carlos David Monterroso Gómez

Carné: 201210851

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

