



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

**EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO
LA LAGUNA, SOLOLÁ**

Claudia Dorali Mérida Cano

Asesorado por Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, agosto de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE
SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CLAUDIA DORALI MÉRIDA CANO

ASESORADO POR ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO a.i.	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y PLANTA DE
TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE
SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 19 de junio de 2020



Claudia Dorali Mérida Cano

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 14 de febrero de 2023.
REF.EPS.DOC.50.02.2023.

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Argueta Hernández:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) de la estudiante universitaria de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Claudia Doralí Mérida Cano, Registro Académico No. 201314276** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 14 de febrero de 2023.
REF.EPS.D.49.02.2023

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria, **Claudia Doralí Mérida Cano** quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH /ra



REF.REV.EMI.017.023

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ**, presentado por la estudiante universitaria **Claudia Dorali Merida Cano**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2023.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LNG.DIRECTOR.171.EMI.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ**, presentado por: **Claudia Dorali Mérida Cano**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por
Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de
Ingeniería, Escuela de
Ingeniería Mecánica
Industrial, USAC
Colegiado 4,272
Periodo: julio a diciembre año
2023

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

Guatemala, agosto de 2023.



Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.595.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ**, presentado por: **Claudia Dorali Mérida Cano**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. José Francisco Gómez Rivera

Decano a.i.

Guatemala, agosto de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Gracias, padre por la sabiduría, salud y todas tus bendiciones a lo largo de este proceso. Toda honra y gloria a ti señor.
- Mis padres** Oralia Cano Rodríguez y Juan Gildardo Mérida Mérida este logro es por la bendición de tenerlos como padres, por sus enseñanzas, consejos y el apoyo incondicional que siempre tuve a pesar de la distancia. Los quiero mucho.
- Mis hermanos** Gildardo Magadiel, Beatriz Llenifer, Gelder Adelaido, Luis David y Francisco Antonio, gracias por el apoyo incondicional y el cariño.
- Mis abuelos** Nemecia Rodríguez, Teofila Mérida (q. e. p. d.), Telesforo Cano y Gregorio Mérida agradecida por sus sabios consejos, por el cariño y el apoyo.
- Mis amigos** Cristian de León (q. e. p. d.), Velveth Solares, Owen Torres, Juan Carlos Laroj, Andrea Rodríguez y Jenmy Cisneros los llevo en mi corazón, gracias por ser mi segunda familia.
- A mi familia** Por ser mi inspiración y fortaleza para salir adelante.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrir sus puertas a mi formación como profesional y ser una importante influencia en mi carrera.
Mis amigos	Por todo el apoyo brindado, sin ustedes esto no habría sido posible. Son mi familia y soporte.
Ingeniero	Jaime Batten por su colaboración y apoyo a lo largo del EPS.
Mi novio	Fernando Villatoro, por todos los momentos compartidos, por estar a mi lado incondicionalmente y nunca dejar de creer en mí.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. GENERALIDADES DE LA MUNICIPALIDAD.....	1
1.1. Descripción de la municipalidad	1
1.1.1. Localización geográfica	1
1.1.2. Extensión territorial	1
1.1.3. Vías de acceso	2
1.1.4. Población	3
1.1.5. Infraestructura.....	3
1.1.6. Economía.....	5
1.1.7. Medios de transporte	5
1.1.8. Cultura	6
1.1.9. Educación.....	7
1.1.9.1. Porcentaje de analfabetismo y alfabetismo	8
1.1.9.2. Existencia de instituciones educativas en la comunidad	8
1.1.10. Acuerdos, convenios y reglamentos	8
1.2. Generalidades de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos	10

1.2.1.	Ubicación.....	10
1.2.2.	Instalaciones	11
1.2.3.	Personal	15
1.2.4.	Equipo	17
1.3.	Generalidades del servicio de recolección de residuos y desechos sólidos.....	17
1.3.1.	Personal	18
1.3.2.	Equipo	19
1.3.3.	Camiones	20
2.	EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS EN SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ.....	21
2.1.	Diagnóstico de la situación actual del manejo de desechos sólidos	21
2.2.	Determinación del volumen de desechos sólidos generados a nivel municipal.....	22
2.2.1.	PET	23
2.2.2.	Plástico.....	23
2.2.3.	Metal	24
2.2.4.	Aluminio.....	25
2.2.5.	Vidrio	26
2.2.6.	Cartón y papel.....	27
2.2.7.	Orgánico.....	28
2.2.8.	Inorgánico.....	29
2.2.9.	Total de residuos recolectados.....	30
2.3.	Análisis FODA.....	32
2.3.1.	Estrategias	36

2.4.	Cantidad de productos recuperados en la planta de tratamiento.....	38
2.4.1.	PET.....	39
2.4.2.	Plástico.....	39
2.4.3.	Metal, Aluminio y Vidrio.....	40
2.4.4.	Cartón y papel.....	41
2.4.5.	Total de subproductos recuperados durante el año 2019.....	42
2.5.	Diagrama de flujo de operaciones.....	44
2.6.	Pronóstico, según el crecimiento de la población, del volumen de ingreso de residuos sólidos para los siguientes 10 años (de 2019 al 2028).....	66
2.7.	Rutas del servicio del tren de aseo municipal.....	70
2.7.1.	Hallazgos realizados en el servicio de recolección.....	74
2.7.1.1.	Rutas actuales.....	75
2.8.	Estudio de las condiciones de trabajo.....	79
2.9.	Composición de los desechos sólidos recolectados.....	81
2.10.	Servicio de recolección.....	84
2.10.1.	Análisis del muestreo estadístico.....	85
2.10.1.1.	Tren de aseo municipal.....	85
2.10.1.2.	Centro de acopio municipal.....	93
2.10.1.3.	Servicio de recolección en Franja Turística.....	98
3.	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS.....	105
3.1.	Metodología para mejorar el servicio de recolección de desechos sólidos.....	105

3.2.	Reordenamiento para la recolección de desechos sólidos a nivel municipal.....	106
3.2.1.	Frecuencia de recolección.....	111
3.2.1.1.	Transporte.....	111
3.2.2.	Diagramación de rutas de recolección	113
3.2.3.	Tiempos de operación.....	122
3.2.4.	Control del sistema de recolección.....	125
3.2.5.	Condiciones de trabajo.....	127
3.3.	Planta de tratamiento	130
3.3.1.	Clasificación de los desechos sólidos	130
3.3.1.1.	Desechos orgánicos.....	134
3.3.1.2.	Desechos inorgánicos	134
3.3.1.3.	Residuos reciclables	135
3.3.1.4.	Residuos especiales	136
3.3.1.5.	Residuos peligrosos	137
3.3.2.	Tratamiento para los desechos orgánicos.....	137
3.3.2.1.	Compost.....	138
3.3.3.	Tratamiento de los desechos inorgánicos	140
3.3.3.1.	Proceso de compactación de desechos sólidos.....	142
3.3.3.2.	Reciclaje.....	143
3.3.4.	Disposición final en relleno sanitario	148
3.4.	Aliados estratégicos	149
3.4.1.	Alianzas establecidas.....	150
3.4.2.	Empresas para posibles alianzas comerciales.....	150
3.4.3.	Actores involucrados	153
3.4.3.1.	Producción	153
3.4.3.2.	Metodología.....	154
3.4.3.3.	Costos	155

3.5.	Relleno Sanitario	161
3.5.1.	Técnicas para la construcción	165
3.5.2.	Capacidad necesaria para el relleno	169
3.5.3.	Selección del lugar	172
3.5.4.	Aguas lixiviadas	174
3.5.5.	Cierre técnico del relleno sanitario actual	175
3.6.	Formatos	180
3.7.	Estudio económico financiero.....	182
3.7.1.	Ingresos.....	183
3.7.2.	Costos	185
3.8.	Análisis de costos.....	187
3.8.1.	Inversión de infraestructura y maquinaria.....	188
3.8.2.	Herramientas y suministros	188
3.8.3.	Mobiliario y útiles	189
3.8.4.	Costos de Operación	191
3.8.4.1.	Costos Fijos.....	191
3.8.4.2.	Costos variables	193
3.8.4.2.1.	Costos por operación y mantenimiento	194
3.8.4.2.2.	Costos por insumos....	194
3.8.5.	Proyección por venta de materiales reciclables....	196
3.8.6.	Proyección de ingresos por venta de materiales reciclables.....	197
3.8.7.	Venta de Abono Orgánico	199
3.8.8.	Ingresos totales	201
3.9.	Análisis de recuperación de la inversión.....	202
3.9.1.	Valor Presente Neto	202
3.9.2.	Tasa de Beneficio/Costo.....	203

4.	PLAN DE REGULACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL CANTÓN CHUASANAHI.....	205
4.1.	Diagnóstico del consumo energético en los centros educativos.....	205
4.1.1.	Condición actual.....	206
4.1.2.	Mantenimiento actual.....	211
4.1.3.	Mantenimiento preventivo de las instalaciones eléctricas.....	212
4.1.4.	Consumo actual en función de las luminarias.....	214
4.2.	Tecnología propuesta.....	217
4.2.1.	Consumo de la tecnología propuesta.....	218
4.3.	Determinar las emisiones de dióxido de carbono emitidas por las luminarias de los centros educativos del cantón Chuasanahí del municipio de San Pedro La Laguna, Sololá.	222
4.4.	Procedimiento de aplicación.....	224
4.5.	Campaña de concientización para el uso responsable de la energía eléctrica.....	227
5.	ELABORAR UN PLAN DE CAPACITACIÓN PARA GARANTIZAR LA INTEGRIDAD DE LOS OPERARIOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.....	229
5.1.	Diagnóstico de necesidad de capacitación.....	229
5.2.	Plan de capacitación.....	236
5.2.1.	Justificación.....	236
5.2.2.	Alcance.....	237
5.2.3.	Fines del Plan.....	237
5.3.	Objetivos de la capacitación.....	238
5.4.	Metas.....	239
5.5.	Estrategias.....	239

5.6.	Recursos	239
5.7.	Resultados esperados	240
5.8.	Costos	241
5.9.	Metodología.....	245
5.10.	Programación	246
5.11.	Evaluación de las capacitaciones impartidas	248
5.12.	Resultados obtenidos	251
	5.12.1. Constancia de asistencia a las capacitaciones.....	255
CONCLUSIONES		259
RECOMENDACIONES		261
REFERENCIAS		263
APÉNDICES		265
ANEXOS		267

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

Figura 1.	Mapa de la ubicación de la planta de tratamiento.....	10
Figura 2.	Distribución de áreas de la planta de tratamiento.....	12
Figura 3.	Área de tratamiento de desechos orgánicos.....	14
Figura 4.	Relleno sanitario	15
Figura 5.	Organigrama de la DIGAM	16
Figura 6.	Ingreso promedio de DS	32
Figura 7.	Total de sub productos recuperados en el 2019.....	43
Figura 8.	Ruta de recolección Tzanja	75
Figura 9.	Ruta de recolección Pacucha	76
Figura 10.	Ruta de recolección Chuasanahí.....	76
Figura 11.	Ruta de recolección Chuacante.....	77
Figura 12.	Rutas de recolección a nivel municipal.....	77
Figura 13.	Puntos de recolección Franja Turística.....	78
Figura 14.	Trayecto del centro de acopio a planta de tratamiento	78
Figura 15.	Composición de los desechos sólidos	83
Figura 16.	Distribución porcentual de materiales reciclables	84
Figura 17.	Formato para el monitoreo del tren de aseo	85
Figura 18.	Pago realizado por los usuarios del tren de aseo	89
Figura 19.	Cumplimiento con el pago establecido por el servicio del tren de aseo.....	89
Figura 20.	Calidad de la separación de los desechos por día	91
Figura 21.	Usuarios atendidos en el centro de acopio municipal.....	95

Figura 22.	Cantidad de la clasificación de los desechos sólidos en el centro de acopio	97
Figura 23.	Usuarios registrados actualmente en el servicio de recolección	100
Figura 24.	Plano de Zonificación	108
Figura 25.	Mapa de Movilidad y Transporte	109
Figura 26.	Ruta 1 propuesta para el camión HINO.....	116
Figura 27.	Ruta 2 propuesta para el camión HINO.....	117
Figura 28.	Ruta 1 propuesta para el camión KIA.....	118
Figura 29.	Ruta 2 propuesta para el camión KIA.....	119
Figura 30.	Ruta propuesta para el camión KIA II.....	120
Figura 31.	Convenio de clasificación de desechos sólidos del servicio de recolección	127
Figura 32.	Clasificación de los residuos sólidos	131
Figura 33.	Clasificación de los desechos sólidos	132
Figura 34.	Proceso para la recolección de desechos sólidos.....	133
Figura 35.	Manejo de desechos orgánicos.....	139
Figura 36.	Manejo de desechos inorgánicos	141
Figura 37.	Proceso para el manejo de desechos reciclables	144
Figura 38.	Metodología para la recepción de los DSH	155
Figura 39.	Formato para el registro de abono orgánico producido	161
Figura 40.	Tractor compactador CAT 816K.....	163
Figura 41.	Procedimiento de impermeabilización	178
Figura 42.	Monitoreo de la calidad del agua.....	179
Figura 43.	Registro de accidentes y enfermedades profesionales	180
Figura 44.	Formato inspección procedimientos en planta de tratamiento ...	181
Figura 45.	Formato para el registro de generación de desechos sólidos hospitalarios	182
Figura 46.	Consumo energético IMEBDC Luisa y Benjamín Paul.....	207

Figura 47.	Consumo de energía eléctrica en los centros educativos del cantón Chuasanahí.....	219
Figura 48.	Luminarias sustituidas por tecnología LED.....	225
Figura 49.	Campaña de concientización.....	228
Figura 50.	Encuesta al personal operativo.....	230
Figura 51.	Capacitaciones	245
Figura 52.	Encuesta para el personal del servicio de recolección y PTDS .	249
Figura 53.	Registro de Accidentes y enfermedades profesionales	252
Figura 54.	Donaciones.....	253
Figura 55.	Orden de compra.....	254
Figura 56.	Bitácora de registro de visitantes.....	255
Figura 57.	Constancia de asistencia a las capacitaciones.....	256
Figura 58.	Hojas de asistencia.....	257

TABLAS

Tabla 1.	División política administrativa de San Pedro La Laguna	2
Tabla 2.	Distribución de las rutas de recolección.....	18
Tabla 3.	Herramientas y EPP de los operarios del servicio de recolección.....	19
Tabla 4.	Especificaciones técnicas de los camiones recolectores.....	20
Tabla 5.	Ingreso de PET 2019.....	23
Tabla 6.	Ingreso de plástico 2019.....	24
Tabla 7.	Ingreso de metal 2019.....	25
Tabla 8.	Ingreso de aluminio 2019.....	26
Tabla 9.	Ingreso de vidrio 2019	27
Tabla 10.	Ingreso de papel y cartón 2019	28
Tabla 11.	Ingreso de desechos orgánicos 2019	29
Tabla 12.	Ingreso de desechos inorgánicos 2019	30

Tabla 13.	Ingreso promedio de DS.....	31
Tabla 14.	Matriz FODA.....	33
Tabla 15.	PET recuperado en el 2019.....	39
Tabla 16.	Plástico recuperado en el 2019	40
Tabla 17.	Metal, aluminio y vidrio recuperado en el 2019	41
Tabla 18.	Cartón y papel recuperado en el 2019	41
Tabla 19.	Total de subproductos recuperados en el 2019	42
Tabla 20.	Disposición final de los productos recuperados en la planta de tratamiento	44
Tabla 21.	Tiempos promedio de operación	45
Tabla 22.	Simbología del diagrama de procesos de operaciones	47
Tabla 23.	Proceso de separación de desechos orgánicos del tren de aseo municipal	48
Tabla 24.	Diagrama de separación de desechos orgánicos del tren de aseo municipal	49
Tabla 25.	Proceso de separación de desechos inorgánicos del tren de aseo municipal	53
Tabla 26.	Diagrama de separación de desechos inorgánicos del tren de aseo municipal	54
Tabla 27.	Proceso de compactación de desechos inorgánicos.....	56
Tabla 28.	Diagrama de compactación de desechos sólidos inorgánicos	57
Tabla 29.	Proceso de elaboración de pacas de cartón	60
Tabla 30.	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pacas de cartón seco.....	61
Tabla 31.	Proceso de clasificación de productos de plástico, PET y metales.....	63
Tabla 32.	Diagrama de flujo del proceso de clasificación de plástico, PET y metales	64
Tabla 33.	Población año 2019 y 2020	66

Tabla 34.	Proyección de generación de desechos sólidos	68
Tabla 35.	Recorrido en km del camión Hino	73
Tabla 36.	Recorrido en km del camión KIA	74
Tabla 37.	Horarios de trabajo de los operarios del servicio de recolección y PTDS	81
Tabla 38.	Desechos recolectados por tipo.....	82
Tabla 39.	Distribución de los materiales reciclables	83
Tabla 40.	Usuarios atendidos por día	86
Tabla 41.	Usuarios por ruta	87
Tabla 42.	Pago realizado por los usuarios.....	88
Tabla 43.	Calidad de la clasificación de desechos	90
Tabla 44.	Cumplimiento del Acuerdo Municipal 111-2016.....	91
Tabla 45.	Cantidad de cubetas y costales recolectados.....	92
Tabla 46.	Horarios de atención centro de acopio	94
Tabla 47.	Ingresos obtenidos en el centro de acopio municipal	95
Tabla 48.	Desechos sólidos recolectados	96
Tabla 49.	Tipos de desechos.....	99
Tabla 50.	Cantidad de desechos orgánicos generados.....	101
Tabla 51.	Calidad de la separación de los desechos sólidos por parte de los usuarios.....	101
Tabla 52.	Ingresos obtenidos en Franja Turística.....	102
Tabla 53.	Porcentaje de participación por vehículo	114
Tabla 54.	Porcentaje de usuarios por zona	114
Tabla 55.	Programación de recolección	115
Tabla 56.	Kilómetros Recorridos con el método actual.....	121
Tabla 57.	Kilómetros recorridos con el método propuesto.....	121
Tabla 58.	Tiempo de operación actual, camión HINO	123
Tabla 59.	Tiempo de operación propuesto, camión HINO	123
Tabla 60.	Tiempo de operación actual, camión KIA	124

Tabla 61.	Tiempo de operación propuesto, camión KIA.....	124
Tabla 62.	Precios por el Servicio de Recolección	126
Tabla 63.	Equipo de protección personal recomendado	128
Tabla 64.	Empresas Recicladoras.....	151
Tabla 65.	Entidades que generan desechos hospitalarios a nivel local	153
Tabla 66.	Cantidad de desechos hospitalarios producidos por cada entidad.....	154
Tabla 67.	Condiciones por la contratación de servicios de recolección de DSH.....	156
Tabla 68.	Porcentaje de costos de operación	158
Tabla 69.	Porcentaje de desechos recolectados.....	159
Tabla 70.	Tipo de relleno sanitario	164
Tabla 71.	Evaluación del sitio propuesto para el Relleno Sanitario.....	167
Tabla 72.	Capacidad necesaria para el relleno sanitario.....	171
Tabla 73.	Ingresos obtenidos en la planta de tratamiento.....	183
Tabla 74.	Ingresos del servicio de recolección.....	184
Tabla 75.	Ingreso total por el manejo de desechos.....	184
Tabla 76.	Gastos en servicio de recolección.....	186
Tabla 77.	Gastos en planta de tratamiento	186
Tabla 78.	Inversión requerida en infraestructura y maquinaria.....	188
Tabla 79.	Inversión en herramienta y suministros	189
Tabla 80.	Inversión en mobiliario y equipo	190
Tabla 81.	Total inversión inicial	190
Tabla 82.	Costos por mano de obra	192
Tabla 83.	Proyección de salarios anual para 5 años.....	193
Tabla 84.	Costos por operación y mantenimiento	194
Tabla 85.	Costos por insumos.....	195
Tabla 86.	Proyección de costos varias para 5 años	195

Tabla 87.	Proyección de materiales reciclables para los próximos 10 años	196
Tabla 88.	Porcentaje de recuperación de materiales reciclables.....	198
Tabla 89.	Ingresos obtenidos por la venta de materiales reciclados recuperados.....	198
Tabla 90.	Proyección de ingresos por venta de materiales reciclados para 5 años.....	199
Tabla 91.	Proyección de ingresos por venta de abono orgánico para 5 años.....	200
Tabla 92.	Proyección de ingresos totales para 5 años	201
Tabla 93.	Valor presente para 5 años.....	202
Tabla 94.	Monitoreo de iluminación artificial.....	208
Tabla 95.	Tipo de tecnología actual.....	209
Tabla 96.	Jornadas y actividades desarrolladas en los centros educativos	210
Tabla 97.	Consumo energético actual por centro educativo.....	216
Tabla 98.	Consumo energético propuesto por centro educativo	219
Tabla 99.	Ahorro en consumo energético por centro educativo	220
Tabla 100.	Ahorro en pago mensual por centro educativo	221
Tabla 101.	Producción de CO ₂ por centro educativo.....	223
Tabla 102.	Monitoreo del consumo eléctrico	226
Tabla 103.	Ahorro obtenido por la implementación de tecnología LED	227
Tabla 104.	Respuesta pregunta 1, encuesta personal operativo.....	231
Tabla 105.	Respuesta pregunta 2, encuesta personal operativo.....	231
Tabla 106.	Respuesta pregunta 3, encuesta personal operativo.....	232
Tabla 107.	Respuesta pregunta 4, encuesta personal operativo.....	232
Tabla 108.	Respuesta pregunta 5, encuesta personal operativo.....	233
Tabla 109.	Respuesta pregunta 6, encuesta personal operativo.....	233
Tabla 110.	Respuesta pregunta 7, encuesta personal operativo.....	233

Tabla 111.	Respuesta pregunta 8, encuesta personal operativo	234
Tabla 112.	Respuesta pregunta 9, encuesta personal operativo	234
Tabla 113.	Respuesta pregunta 10, encuesta personal operativo	234
Tabla 114.	Costo de hora de trabajo por colaborador	242
Tabla 115.	Costos por capacitación	243
Tabla 116.	Programación de capacitaciones	247
Tabla 117.	Resultados de las encuestas.....	250

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de fuerza
CO₂	Dióxido de carbono
°C	Grados centígrados
hrs	Horas
km	Kilómetro
kW	Kilowatt
m	Metro
min	Minutos
PVC	Polyvinyl chloride
%	Porcentaje
Q	Quetzal
W	Watt

GLOSARIO

Acopio	Provisión, almacenamiento, acumulación de cosas materiales o inmateriales.
AMSCLAE	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago Atitlán y su Entorno.
Bioinfeccioso	Desecho que contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de causar infección o que contienen o pueden contener toxinas producidas por microorganismos que causan efectos nocivos a seres vivos o al ambiente.
Compostaje	Técnica mediante la cual se crean las condiciones necesarias para las que a partir de residuos orgánicos los organismos descomponedores fabriquen un abono de elevada calidad.
DIGAM	Dirección de Gestión Ambiental Municipal.
DS	Desechos sólidos.
EPP	Equipo de Protección Personal.

EPS	El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) es una proyección de la Universidad hacia los distintos sectores del país, realizada mediante programas de prácticas académicas ligadas a los planes de estudio y llegar así a confrontar la teoría con la práctica en un campo real de aplicación.
Franja Turística	Área geográfica en el municipio de San Pedro La Laguna, donde se ubican la mayoría de los hoteles y restaurantes del municipio.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
Lixiviado	Es un líquido que percola a través de los residuos sólidos depositados y que extrae sólidos disueltos o suspendidos materiales a partir de ellos.
PTDS	Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos.
Relleno sanitario	Es un método completo y definitivo para la eliminación de todo tipo de desechos sólidos.
SPLL	San Pedro La Laguna.

RESUMEN

San Pedro La Laguna es uno de los pocos municipios que ha dado a su administración un enfoque ambientalmente responsable, ha cumplido 4 años de lucha en el no uso de bolsas plásticas, pajillas y duroport, tiene multas establecidas para las personas que incumplan dicha iniciativa. Pero todos los esfuerzos no son suficientes cuando existen ciudadanos y visitantes que se oponen a un correcto descarte de desechos sólidos.

La resistencia ante las normativas para mejorar la gestión de los desechos afecta el proceso de transformación que se le da a los residuos en la planta de tratamiento municipal, instalaciones que han sido adecuadas para tratar los desechos en orgánicos, inorgánicos y reciclables. Los operarios de esta planta cuentan con los equipamientos mínimos, con maquinaria básica que limita la capacidad de tratamiento que se le puede dar a los desechos recolectados. Los colaboradores de cada área de tratamiento no han recibido una formación previa al desempeño de sus labores, por lo que se desarrollará un plan de capacitación que permita garantizar las practicas adecuadas en el manejo de desechos y la utilización obligatoria del equipo de seguridad personal existente, reduciendo incidentes y accidentes en los operarios tanto de la planta de tratamiento como del servicio de recolección.

Por otro lado, la duplicidad de labores en los procesos actuales reduce la capacidad productiva de la planta, disminuye los beneficios obtenidos por la producción de abonos mediante el proceso de compostaje y reduce el volumen de residuos comercializables, siendo estas las principales fuentes de ingreso por el manejo de desechos sólidos para la municipalidad. Debido a esta situación se

hace necesaria la evaluación y fortalecimiento al sistema de recolección y planta de tratamiento analizando los procesos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final utilizados, estableciendo propuestas de mejora que garanticen un correcto manejo de desechos. Para obtener un incremento en los beneficios económicos derivados de la venta de reciclables, se pretende eliminar los intermediarios entre la municipalidad y las empresas recicladoras.

El plan de regulación de consumo de energía eléctrica en los centros educativos se desarrollará a partir de los requerimientos establecidos por el Ministerio de Educación y las tecnologías existentes para la reducción de consumo. De forma paralela se llevará a cabo la concientización del personal administrativo, docente y alumnado de cada centro, fomentando los hábitos que permitan un correcto uso de las instalaciones, especialmente de los equipos y área que emplean energía eléctrica.

OBJETIVOS

General

Diseñar una alternativa para solucionar y mejorar el servicio de recolección y manejo de los desechos sólidos para eliminar la inadecuada disposición final y minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente en el municipio de San Pedro La Laguna, Sololá.

Específicos

1. Analizar los procesos actuales para la clasificación, transporte y disposición final de desechos sólidos para medir la capacidad productiva de la planta de tratamiento de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.
2. Definir los métodos y procesos que se desarrollan actualmente para la transformación y manejo de residuos sólidos de la planta de tratamiento de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.
3. Proponer la implementación de metodologías, maquinarias y equipos que permitan reducir el volumen de desechos sólidos que se disponen en el relleno sanitario.
4. Establecer un reordenamiento de las rutas de recolección de desechos sólidos que satisfaga las deficiencias actuales.

5. Documentar el enfoque que se requiere en los procesos y procedimientos para erradicar las deficiencias obtenidas a partir del diagnóstico en el manejo de los desechos y residuos sólidos.
6. Ejecutar acciones que permitan la reducción de costos por consumo de combustible y energía eléctrica en las rutas de recolección y dependencias municipales respectivamente.
7. Elaborar registros del volumen de desechos sólidos que ingresan a la planta de tratamiento para definir el consumo de la capacidad del relleno sanitario, los ingresos económicos por comercialización de desechos reciclables y la producción de abonos con el proceso de compostaje.
8. Implementar tecnologías y metodologías para reducir el consumo energético en los centros educativos del cantón Chuasanahí que dependen de la municipalidad para sufragar el costo del servicio de energía eléctrica.
9. Desarrollar herramientas de mitigación para la exposición del personal operativo a incidentes y accidentes que pueden darse desde la recolección hasta la disposición final de los desechos sólidos.

INTRODUCCIÓN

El municipio de San Pedro La Laguna, pertenece a la cuenca del lago de Atitlán, por lo que actualmente se ha integrado a programas y proyectos sobre la gestión de desechos sólidos, puesto que en el año 2017 se evidenció que el lago se encuentra en una fase de contaminación que aún puede ser revertida. Este municipio cuenta con una planta de tratamiento de desechos sólidos y un sistema de recolección separativo, además, en el año 2016 se implementó el acuerdo municipal 111-2016 que regula el uso y distribución de bolsas plásticas, pajillas, duroport y sus derivados.

La geolocalización del municipio ofrece una variedad de destinos turísticos, siendo este uno de los factores por los que incrementa la población del lugar, generando mayor producción de desechos sólidos. Por otro lado, los habitantes constantemente requieren productos de origen industrial o desechable, lo que afecta el cumplimiento sobre el no uso de bolsas plásticas, que en muchas ocasiones son empleadas para descartar los residuos en los hogares y comercios.

Al no cumplirse con los requisitos del servicio del tren de aseo municipal, que establece que los desechos deberán ser entregados en cubetas o costales y separados en orgánicos, inorgánicos y reciclables se obtiene un inadecuado manejo de desechos sólidos, que requerirá el fortalecimiento de cada una de las fases que lo forman para evitar que los desechos orgánicos se contaminen, que incremente el volumen de desechos dispuestos en el relleno sanitario, y que disminuya la cantidad de residuos comercializables, afectando el presupuesto municipal, pues recae en costos más elevados. Además, un descarte inadecuado

de los desechos incrementa los riesgos a los que son expuestos los operarios del servicio de recolección y de la planta de tratamiento.

Tomando en consideración la importancia que tiene una correcta clasificación de desechos sólidos desde la generación para un mejor proceso de tratamiento, se hace necesaria la evaluación de los métodos empleados actualmente para determinar los puntos que intervienen negativamente en el proceso y obtener las propuestas correctivas que permitan favorecer tanto los procesos, como la inversión requerida para el manejo de desechos sólidos a nivel municipal.

Otro aspecto importante, es el costo por consumo energético que generan los centros educativos que dependen económicamente de la municipalidad, para los cuales se realizará un plan de regulación de consumo que permita reducir los egresos por pago de dicho servicio.

1. GENERALIDADES DE LA MUNICIPALIDAD

1.1. Descripción de la municipalidad

La municipalidad como una institución autónoma debe garantizar las condiciones para una calidad de vida aceptable para sus pobladores, a continuación, se describen los aspectos más relevantes de este municipio.

1.1.1. Localización geográfica

San Pedro La Laguna es uno de los diecinueve municipios que pertenecen al departamento de Sololá, se localiza a una latitud de 14° 41' 25" norte y una longitud de 91° 16' 21" oeste.

Se encuentra a una altitud de 1,610 metros sobre el nivel del mar, Colinda al Norte con San Juan La Laguna y lago de Atitlán, al Este con Santiago Atitlán y lago de Atitlán, al Sur con Santiago Atitlán y Chicacao al Oeste con San Juan La Laguna y Chicacao.

1.1.2. Extensión territorial

Su extensión territorial es de 24 kilómetros cuadrados según información del alcalde municipal, las tierras municipales ocupan aproximadamente el 25 % de la superficie total del municipio, con una extensión aproximada de 245 hectáreas en las que se produce maíz y frijol, y las tierras comunales tienen una extensión de 355 Hectáreas, en donde se explota el Pino, Pinabete y la extracción de leña. El municipio se divide en cuatro cantones y dos sectores que son:

Tabla 1.

División política administrativa de San Pedro La Laguna

Cantones	Zona
Cantón Pacuchá	Zona 1
Cantón Chuacanté	Zona 2
Cantón Chuasanahí	Zona 3
Cantón Tzanjay	Zona 4
Sector Bella Vista	Zona 5
Sector Xepacoral	Zona 6

Nota. Detalle de los cantones y sectores en que está dividido el municipio. Obtenido del Trabajo de campo Programa Ejercicio Profesional Supervisado Multidisciplinario. Segunda Cohorte (2019). Dominio público.

1.1.3. Vías de acceso

San Pedro La Laguna, es accesible por vía terrestre en carretera asfaltada a través del desvío ubicado en el Kilómetro 148 de la carretera Interamericana que conduce hacia Santa Clara La Laguna y el recorrido es de 30 kilómetros, así mismo es accesible desde Santiago Atitlán por carretera de terrecería con una distancia de 21 kilómetros, desde la ciudad capital hay una distancia de 178 Kilómetros.

Por vía acuática en servicio público y privado desde cualquiera de los pueblos alrededor del lago, principalmente desde Panajachel; la distancia que recorre la embarcación es de 13 kilómetros.

1.1.4. Población

La población según datos municipales en la localidad de San Pedro La Laguna, Sololá, cuenta con 12,508 habitantes, en donde existe una predominancia del sexo femenino sobre el masculino.

1.1.5. Infraestructura

El municipio cuenta aproximadamente con 3,500 viviendas, las cuales están habitadas en un 80 % mientras que el 20 % son habitadas de forma temporal por turistas. Los materiales de construcción son: principalmente de bloques de cemento, arena de río, piedra y en su mayoría con características modernas, con piso de cemento o cerámico, la cubierta de una y dos aguas de lámina de zinc, asbesto o de concreto, se observan numerosas viviendas de dos y tres niveles construidos con mano de obra local.

Los servicios con que cuenta cada vivienda son:

- Agua

Los distintos gobiernos municipales que han ejercido durante los últimos años han priorizado el abastecimiento de agua a la población. Por lo que el 99 % de la población cuentan con este servicio.

Es importante hacer mención que dentro del municipio no existen nacimientos de agua con suficiente caudal, lo que ha provocado la necesidad de adquirir los derechos de extracción de este recurso desde el municipio de San Marcos La Laguna. Lamentablemente, durante la tormenta Stan fue afectado el conducto que traslada el agua a la comunidad; los altos costos que implica la

reparación de la tubería han hecho necesaria la implementación de un método hidráulico para extraerla del lago, sin embargo, el sistema actual depende del servicio eléctrico y al ser suspendido, la población queda sin agua por períodos prolongados.

El sistema de distribución de agua utilizado en los cinco cantones del Municipio es por gravedad y bombeo, el líquido vital se envía hacia dos tanques de almacenamiento que están ubicados en la parte alta del Cantón Pacuchá, luego se dirige a un tanque de distribución, donde pasa el proceso de cloración y posteriormente se traslada a la red. El servicio de agua no es continuo, la distribución se realiza tres días por semana durante dos horas diarias, por lo que se considera que el servicio es deficiente.

- Energía eléctrica

En el municipio la empresa que brinda el servicio eléctrico es DEOCSA, según datos proporcionados por el INE se atiende a 2,508 usuarios que representan el 99.5 % de la población total.

En referencia al alumbrado público los COCODES han hecho la solicitud a través de la municipalidad para ampliar la cobertura de alumbrado público en los diferentes cantones, especialmente para los diversos callejones que circundan las calles principales.

- Drenaje y alcantarillado

El municipio no posee letrinas ni drenaje, las aguas negras son depositadas en pozos ciegos.

1.1.6. Economía

La población económicamente activa refleja que el 49 % de la población se dedica principalmente a las actividades agrícolas, el cual trabaja un suelo cuya área de vocación agrícola es inferior al 15 %, lo que actualmente, genera conflictos, pobreza y pobreza extrema, pudiendo incrementarse la crisis hacia el futuro, si no se diversifican los sistemas de producción y la actividad económica del municipio. En orden de importancia le siguen las artes mecánicas con el 30 %, y en servicios y comercios el 8 %; técnicos y profesionales de nivel medio el 5 %. Las demás actividades productivas ocupan muy bajo porcentaje de la PEA.

En este municipio el nivel de pobreza es de 47.60 %. El índice de valor de brecha que le corresponde del total nacional es del 0.05 %.

Los cultivos más importantes de la actividad agrícola son: el café, maíz, frijol, cebolla y tomate. La producción de café es la más representativa, y aunque no existen plantaciones establecidas de aguacate, al ser utilizado para sombra del café se produce y comercializa de forma local.

Actualmente la economía familiar de los pobladores depende en gran medida de los servicios de hotelería, restaurantes, escuelas de idioma español, agencias de viajes como subcontratistas, entre otros; a fin de brindar atención a los turistas nacionales y extranjeros.

1.1.7. Medios de transporte

Dentro del municipio se utilizan pick up con rutas establecidas y moto taxi, principalmente. Además, cuenta con cuatro empresas de autobuses extraurbanos, las cuales prestan servicio diario entre San Pedro La Laguna y la

ciudad capital, teniendo salidas desde el parque Puerta Hermosa en los horarios: 3:00, 4:00, 5:00, 6:00, 7:00, 8:00, 10:00, 11:00, 12:00 y 14:00 horas. Con un tiempo aproximado de viaje de cuatro horas. Las salidas de la ciudad capital desde la terminal de buses de occidente a las 5:00, 11:00, 14:00, 15:00 y 16:00 horas.

Hacia la ciudad de Quetzaltenango comenzando a las 4:30 horas. Cada hora hasta las 9:00 horas. Iniciando el regreso a partir de las 14:00 horas.

Por vía acuática el acceso a la localidad desde los municipios vecinos se puede realizar en lanchas, se tiene a la disposición 35 unidades que son propiedad de los miembros de la Asociación de Lancheros Ambientalistas con capacidad para 25 personas cada una, iniciando el recorrido la primera lancha de San Pedro a Panajachel a partir de las 6:00 horas, luego cada hora hasta las 17:00 horas, y de regreso se inicia a las 7:00 horas. Luego cada hora hasta las 19:00 horas, con un tiempo estimado de recorrido de 20 minutos.

También existe una empresa naviera hacia el municipio de Santiago Atitlán, saliendo de San Pedro la primera lancha a las 6:00 horas luego cada hora hasta las 16:00 horas y de regreso a San Pedro a partir de las 7:00 horas luego cada hora hasta las 17:00 horas, con un tiempo estimado de 30 minutos.

1.1.8. Cultura

Los habitantes de San Pedro La Laguna forman parte de la cultura Maya, que es una de las más antiguas. La población del municipio pertenece a la etnia Tz'utujil, niños y adultos hablan de forma fluida dos idiomas, siendo estos: el Tz'utujil como idioma materno con un 23 % de hablantes y el español como segundo idioma, lo habla el 77 % de la población.

La religión predominante es la católica, representada por 53 % de la muestra y el 47 % es evangélica, según información recabada en el estudio de campo. La primera cuenta con un templo ubicado en el centro del casco urbano y las denominaciones protestantes con 17 templos situados en los diferentes cantones del Municipio.

La fiesta patronal de San Pedro La Laguna es el 29 de junio en honor al apóstol San Pedro, el área destinada para el desarrollo de la feria cubre la playa, hasta el muelle de Santiago y vías cercanas. Se ofrecen juegos, casetas, tiendas de comida, exhibiciones. El evento inicia el 20 de junio y finaliza el 7 de julio con música y baile por las noches. La Municipalidad es la encargada de organizar cada año un Comité Pro-festejos.

La Semana Santa se caracteriza por las procesiones religiosas y la creación de alfombras hechas en las calles con aserrín, flores y vegetales.

Los habitantes de este municipio también celebran el convite infantil concepción de María 8 de diciembre, el convite navideño 23, 24 y 25 de diciembre, convite del año nuevo en honor al Niño Dios que se celebra a orillas del Lago de Atitlán el 30 y 31 de diciembre y 1 de enero.

1.1.9. Educación

El municipio de San Pedro La Laguna cuenta con la educación es un factor que con el paso del tiempo ha tomado mucha importancia lo cual es consecuencia del desarrollo económico que permite el acceso a la educación público o privada.

1.1.9.1. Porcentaje de analfabetismo y alfabetismo

Con base en datos proporcionados por CONALFA el índice de alfabetismo del Municipio de San Pedro La Laguna es de 77 %, comparado con el departamento de Sololá al año 2005 es más alto en un 13 %. El 21 % de hombres son analfabetos y 26 % de mujeres no saben leer ni escribir.

1.1.9.2. Existencia de instituciones educativas en la comunidad

En el municipio de San Pedro La Laguna existen 18 centros educativos de los cuales se imparte educación preprimaria, párvulos, primaria básico y diversificado, entre estos establecimientos se puede mencionar que hay escuelas, Institutos, colegios privados, centros de educación especial y educación para adultos.

1.1.10. Acuerdos, convenios y reglamentos

El marco jurídico e institucional para el manejo de los desechos y residuos sólidos en Guatemala es amplio y se ha ido desarrollando a diferentes niveles: nacional, regional y municipal. El país cuenta con una Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos (Acuerdo Gubernativo 281-2015) y varias políticas conexas. Concretamente, en la Cuenca del Lago de Atitlán, los esfuerzos realizados por el 60 % de las municipalidades, acompañadas de AMSCLAE, las mancomunidades de la región y la cooperación internacional.

A nivel municipal se cuenta con la regulación del uso y comercialización de bolsas plásticas, pajillas, duroport y sus derivados con el acuerdo municipal

111-2016. Que ha requerido el fortalecimiento de la figura del Juez de Asuntos Municipales, del Inspector de Salud, del Fiscal del Ministerio Público y de los Jueces del Organismo Judicial, mediante su capacitación para que puedan ejercer un rol relevante en el cumplimiento de las disposiciones legales para el manejo integral de los desechos y residuos sólidos en el municipio, a partir de un buen conocimiento de las características de la Cuenca del Lago de Atitlán, sus potencialidades y sus limitantes.

A pesar de la promulgación del acuerdo municipal 111-2016, aproximadamente el 25 % de la población sigue utilizando bolsas plásticas, duroport y pajillas. Los cuales, a través de monitoreos son identificados y sancionados por parte de la municipalidad, quienes establecen lo siguiente:

Según el Acuerdo municipal 111-2016 (2016):

Toda persona individual y jurídica que haga uso de estos productos de único uso, inútiles y no reusables, pajillas, duroport y sus derivados, será sancionada con una multa de trescientos quetzales exactos (Q 300.00).

A las empresas que comercialicen y distribuyan bolsas plásticas, duroport, pajillas y derivados, dentro del municipio de San Pedro La Laguna, se le sancionará con una multa de quince mil quetzales exactos (Q 15,000.00). (p. 1)

1.2. Generalidades de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos

La construcción de la planta fue posible gracias a fondos proporcionados por la MANKATITLAN, PNUD y AMSCLAE. A continuación, se detalla la información correspondiente a la ubicación, instalaciones, personal y equipo de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.

1.2.1. Ubicación

La planta de tratamiento de desechos sólidos se encuentra a 4.5 kilómetros del casco urbano del municipio, en el sector de Tik'bal'ya, en la carretera que conduce de San Pedro La Laguna a Santiago Atitlán, ambos del departamento de Sololá.

Figura 1.

Mapa de la ubicación de la planta de tratamiento



Nota. Distancia del edificio municipal a la planta de tratamiento de San Pedro La Laguna. [Mapa] Elaboración propia, realizado con MapHub.

1.2.2. Instalaciones

Las instalaciones de la planta de tratamiento se encuentran diseñadas con espacios amplios y de pocas columnas, para obtener mayor flexibilidad en la distribución de maquinaria y equipo en el piso de la planta. Es un edificio de segunda categoría, cuenta con techo de dos aguas, muros de block de cemento y malla, acero estructural con combinación de concreto armado, puertas y ventanas metálicas, cubierta superior de lámina de zinc, piso de concreto sin pulir y esta circulada por un muro perimetral construido con block de cemento.

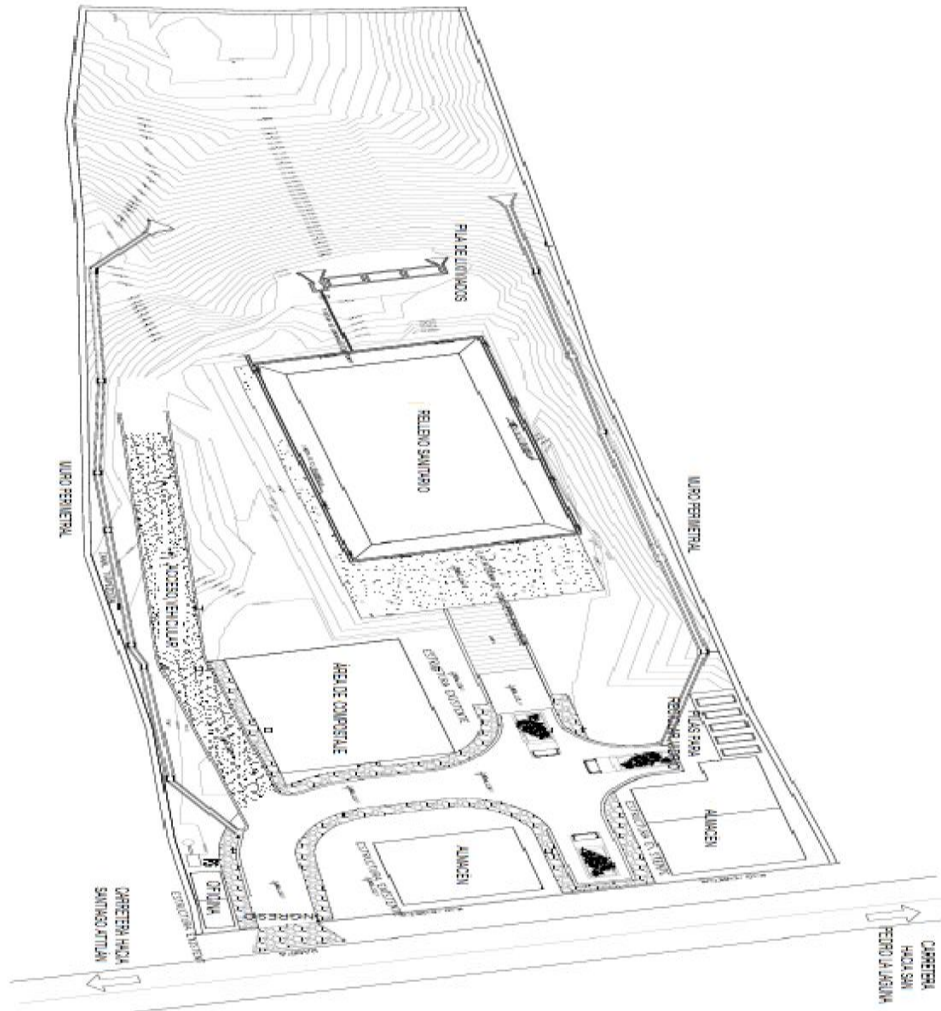
Derivado de su ubicación, la ventilación e iluminación se desarrolla mediante el aprovechamiento de las fuentes naturales, cuenta con los servicios de energía eléctrica y con un sistema de cámaras de seguridad que son monitoreadas desde un centro de control municipal.

El servicio de agua potable no se encuentra disponible, a diferencia del agua entubada, la cual se distribuye a través de un solo grifo en las instalaciones. Cuentan con un sanitario, en el cual el inodoro, el lavamanos y la ducha no tienen servicio de agua por tuberías; no existe una cocina disponible para el personal de operativo, por lo que los trabajadores ingieren sus alimentos en el área de almacén de la planta de tratamiento.

En la siguiente imagen se muestra la distribución de áreas de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos.

Figura 2.

Distribución de áreas de la planta de tratamiento



Nota. Plano de las instalaciones de la PTDS. Obtenido del Diagnóstico Municipal del Manejo de Desechos Sólidos de San Pedro La Laguna. ProAtitlán 2017. Dominio público.

De los procesos que se generan por la clasificación de los residuos y desechos en orgánicos, inorgánicos y reciclables, las instalaciones de la planta de tratamiento tienen estaciones de trabajo para cada actividad, de las cuales cabe destacar las siguientes:

- Oficina de recepción: en ella se desarrollan los procesos administrativos que son requeridos por la comercialización de desechos o residuos sólidos, pero también es utilizada como bodega para almacenar los sacos de abono orgánico producidos. Debido a que no se cuenta con un área de cafetería, esta oficina cuenta con lockers de metal donde los operarios dejan sus pertenencias y alimentos.
- Pilas para separación de vidrio: es una construcción a cielo abierto, que no ha sido empleada, debido a que el vidrio es entregado sin clasificarlo y sin triturarlo, dichas piletas se emplean en proyectos de innovación para la descomposición de residuos orgánicos requeridos para la producción de abonos.
- Bodega para almacenar PET: está dividida en ocho secciones, en cada una de ellas se almacena una de las clasificaciones de PET que ingresan a la planta de tratamiento, en esta área también se realiza el pesaje de dichos residuos, previo a su venta.
- Oficina: inicialmente fue diseñada como oficina para administración, pero es ocupada por los operarios como vestidor y para el uso del servicio sanitario que allí se encuentra. Adicionalmente es utilizada por el guardia que vigila las instalaciones por las noches.
- Área de clasificación: debido a la falta de infraestructura ideal para clasificar los desechos en bandas transportadoras, el proceso de clasificación se realiza en el relleno sanitario, donde los camiones descargan los desechos inorgánicos y los operarios recuperan todos los materiales reciclables, clasificándolos en PET, vidrio, cartón, metal y aluminio.

- Área de compostaje: en esta área se descargan los desechos orgánicos que recolecta el tren de aseo. El proceso de compostaje requiere de un área mayor debido a que cada semana las pilas deben ser volteadas, para garantizar el proceso de descomposición de los desechos.

Figura 3.

Área de tratamiento de desechos orgánicos



Nota. Pilas de compostaje de los desechos orgánicos en la PTDS. Elaboración propia.

- Área para compactadoras: actualmente solo se cuenta con una compactadora, el proceso de compactado se realiza para trasladar desechos inorgánicos a las instalaciones de Cementos Progreso, esto con el fin de disminuir la cantidad de desechos que se disponen en el relleno sanitario.
- Relleno Sanitario: diseñado para un periodo de 10 años de vida, este tiene una capacidad de 6,986 metros cúbicos. Es el área de disposición final de

los desechos inorgánicos que no son reciclables y que no fueron compactados. Estos desechos son cubiertos para su adecuada disposición. Lamentablemente, el relleno sanitario se encuentra cerca de la saturación, por la acumulación desordenada y acelerada de dichos desechos. Por otro lado, los lixiviados generados dentro del relleno sanitario son transportados los tanques de almacenamiento, actualmente no se tiene un proceso de tratamiento de lixiviados.

Figura 4.

Relleno sanitario



Nota. identificación del relleno sanitario de la PTDS de San Pedro La Laguna. Elaboración propia.

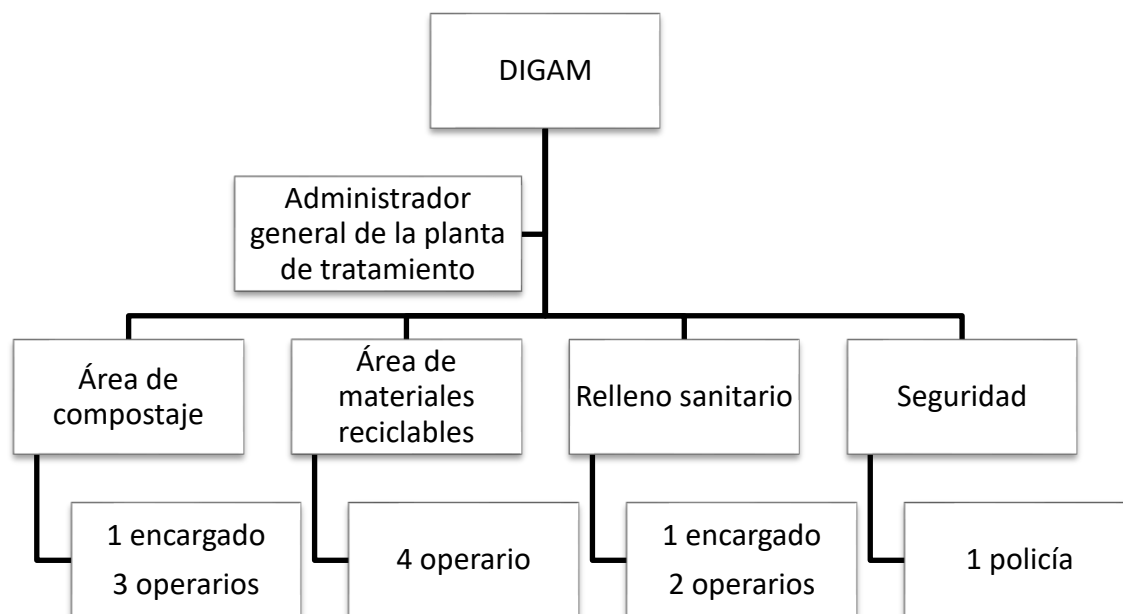
1.2.3. Personal

Según información proporcionada por la DIGAM, la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos cuenta con once trabajadores contratados por la

municipalidad, los cuales están divididos en tres grupos, la organización de los trabajadores se muestra a continuación:

Figura 5.

Organigrama de la DIGAM



Nota. Descripción de los niveles de organización del personal de la DIGAM. Elaboración propia, elaborado con Canva.

El personal cuenta con asistencia médica cada tres meses en donde reciben vacunación contra tétano e influenza, que son las enfermedades a los que están más propensos por el trabajo que desempeñan., también se requiere mencionar que los operarios de la planta de tratamiento cuentan con equipo de protección personal básico, siendo este: botas de hule, chalecos reflectivos, guates y mascarillas.

1.2.4. Equipo

Anteriormente, la planta de tratamiento contaba con dos compactadoras, pero por falta de mantenimiento, actualmente solo se encuentra una en funcionamiento. Cuenta con una cernidora para abono orgánico, una pesa digital, dos carretas y dos trituradoras de desechos orgánicos, estas últimas no son funcionales debido a la humedad con la que llegan los desechos orgánicos a la planta de tratamiento.

En cuanto a la seguridad de los operarios, cada uno cuenta con el equipo de protección siguiente: mascarilla, guantes, botas de hule y chaleco reflectivo. Los operarios que requieren de forma obligatoria la mascarilla son los que trabajan en el área de compostaje.

1.3. Generalidades del servicio de recolección de residuos y desechos sólidos

La municipalidad de San Pedro La Laguna ha establecido las rutas y horarios de recolección en función de los sectores y cantones que conforman el municipio. Los desechos y residuos sólidos deben estar clasificados y separados en orgánico, inorgánico y reciclable, previo a ser entregados en el centro de acopio o tren de aseo, además, los usuarios del servicio de recolección no pueden emplear bolsas plásticas para entregar sus desechos y residuos.

La recolección es diaria, el centro de acopio municipal está abierto de lunes a domingo, pero este, está destinado especialmente a la recepción de los residuos y desechos del mercado municipal. Por su parte, el tren de aseo cuenta con dos camiones que recorren el municipio de lunes a viernes, además, existe un empleado municipal que recolecta los residuos y desechos sólidos de la franja

turística, transportándolos a puntos estratégicos donde son recolectados por el tren de aseo. Los recorridos del tren de aseo abarcan dos zonas por día, como el municipio solo cuenta con cuatro zonas, las rutas se repiten dos veces por semana, el detalle de las rutas de recolección se muestra a continuación:

Tabla 2.

Distribución de las rutas de recolección

RUTAS DE RECOLECCIÓN	
Lunes	Zona 1 y 2
Martes	Zona 3 y 4
Miércoles	Zona 1,2,3 y 4
Jueves	Zona 1 y 2
Viernes	Zona 3 y 4
Sábado	Centro de acopio
Domingo	Centro de acopio

Nota. Detalle de la distribución diaria de las rutas del tren de aseo en San Pedro La Laguna. Elaboración propia, realizado con Excel.

Es importante explicar que el miércoles se recorren todas las zonas debido a que este día se recolectan únicamente materiales reciclables.

1.3.1. Personal

El servicio de recolección cuenta con diez empleados, contratados por la municipalidad, los cuales están divididos en tres grupos, el primero es el tren de aseo, cada camión cuenta con un piloto y dos recolectores, en ambos camiones el recolector es el encargado de realizar el cobro del servicio. El segundo grupo es el centro de acopio, que cuenta con tres barrenderos, de los cuales se delega un encargado para cobrar el servicio de recolección, además, cuenta con el

apoyo de uno de los técnicos de la DIGAM, el cual se encarga de contabilizar y entregar a Tesorería Municipal los ingresos obtenidos.

Finalmente, el servicio de recolección especial (destinado a la franja turística) está integrado por un recolector, que se encarga a su vez de realizar el cobro del servicio. Actualmente, cuando uno de los empleados se ausenta de su puesto de trabajo, este es sustituido temporalmente por uno de los operarios de la planta de tratamiento.

1.3.2. Equipo

El equipo de protección y herramientas utilizadas por los operarios del servicio de recolección varía en función de las actividades que se realizan.

Tabla 3.

Herramientas y EPP de los operarios del servicio de recolección

GRUPO	PUESTO	HERRAMIENTAS	EPP
Tren de aseo	Piloto	---	- Mascarilla
	Recolector	Suach de 4 dientes	- Mascarilla - Lentes de seguridad - Guantes - Botas de huele - Capa impermeable
Centro de acopio	Encargado	---	- Mascarilla
	Barrendero	Escoba Costales	- Mascarilla - Guantes - Botas de huele - Capa impermeable
Servicio de recolección especial	Recolector	Carretilla de mano	- Mascarilla - Guantes - Botas de huele - Capa impermeable

Nota. Detalle de los implementos asignados a cada operario del servicio de recolección. Elaboración propia, realizado con Excel.

1.3.3. Camiones

El servicio de recolección es realizado con dos camiones, un camión marca KIA, modelo 2014, con capacidad máxima de 2 toneladas y un camión marca HINO, modelo 2010, con capacidad máxima de 3.5 toneladas. Ambos camiones están destinados a la recolección de residuos y desechos sólidos separados en orgánico, inorgánico y materiales reciclables, actualmente no se han hecho modificaciones a la palangana de los camiones que permitan realizar la recolección separativa, por lo que los trabajadores construyen divisiones con los costales que los usuarios entregan durante la recolección.

Tabla 4.

Especificaciones técnicas de los camiones recolectores

Ítem	KIA	HINO
Motor	K2700	WU340L-HKMMS3
Potencia Máxima	80hp @ 4,000 rpm	103hp @ 3,200 rpm
Largo total en mm	4,825	5,965
Ancho total en mm	1,740	1,860
Transmisión mecánica	5 velocidades	5 velocidades
Capacidad combustible en litros	60	100
Máxima capacidad de carga en toneladas	2	3.5

Nota. Descripción de las características técnicas de los vehículos empleados en el tren de aseo. Elaboración propia, realizado con Excel.

2. EVALUACIÓN Y FORTALECIMIENTO AL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS EN SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ

2.1. Diagnóstico de la situación actual del manejo de desechos sólidos

El análisis de la situación actual se centró en la observación de los aspectos más importantes que forman parte del entorno de los servicios de recolección de residuos y desechos sólidos, el transporte, tratamiento y disposición final que se estudian en el presente documento; las condiciones de trabajo bajo las que se desempeñan los empleados; la viabilidad de la reestructuración de las rutas de recolección y la eliminación de la concesión de residuos reciclables a intermediarios de las empresas recicladoras a nivel nacional.

Para inferir de manera adecuada en el sistema para el manejo de residuos existente en la municipalidad, se contó con la estructuración y realización de monitoreo al servicio de recolección y de cada uno de los procesos que se desarrollan en la planta de tratamiento. El trabajo de campo se desarrolló atendiendo las recomendaciones y parámetros establecidos por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, a través de AMSCLAE que busca conservar y resguardar el ecosistema del lago, mediante el manejo responsable de los residuos y desechos sólidos.

Adicionalmente, se consideraron los componentes desarrollados por el programa PROATITLÁN en el periodo 2014-2018, que fue orientado a aumentar los ingresos de las familias mediante la creación de nuevos empleos relacionados

a la gestión de residuos y con la venta de materiales reciclables y composta orgánica derivados de la basura local. Cabe destacar que es este método el que se implementa actualmente en la planta de tratamiento para reducir el volumen de residuos que se disponen en el relleno sanitario.

2.2. Determinación del volumen de desechos sólidos generados a nivel municipal

El ingreso de los desechos sólidos a la planta de tratamiento es mediante los camiones del tren de aseo, en ocasiones especiales, pickups trasladan desechos de gran volumen o derivados de actividades especiales como jardinería, construcción o eventos sociales. Para ingresar a depositar sus desechos sólidos deben pagar Q 10.00, dichos desechos son depositados en un vertedero establecido en la parte final de la planta de tratamiento.

No existe un sistema de control o registro de los ingresos que efectúan los camiones o vehículos particulares a la planta de tratamiento, por ello la determinación del volumen generado se realizó mediante pesaje individual de los desechos sólidos. Para ello, posterior a la descarga de los camiones, se utilizaron mantas y costales para determinar el peso de los desechos tanto orgánicos, inorgánicos y reciclables, este proceso se realizó durante una semana, con ello se determinaron los índices de recuperación de los materiales que son comercializados, puesto que es el único dato del cual se tiene registro en la administración de la planta de tratamiento.

Para determinar los volúmenes generados por mes se tomaron como base las cantidades de abono orgánico y las cantidades de residuos reciclados comercializados durante cada mes.

2.2.1. PET

Todo el material plástico no contaminado que aún puede emplearse para reciclaje en sus diversas presentaciones, colores y material que lo conforma.

Tabla 5.

Ingreso de PET 2019

Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	PET ingresado por mes en quintales
Enero	6.38	5.55	4.28	5.29	2.94	24.43
Febrero	4.68	8.63	5.79	5.55	0.00	24.65
Marzo	4.12	7.60	5.10	4.89	0.00	21.70
Abril	4.33	7.99	5.36	5.13	0.00	22.81
Mayo	7.74	6.74	5.20	6.42	3.57	29.65
Junio	4.82	8.90	5.97	5.72	0.00	25.41
Julio	8.34	7.26	5.60	6.92	3.85	31.97
Agosto	4.14	7.64	5.12	4.91	0.00	21.82
Septiembre	5.14	9.49	6.36	6.10	0.00	27.11
Octubre	6.63	5.77	4.45	5.50	3.06	25.41
Noviembre	4.36	8.05	5.39	5.17	0.00	22.97
Diciembre	4.87	8.99	6.02	5.77	0.00	25.65
Promedio/semana	5.46	7.72	5.39	5.61	1.12	303.57

Nota. Cantidad de residuos de PET obtenido mediante el servicio de recolección. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.2. Plástico

Todos los materiales de origen plástico soplado y no soplado, que está en condiciones adecuadas para aprovecharse en un proceso de reciclado.

Tabla 6.*Ingreso de plástico 2019*

Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Plástico ingresado por mes en quintales
Enero	5.13	4.47	3.44	4.25	2.36	19.65
Febrero	2.74	5.05	3.39	3.25	0.00	14.42
Marzo	2.51	4.64	3.11	2.98	0.00	13.24
Abril	2.37	4.38	2.93	2.81	0.00	12.49
Mayo	4.22	3.67	2.83	3.50	1.94	16.17
Junio	1.93	3.56	2.38	2.29	0.00	10.15
Julio	4.05	3.53	2.72	3.36	1.87	15.52
Agosto	2.26	4.17	2.79	2.68	0.00	11.89
Septiembre	2.78	5.13	3.44	3.30	0.00	14.64
Octubre	3.30	2.88	2.22	2.74	1.52	12.66
Noviembre	2.60	4.80	3.22	3.08	0.00	13.70
Diciembre	2.89	5.33	3.57	3.42	0.00	15.21
Promedio/semana	3.06	4.30	3.00	3.14	0.64	169.75

Nota. Cantidad de residuos de materiales plásticos obtenidos mediante el servicio de recolección.

Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.3. Metal

Elementos como el cobre que se extrae de cableados, chatarrería de actividades que se desarrollan en el medio y que son comercializables a nivel municipal.

Tabla 7.*Ingreso de metal 2019*

Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Metal ingresado por mes en quintales
Enero	5.82	5.06	3.91	4.82	2.68	22.29
Febrero	2.58	4.76	3.19	3.06	0.00	13.58
Marzo	2.07	3.83	2.57	2.46	0.00	10.93
Abril	2.52	4.64	3.11	2.98	0.00	13.26
Mayo	4.50	3.92	3.02	3.73	2.08	17.25
Junio	1.81	3.33	2.24	2.14	0.00	9.52
Julio	3.72	3.24	2.50	3.09	1.72	14.27
Agosto	2.18	4.03	2.70	2.59	0.00	11.50
Septiembre	2.49	4.59	3.08	2.95	0.00	13.10
Octubre	3.51	3.06	2.36	2.91	1.62	13.45
Noviembre	3.03	5.59	3.75	3.59	0.00	15.95
Diciembre	2.51	4.63	3.10	2.97	0.00	13.21
Promedio/semana	3.06	4.22	2.96	3.11	0.67	168.31

Nota. Cantidad de residuos de metal obtenido mediante el servicio de recolección. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.4. Aluminio

Principalmente, este material se obtiene de las latas de alimentos y bebidas, se debe separar el material comercializable de aquel que solo puede disponerse en el relleno sanitario.

Tabla 8.*Ingreso de aluminio 2019*

Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Aluminio ingresado por mes en quintales
Enero	0.43	0.37	0.29	0.35	0.20	1.64
Febrero	0.28	0.51	0.34	0.33	0.00	1.46
Marzo	0.14	0.25	0.17	0.16	0.00	0.72
Abril	0.21	0.40	0.27	0.25	0.00	1.13
Mayo	0.50	0.44	0.34	0.42	0.23	1.93
Junio	0.31	0.58	0.39	0.37	0.00	1.65
Julio	0.47	0.41	0.31	0.39	0.22	1.79
Agosto	0.21	0.39	0.26	0.25	0.00	1.12
Septiembre	0.30	0.55	0.37	0.35	0.00	1.57
Octubre	0.40	0.35	0.27	0.33	0.18	1.52
Noviembre	0.29	0.53	0.36	0.34	0.00	1.52
Diciembre	0.46	0.85	0.57	0.54	0.00	2.42
Promedio/semana	0.33	0.47	0.33	0.34	0.07	18.47

Nota. Cantidad de residuos de aluminio obtenido mediante el servicio de recolección. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.5. Vidrio

Este material es uno de los más delicados en cuanto a su manejo y manipulación, por lo que se asigna una persona para que sea la encargada de operar este tipo de producto.

Tabla 9.*Ingreso de vidrio 2019*

Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Vidrio ingresado por mes en quintales
Enero	30.04	26.16	20.17	24.92	13.85	115.14
Febrero	16.05	29.62	19.85	19.03	0.00	84.55
Marzo	15.96	29.47	19.75	18.93	0.00	84.11
Abril	18.40	33.96	22.76	21.82	0.00	96.95
Mayo	27.18	23.67	18.25	22.54	12.53	104.17
Junio	14.11	26.04	17.46	16.73	0.00	74.34
Julio	33.29	28.99	22.35	27.61	15.35	127.59
Agosto	14.35	26.49	17.75	17.02	0.00	75.62
Septiembre	18.07	33.36	22.36	21.44	0.00	95.23
Octubre	23.29	20.28	15.64	19.32	10.74	89.26
Noviembre	19.35	35.72	23.94	22.95	0.00	101.97
Diciembre	17.04	31.46	21.08	20.21	0.00	89.80
Promedio/semana	20.60	28.77	20.11	21.04	4.37	1138.73

Nota. Cantidad de residuos de vidrio obtenido mediante el servicio de recolección. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.6. Cartón y papel

Estos productos son de los menos aprovechables, debido a que su fragilidad al contacto con otros materiales lo degrada o contamina, convirtiéndolo en materiales no aprovechables en cuanto a reciclaje se refiere.

Tabla 10.*Ingreso de papel y cartón 2019*

Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Papel y cartón ingresado por mes en quintales
Enero	21.89	19.06	14.70	18.16	10.09	83.90
Febrero	11.69	21.58	14.47	13.87	0.00	61.61
Marzo	11.63	21.47	14.39	13.80	0.00	61.29
Abril	13.41	24.75	16.59	15.90	0.00	70.65
Mayo	19.80	17.25	13.30	16.43	9.13	75.91
Junio	10.28	18.98	12.72	12.19	0.00	54.17
Julio	24.26	21.12	16.29	20.12	11.19	92.98
Agosto	10.46	19.30	12.94	12.40	0.00	55.10
Septiembre	13.17	24.31	16.29	15.62	0.00	69.39
Octubre	16.97	14.78	11.40	14.08	7.82	65.04
Noviembre	14.10	26.03	17.45	16.73	0.00	74.30
Diciembre	12.42	22.92	15.36	14.73	0.00	65.43
Promedio/semana	15.01	20.96	14.66	15.33	3.19	829.78

Nota. Cantidad de materiales de papel y cartón obtenidos mediante el servicio de recolección. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.7. Orgánico

Es el material que se produce en mayor cantidad, pero que puede contaminarse de forma fácil debido a que si cualquier material inorgánico se mezcla con estos interfiere con el proceso adecuado de descomposición.

Tabla 11.*Ingreso de desechos orgánicos 2019*

Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Orgánico por mes en quintales
Enero	1036.47	902.59	696.01	859.69	477.91	3972.67
Febrero	565.43	1043.58	699.49	670.60	0.00	2979.10
Marzo	542.09	1000.50	670.62	642.91	0.00	2856.12
Abril	613.50	1132.29	758.96	727.60	0.00	3232.36
Mayo	951.16	828.30	638.72	788.92	438.57	3645.68
Junio	494.80	913.22	612.11	586.83	0.00	2606.96
Julio	1102.68	960.25	740.48	914.61	508.44	4226.46
Agosto	499.87	922.57	618.38	592.83	0.00	2633.64
Septiembre	624.07	1151.80	772.03	740.14	0.00	3288.04
Octubre	804.71	700.77	540.38	667.46	371.05	3084.36
Noviembre	650.54	1200.65	804.78	771.53	0.00	3427.49
Diciembre	597.78	1103.28	739.51	708.96	0.00	3149.52
Promedio/semana	706.92	988.32	690.96	722.67	149.66	39102.40

Nota. Cantidad de materiales orgánicos obtenidos mediante el servicio de recolección.
Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.8. Inorgánico

En este grupo entran todos aquellos materiales que no pueden ser aprovechados en temas de reciclaje, ya sea por sus propiedades o porque durante el proceso de recolección fueron contaminados con otros materiales.

Tabla 12.*Ingreso de desechos inorgánicos 2019*

Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Inorgánico por mes en quintales
Enero	907.59	790.36	609.47	752.79	418.49	3478.69
Febrero	495.13	913.82	612.52	587.21	0.00	2608.67
Marzo	474.69	876.09	587.23	562.97	0.00	2500.98
Abril	537.22	991.50	664.59	637.13	0.00	2830.43
Mayo	832.89	725.30	559.30	690.83	384.04	3192.36
Junio	433.28	799.66	536.00	513.86	0.00	2282.80
Julio	965.57	840.85	648.40	800.88	445.22	3700.92
Agosto	437.71	807.85	541.49	519.12	0.00	2306.17
Septiembre	546.47	1008.58	676.03	648.11	0.00	2879.19
Octubre	704.65	613.63	473.19	584.46	324.91	2700.84
Noviembre	569.65	1051.36	704.71	675.59	0.00	3001.30
Diciembre	523.45	966.09	647.55	620.80	0.00	2757.89
Promedio / semana	619.02	865.42	605.04	632.81	131.05	34240.24

Nota. Cantidad de desechos inorgánicos obtenidos mediante el servicio de recolección. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.2.9. Total de residuos recolectados

En la tabla siguiente se puede observar los ingresos totales obtenidos por medio del sistema de recolección conformado por el tren de aseo municipal, centro de acopio, servicio de recolección especial en la franja turística y todos los materiales que la población lleva directamente hasta la planta de tratamiento.

Tabla 13.*Ingreso promedio de DS*

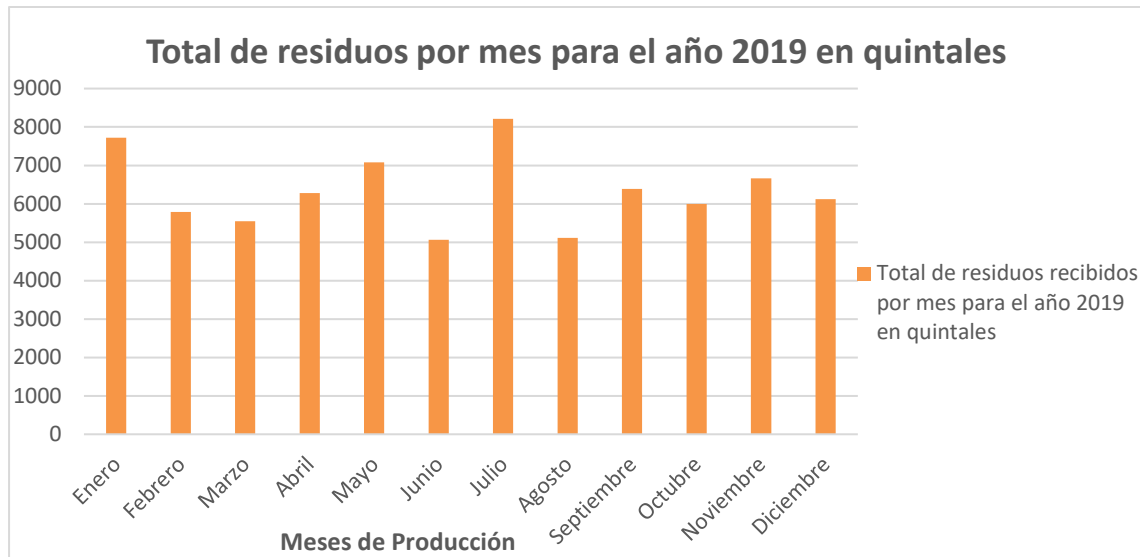
Mes	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Total de residuos en quintales
Enero	2013.74	1753.63	1352.27	1670.27	928.53	7718.43
Febrero	1098.57	2027.55	1359.03	1302.89	0.00	5788.03
Marzo	1053.22	1943.85	1302.93	1249.10	0.00	5549.09
Abril	1191.96	2199.91	1474.56	1413.65	0.00	6280.08
Mayo	1847.98	1609.28	1240.96	1532.78	852.10	7083.11
Junio	961.34	1774.27	1189.26	1140.13	0.00	5065.01
Julio	2142.38	1865.65	1438.65	1776.97	987.84	8211.49
Agosto	971.18	1792.43	1201.44	1151.80	0.00	5116.85
Septiembre	1212.49	2237.81	1499.96	1438.00	0.00	6388.26
Octubre	1563.45	1361.51	1049.89	1296.79	720.90	5992.54
Noviembre	1263.92	2332.72	1563.58	1498.99	0.00	6659.20
Diciembre	1161.41	2143.53	1436.77	1377.42	0.00	6119.13
Promedio	1373.47	1920.18	1342.44	1404.06	290.78	75971.24

Nota. Cantidad total de materiales obtenidos mediante el servicio de recolección. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con esta información podemos determinar que los meses con mayor generación de desechos sólidos a nivel municipio son julio, enero y mayo respectivamente.

Figura 6.

Ingreso promedio de DS



Nota. Descripción del comportamiento en la generación mensual de desechos y residuos sólidos a nivel municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.3. Análisis FODA

Previo a establecer la estrategia o metodología a implementar, se requiere desarrollar el diagnóstico de la organización. En el análisis FODA se visualiza el problema medular de todo el sistema y es eficaz para predecir el comportamiento futuro. Mediante el conocimiento de las debilidades y fortalezas, se determinan las acciones que permitan mitigar las amenazas y potenciar las oportunidades.

La municipalidad de San Pedro La Laguna, fue pionera a nivel nacional en el manejo de residuos sólidos, por lo que el análisis FODA nos permite valorar los elementos y capacidades que permiten la mejora del sistema de recolección y planta de tratamiento.

Tabla 14.

Matriz FODA

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
	1. Personal profesional a cargo de la dirección y coordinación del servicio y recolección de desechos sólidos	1. Falta de capacitación a los operarios para mejorar el proceso de recolección
	2. Apoyo de programas nacionales e internacionales a la DIGAM, que es la encargada de coordinar los servicios de recolección y manejo de desechos sólidos	2. No se cuenta con personal dedicado a analizar cada servicio, para identificar problemas y presentar propuestas de mejora.
	3. Planta de tratamiento para el manejo de los residuos y desechos sólidos	3. Falta de procedimientos de trabajo establecidos
	4. Espacio disponible para el crecimiento de la planta de tratamiento.	4. Falta de aplicación de manuales de funciones y puestos de trabajo.
	5. Conocimientos operativos de los procesos	5. Escasos recursos financieros municipales para mejorar la cobertura y calidad de los servicios públicos
		6. No se promueve la comercialización de abono orgánico
		7. Compactadora en malas condiciones
OPORTUNIDADES	ESTRATEGIAS-FO	ESTRATEGIAS-DO
1. Apoyo internacional de AMSCLAE para mejorar los servicios públicos municipales en la región	1. Fomentar campañas de limpieza para la erradicación de basureros clandestinos con el apoyo de la población (F1, O1, O5)	1. Crear reglamentos internos para garantizar la mejora continua en los procesos de recolección (D3, D4, O1)

Continuación de tabla 14.

OPORTUNIDADES	ESTRATEGIAS-FO	ESTRATEGIAS-DO
2. Empresas privadas interesadas en prestar servicios para el manejo de desechos especiales en carácter de concesión.	2. Concesionar la prestación de servicios de recolección y manejo de desechos sólidos especiales a empresas privadas (F2, O2)	2. Establecer procedimientos de trabajo en las estaciones de la planta de tratamiento y tren de aseo (D3, O1, O2)
3. Oportunidad de incrementar la cantidad de usuarios del servicio de recolección de residuos y desechos	3. Proporcionar capacitaciones constantes al personal municipal para mejorar la forma en que se prestan los servicios de recolección y manejo de residuos y desechos sólidos (F1, F2, F3, F4, O3, O5)	3. Delegar un responsable para controlar el desempeño de los colaboradores de acuerdo con lo establecido en los manuales de puestos y funciones de la DIGAM (D4, O1)
4. Aprovechamiento de los subproductos reciclados	4. Solicitar estudiantes para realizar trabajos de graduación que permitan mejorar los procedimientos en el sistema de recolección y manejo de desechos sólidos (F1, F2, O1, O3, O5)	4. Solicitud de recursos financieros y apoyo profesional para formular y ejecutar propuestas de mejora (D5, O1)
5. Eliminación de basureros clandestinos	5. Ampliar el personal de recolección y manejo de desechos y residuos sólidos (F3, F4, F5, O4, O5)	5. Reestructuración de las rutas de recolección (D1, D2, D3, O3, O5)
		6. Solicitar a universidades y/o programas de carácter internacional estudiantes para realizar prácticas supervisadas para analizar los procesos y proponer estrategias de mejora (D1 D2, D3, D4, D5, O1, O3, O4, O5)

Continuación de tabla 14.

AMENAZAS	ESTRATEGIAS-FA	ESTRATEGIAS-DA
1. Baja demanda de la población en la cobertura de los servicios de recolección	1. Fortalecimiento de la DIGAM para mejorar la atención y prestación del servicio de recolección y manejo de desechos sólidos (F1, F2, F3, F4, A1, A2, A4, A5)	1. Asegurar mediante reglamentos internos y procedimientos de trabajo la prestación eficiente de los servicios de recolección y manejo de residuos y desechos sólidos (D1, D3, A1, A2)
2. Resistencia de grupos de vecinos para realizar el pago por el servicio de recolección	2. Redistribuir horarios y áreas de trabajo para ampliar la cobertura del servicio de recolección (F1, F2, F5, A1, A2, A4, A5)	2. Dar a conocer a la población los costos de la recolección y manejo de desechos y residuos sólidos (D2, D5, A1, A4)
3. La población cuenta con hoteles y casas de alquiler en las que los visitantes no se hacen responsables de los desechos sólidos	3. Crear un plan de sensibilización a través de la promoción y reuniones para el traslado de información en temas relacionados a los servicios de recolección de desechos (F1, F2, F4, A1, A2, A4)	3. Cuidado y protección de las cuencas de agua y del medio ambiente mediante el depósito de los residuos y desechos sólidos en lugares adecuados (D1, D2, D5, A1, A2, A3, A5, A6)
4. El precio del servicio de recolección no sostiene el proyecto y tiene que ser subsidiado por la municipalidad	4. Implementar uniformes o vestimenta adecuada para los operarios de recolección y manejo de desechos (F1, F2, F5, A2, A5)	4. Disminución de la cantidad de desechos sólidos dispuestos en el relleno sanitario (D1, D2, D3, D4, D5, A1, A2, A4, A5, A6)
5. Negación de la población a pagar un servicio de recolección separativo	5. Establecer bien la clasificación de los desechos y residuos sólidos para minimizar los desechos en el relleno sanitario (1, F2, A1, A2, A4, A5)	

Nota. Descripción de los argumentos y acciones a considerar para elaborar las estrategias para la mejora del servicio de recolección y tratamiento de desechos sólidos. Elaboración propia, realizada con Excel.

Al enlistar las oportunidades y amenazas, se puede establecer que, en el ámbito externo de la institución, se tienen grandes oportunidades de crecimiento y mejora, para lo que se requiere la implementación de un servicio de calidad que satisfaga las necesidades de la población.

Ahora bien, se hace necesario establecer una metodología que permita maximizar las oportunidades/fortalezas y minimizar las debilidades/amenazas, para ello se proponen las estrategias a utilizar.

2.3.1. Estrategias

- En la línea del éxito:
 - Vender los productos obtenidos a partir de materiales orgánicos.
 - Eliminar los intermediarios en la comercialización de materiales reciclables.
 - Formar a los usuarios del tren de aseo para la correcta clasificación de los desechos.
 - Incrementar las plazas de trabajo de la planta de tratamiento y tren de aseo.

- En la línea de adaptación:
 - Controlar y sancionar el incumplimiento de las normativas municipales.
 - Ampliar la cobertura del tren de aseo municipal
 - Establecer los procesos para la gestión de desechos.
 - Capacitar al personal operativo.
 - Reestructurar las rutas de recolección.

- Definir los materiales que pueden tratarse en la planta de tratamiento.
- En la línea de reacción:
 - Dotar de herramientas para el control de la productividad de los procedimientos en el sistema establecido.
 - Ampliar la cobertura del servicio de limpieza de calles.
 - Sensibilizar a la población empleando los medios de comunicación locales.
 - Equipar a los operarios con herramientas y equipo adecuado.
 - Informar a los usuarios de las disposiciones para el uso del servicio de recolección de desechos.
- En la línea de defensa:
 - Asegurar la correcta clasificación de los desechos.
 - Compartir con la población el costo por el manejo de desechos.
 - Fomentar el mantenimiento preventivo de herramientas y equipo de trabajo.
 - Promover la responsabilidad ambiental.

Las conclusiones del FODA son las siguientes:

- El sistema para el manejo de residuos sólidos de San Pedro La Laguna no tiene procedimientos establecidos, generando duplicidad de labores en las áreas de trabajo.

- La Dirección de Gestión Ambiental Municipal es la encargada de velar por el cumplimiento de los reglamentos ambientales y garantizar la integridad de los operarios del sistema de recolección y planta de tratamiento.
- Se requiere la reorganización de los procesos tanto para la planta de tratamiento como para el servicio de recolección.
- La cooperación de la población es fundamental para garantizar el manejo adecuado de los desechos sólidos para el cuidado del medio ambiente y del recurso hídrico.

2.4. Cantidad de productos recuperados en la planta de tratamiento

Derivado de un control débil de los pagos por el servicio de recolección que se realiza mediante el tren de aseo municipal y el centro de acopio, se ha creado la necesidad de buscar ingresos que permitan reducir los costos del manejo de los residuos y desechos a nivel municipal. La alternativa implementada es la comercialización de productos recuperados de los residuos y desechos sólidos, específicamente los materiales reciclables y el abono orgánico que se produce en el área de compostaje de la planta de tratamiento, es importante mencionar que este último proceso no ha generado ingresos fijos, ya que en ocasiones el abono es donado a campesinos o grupos organizados del municipio.

Según la información proporcionada por la Tesorería Municipal y la encargada de la planta de tratamiento, los precios para los productos reciclables son los que se muestran a continuación, es importante mencionar que dichos precios tienen variaciones en función del mercado internacional de forma constante.

2.4.1. PET

Al realizar el trabajo de campo se determinó que en la planta de tratamiento este residuo es el que cuenta con la clasificación más específica, como consecuencia de los requerimientos de los compradores, en la tabla siguiente se muestra cada una de estas clasificaciones.

Tabla 15.

PET recuperado en el 2019

PET recuperado durante el año 2019	Libras recicladas	Precio promedio por libra	Ingreso promedio	%
PET transparente	22,153	Q 0.60	Q 13,291.80	86
PET celeste	5,255	Q 0.30	Q 1,576.50	10
PET verde	1,722	Q 0.30	Q 516.60	3
PET gris	538	Q 0.15	Q 80.70	1
	29,668		Q 15,465.60	

Nota. Descripción de los precios y cantidades de materiales de PET obtenidos del proceso de clasificación en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.4.2. Plástico

Excluyendo los diferentes tipos de PET que son recuperados, existen otras variaciones de plástico que son recuperadas en la planta de tratamiento de San Pedro La Laguna, estas clasificaciones se presentan a continuación:

Tabla 16.*Plástico recuperado en el 2019*

Plástico recuperado durante el año 2019	Libras recicladas	Precio promedio por libra	Ingreso promedio	%
Plástico duro	6,036	Q 0.40	Q 2,441.40	49
Plástico soplado	7,624	Q 0.30	Q 2,287.20	46
Plástico soplado con aceite	1,585	Q 0.15	Q 237.75	5
	15,245		Q 4,939.35	

Nota. Descripción de los precios y cantidades de materiales de plástico obtenidos del proceso de clasificación en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.4.3. Metal, Aluminio y Vidrio

Debido a que no se cuenta con la maquinaria para darle tratamiento a estos residuos, actualmente son comercializados sin una clasificación previa. La separación de estos residuos se hace mediante parámetros muy generales, tales como:

- **Metal:** los elementos que integran este grupo son la chatarra y cobre, ambos residuos no deben contener cubiertas de plástico y/o tela.
- **Aluminio:** se obtiene de las latas de refrescos y bebidas, pero es el residuo que ingresa en menor cantidad a la planta de tratamiento, ya que existen compradores directos de las latas de aluminio a nivel municipal.
- **Vidrio:** es obtenido específicamente de las botellas de bebidas, no se realiza una clasificación por colores y previo a su venta solo debe verificarse que no contenga ninguna sustancia en el interior del envase.

Tabla 17.*Metal, aluminio y vidrio recuperado en el 2019*

Metal, Aluminio y Vidrio recuperado durante el año 2019	Libras recicladas	Precio promedio por libra	Ingreso promedio
Chatarra y Cobre	16,831	Q 0.10	Q 1,683.10
Aluminio (latas)	1,847	Q 3.00	Q 5,541.00
Vidrio	112,825	Q 0.10	Q 11,282.50
	131,503		Q 18,506.60

Nota. Descripción de los precios y cantidades de materiales de PET obtenidos del proceso de clasificación en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.4.4. Cartón y papel

Para el reciclaje de estos residuos es imperativo que se encuentren totalmente secos y sin cintas adhesivas, grapas o espirales, de lo contrario, son rechazadas por el comprador.

Tabla 18.*Cartón y papel recuperado en el 2019*

Cartón y papel recuperado durante el año 2019	Libras recicladas	Precio promedio por libra	Ingreso promedio	%
Cartón	50,003	Q 0.05	Q 2,500.15	63
Papel	29,367	Q 0.30	Q 8,810.10	37
	79,370		Q 11,310.25	

Nota. Descripción de los precios y cantidades de materiales de cartón y papel obtenidos del proceso de clasificación en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.4.5. Total de subproductos recuperados durante el año 2019

Finalmente, se realiza un conglomerado de los materiales que se recolectan durante un año, eso para tener un panorama del nivel de producción de desechos del municipio y determinar la capacidad instalada que se tiene tanto en el sistema de recolección, en los procesos de planta y sobre todo en la capacidad del relleno sanitario con el que cuenta el sistema de gestión de residuos sólidos.

Tabla 19.

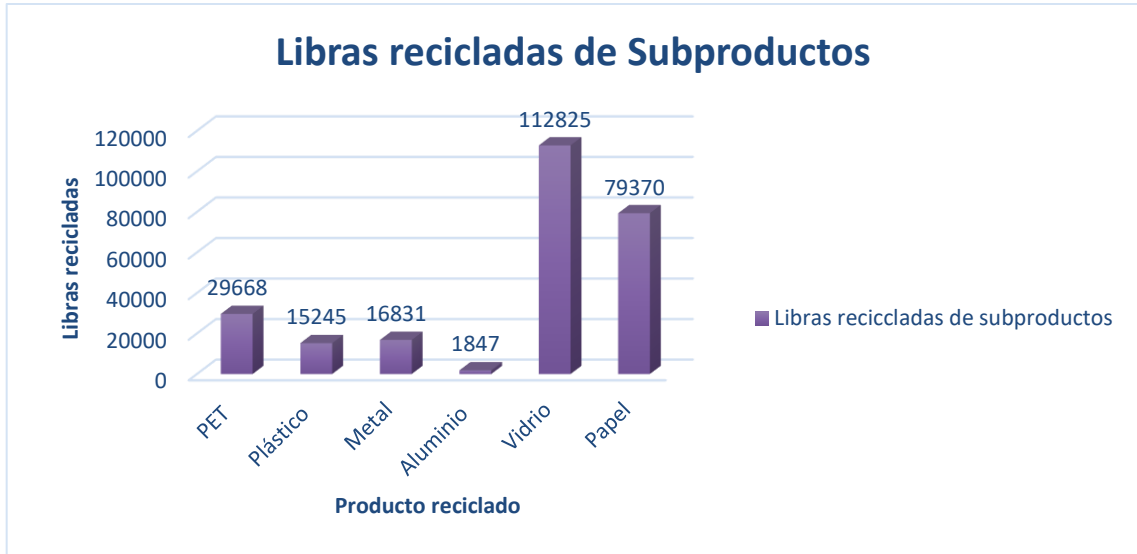
Total de subproductos recuperados en el 2019

	Libras recicladas	Precio promedio por libra	Ingreso anual	Promedio de ingreso mensual
PET	29,668	Q 0.52	Q 15,465.60	Q 1,288.80
Plástico	15,245	Q 0.33	Q 966.35	Q 413.86
Metal	16,831	Q 0.10	Q 1,683.10	Q 140.26
Aluminio	1,847	Q 3.00	Q 5,541.00	Q 461.75
Vidrio	112,825	Q 0.10	Q 11,282.50	Q 940.21
Papel	79,370	Q 0.14	Q 11,310.25	Q 942.52
	255,786		Q 50,248.80	Q 4,187.40

Nota. Descripción de los precios y cantidades de materiales obtenidos del proceso de clasificación en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 7.

Total de sub productos recuperados en el 2019



Nota. Descripción de los precios y cantidades de materiales obtenidos del proceso de clasificación en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Como puede observarse en la tabla 19, el material que mayor ingreso económico genera es el PET, mientras que el producto con mayor cantidad de peso recuperado es el vidrio.

El proceso de recuperación de materiales reciclados es posible gracias a la alianza que la municipalidad tiene con las empresas que se dedican al tratamiento o comercialización de estos materiales. Actualmente, cada uno de los productos recuperados o elaborados se dispone de la siguiente manera:

Tabla 20.

Disposición final de los productos recuperados en la planta de tratamiento

Material/Producto	Proceso de salida de planta	Empleador	Remuneración/Beneficio obtenido
Abono Orgánico	Donación a agricultores	Ciudadanos del municipio	No genera ingreso económico.
PET Plástico	Vendido para reciclado	Grupo Industrial de Productos Reciclables	Remuneración económica en función de la calidad del producto y los precios del mercado.
Metal			
Aluminio			
Vidrio			
Papel			

Nota. Determinación de los procesos realizados en la PTDS para dar disposición final a los materiales recuperados mediante la clasificación. Elaboración propia, realizado en Excel.

Adicional a ello, se tiene la entrega de materiales inorgánicos no reciclables que son trasladados a las instalaciones de la empresa Cementos Progreso, para incinerarse y mediante el proceso de combustión generar calor para la producción de cemento y block. Esto no genera ingresos, pero reduce la cantidad de materiales que son dispuestos en el relleno sanitario de la planta de tratamiento.

2.5. Diagrama de flujo de operaciones

Con el fin de identificar las actividades que actualmente desarrollan los operarios de la planta de tratamiento, en cada una de las estaciones de trabajo que se han establecido en función de la separación de los residuos en orgánicos, inorgánicos y reciclables, se elaboraron los procedimientos para determinar cuáles son las actividades que requieren propuestas de mejora de forma inmediata y mejorar el servicio desde la recolección hasta la disposición final.

Los diagramas de flujo permiten mostrar de forma gráfica las actividades que se desarrollan dentro de un proceso, el objetivo es que cuando sea necesaria la rotación de personal, cualquier operario pueda desarrollar las actividades de las estaciones de trabajo establecidas, eliminando depender de un operario para completar un proceso. Esta documentación de proceso permitirá a la DIGAM administrar de forma óptima el recurso humano dentro del sistema de recolección como en la planta de tratamiento, además de garantizar la formación integral de los operarios, mediante la realización de capacitaciones en función de los puestos de trabajo.

En la elaboración de los diagramas de flujo, para la toma de tiempos se aplicó el método continuo, para mostrar de forma precisa como se emplea el tiempo en el desarrollo de las actividades diarias en los puestos de trabajo. Se hizo necesaria la implementación de las herramientas tales como cronómetro, formato de registro, una tablilla y una calculadora.

El método fue el siguiente: se cronometró 5 veces el tiempo de las actividades y se anotaron en las tablas de registro, al completar la toma de tiempos se procedió a calcular el tiempo promedio de cada una de estas operaciones, cada uno de ellos fue utilizado para diagramar los procedimientos que se realizan en la planta de tratamiento.

Tabla 21.

Tiempos promedio de operación

Operación	X
Descarga de los desechos orgánicos del camión	19 min
Inspección y separación de desechos orgánicos	38 min
Picado de hojas de mashán	30 min
Traslado de desechos orgánicos a pilas de compostaje	4 hrs

Continuación de tabla 21.








Descomposición en la primera pila	8 días
Volteo a la tercera pila	2 hrs
Descomposición en la tercera pila	8 días
Volteo a la cuarta pila	2 hrs
Descomposición en la cuarta pila	8 días
Volteo a la quinta pila	2 hrs
Descomposición en la quinta pila	8 días
Volteo a la sexta pila	2 hrs
Descomposición en la sexta pila	8 días
Volteo al área de secado	2 hrs
Traslado a cernidora	40 min
Cernido y encostalado	6 hrs
Traslado a bodega	12 min

Nota. Detalle del tiempo promedio obtenido a partir de los tiempos cronometrados durante la ejecución de cada proceso dentro de la PTDS. Elaboración propia, realizado en Excel.

Para detallar cada uno de los pasos que se desarrollan en el proceso de trabajo, se emplearán los símbolos siguientes:

Tabla 22.


Simbología del diagrama de procesos de operaciones

Símbolo	Nombre	Descripción
	Operación	Actividad que se realiza sobre la materia prima
	Inspección	Mediciones o comparaciones con estándares
	Operación, inspección	Actividades sobre la materia, más comparaciones con estándares
	Transporte	Traslado de material en proceso
	Demora	Retraso del proceso
	Operación transporte	Traslado de material y operación sobre la materia prima
	Almacenaje	Fin del proceso

Nota. Definición de los símbolos empleados en la elaboración de diagramas de procesos. Elaboración propia con base en NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería Industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11.^a edición. (p. 100) Alfaomega.

Tabla 23.

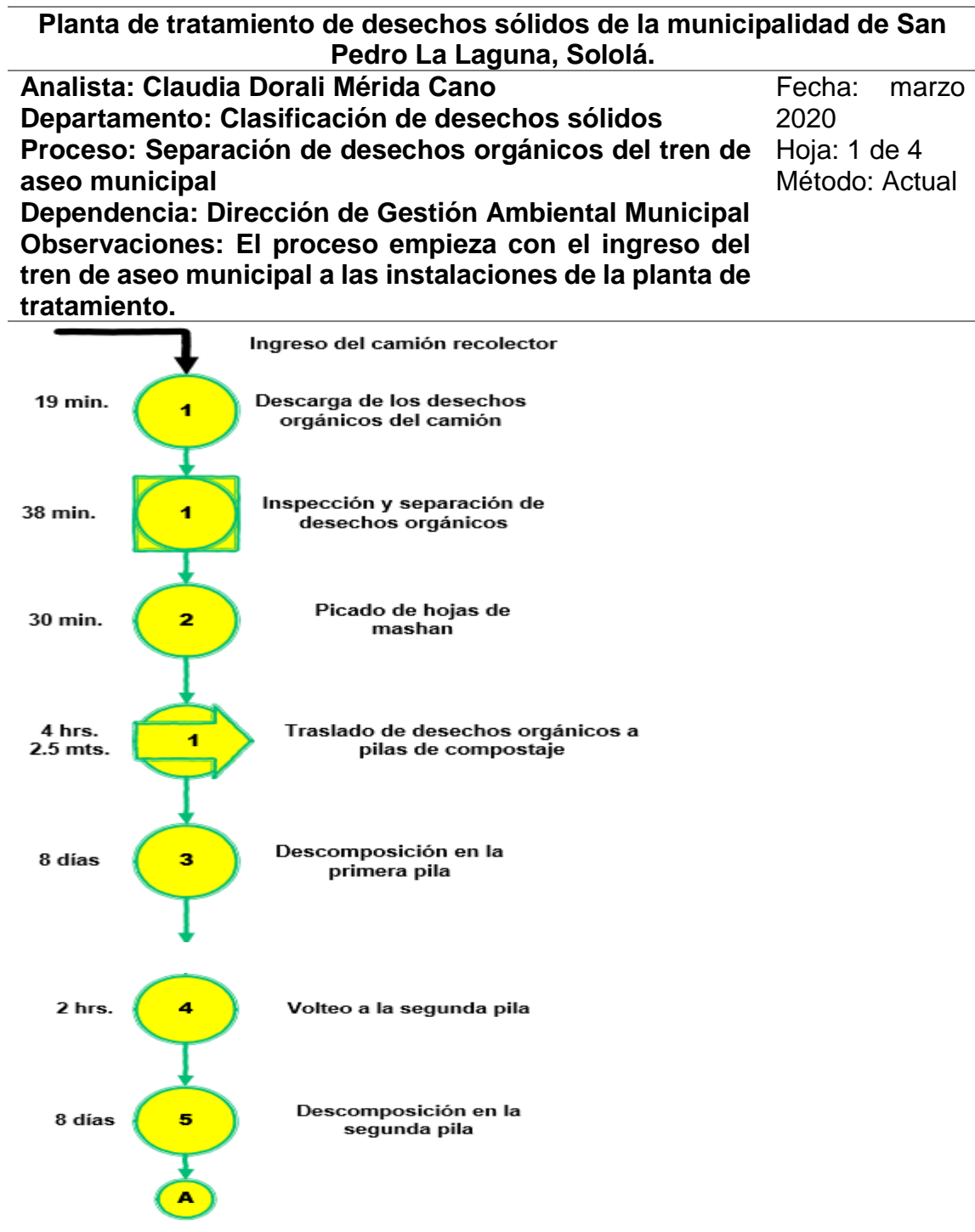
Proceso de separación de desechos orgánicos del tren de aseo municipal

Municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá		 <p>MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA</p>
Área: Planta de tratamiento de desechos sólidos		
Proceso: Separación de desechos orgánicos del tren de aseo municipal.		
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal		
Elaborado por: Claudia Dorali Mérida Cano		
Aprobado por: director de la DIGAM		Página: 1/1
Fecha: marzo de 2020		
Proceso	Separación de desechos orgánicos del tren de aseo municipal.	
Descripción	Consiste en la separación y recuperación de los desechos orgánicos provenientes de los usuarios del tren de aseo municipal y del centro de acopio del municipio de San Pedro La Laguna, Sololá.	
Objetivos	Recolectar todos los desechos orgánicos, previamente separados de materiales inorgánicos y reciclables, para producir abono orgánico mediante la técnica de compostaje.	
Responsables	Trabajadores del área de desechos orgánicos de la planta de tratamiento.	
Entrada (input)	Todos los desechos orgánicos libres de residuos inorgánicos.	
Salida (output)	Abono orgánico. Material no aprovechable, descartado en el rastro municipal.	
Relación con otros subprocesos	Compostaje	

Nota. Definición de los puntos que se emplearon para la elaboración del proceso de separación de desechos orgánicos en el tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 24.

Diagrama de separación de desechos orgánicos del tren de aseo municipal



Continuación de tabla 24.

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.

Analista: Claudia Doralí Mérida Cano

Fecha: marzo 2020

Departamento: Clasificación de desechos sólidos

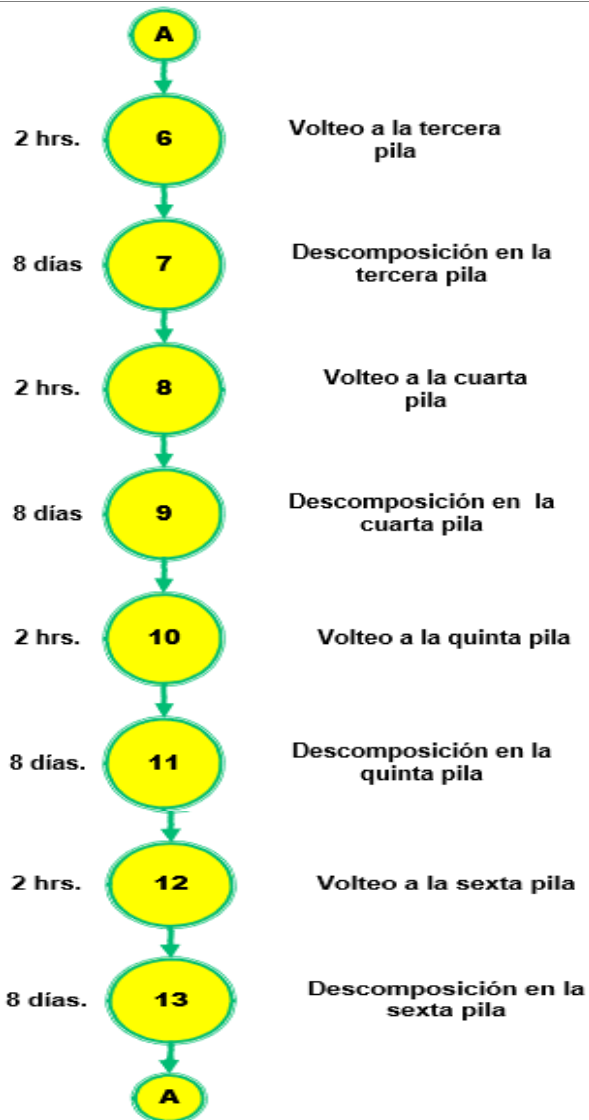
Hoja: 2 de 4

Proceso: Separación de desechos orgánicos del tren de aseo municipal

Método: Actual

Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal

Observaciones: El proceso empieza con el ingreso del tren de aseo municipal a las instalaciones de la planta de tratamiento.



Continuación de tabla 24.

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.

Analista: Claudia Dorali Mérida Cano

Fecha: marzo 2020

Departamento: Clasificación de desechos sólidos

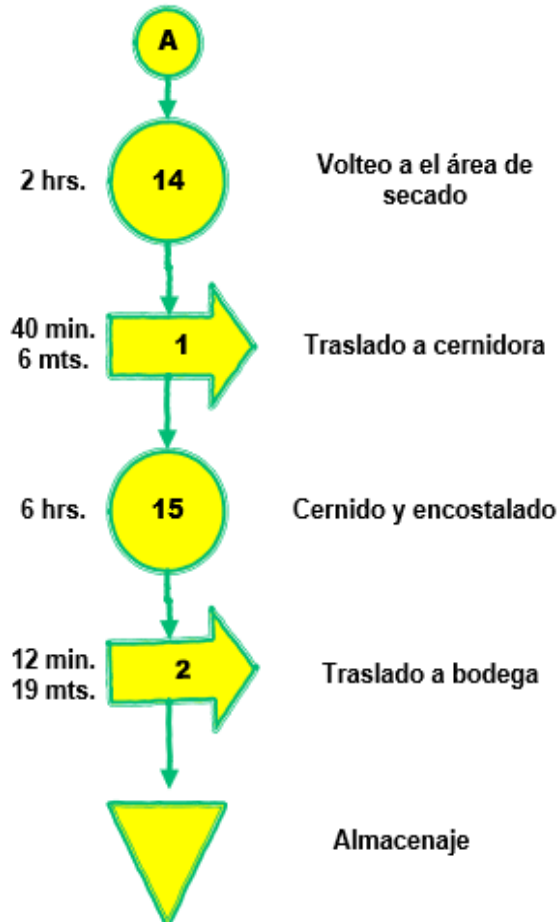
Hoja: 3 de 4

Método: Actual








Proceso: Separación de desechos orgánicos del tren de aseo municipal

Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal

Observaciones: El proceso empieza con el ingreso del tren de aseo municipal a las instalaciones de la planta de tratamiento.




Continuación de tabla 24.

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.				
Analista: Claudia Doralí Mérida Cano		Fecha: marzo 2020		
Departamento: Clasificación de desechos sólidos		Hoja: 4 de 4		
Proceso: Separación de desechos orgánicos del tren de aseo municipal		Método: Actual		
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal				
Observaciones: El proceso empieza con el ingreso del tren de aseo municipal a las instalaciones de la planta de tratamiento.				
Símbolo	Resumen	Cantidad	Tiempo	Distancia
	Operación	15	48.78 días	--
	Inspección	0	--	--
	Operación, inspección	1	38 minutos	--
	Transporte	2	52 minutos	25 metros
	Demora	0	--	--
	Operación transporte	1	4 horas	2.5 metros
	Almacenaje	1	--	--
Total			1.63 meses	27.5 metros

Nota. Desarrollo del diagrama de flujo del proceso para la separación de residuos y desechos sólidos orgánicos recolectados con el tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 25.

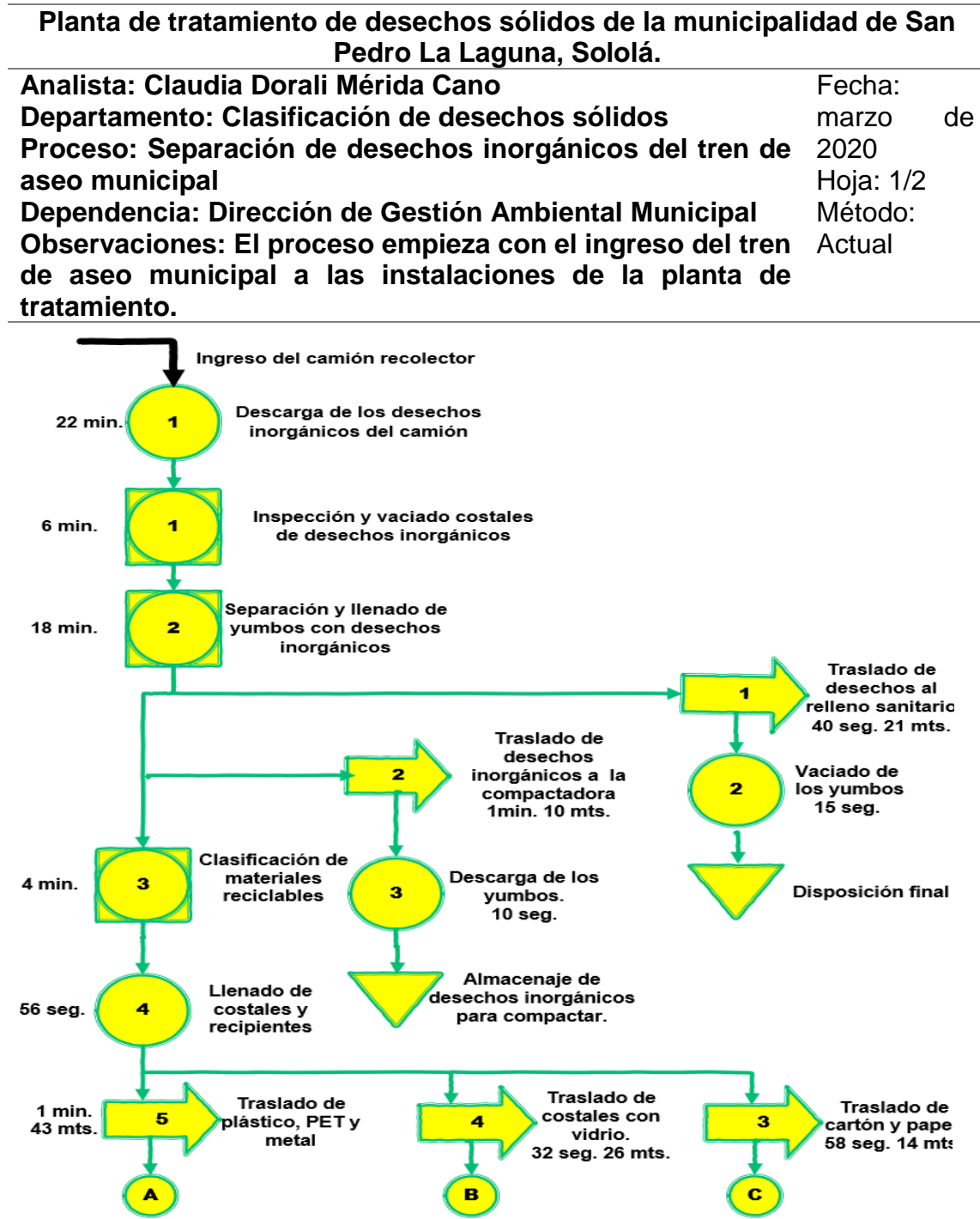
Proceso de separación de desechos inorgánicos del tren de aseo municipal

Municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá		 <p>MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA</p>
Área: Planta de tratamiento de desechos sólidos		
Proceso: Separación de desechos inorgánicos del tren de aseo municipal.		
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal		
Elaborado por: Claudia Dorali Mérida Cano		
Aprobado por: director DIGAM		Página: 1/1
Fecha: marzo de 2020		
Proceso	Separación de desechos inorgánicos del tren de aseo municipal	
Descripción	Consiste en separar y clasificar todos los desechos inorgánicos, para extraer los residuos que pueden comercializarse para reciclaje.	
Objetivos	Recuperar la mayor cantidad de residuos reciclables y minimizar la cantidad de desechos dispuestos en el relleno sanitario.	
Responsables	Trabajadores del área de desechos inorgánicos de la planta de tratamiento.	
Entrada (input)	Todos los desechos inorgánicos no contaminados con desechos orgánicos, hospitalarios, pintura o aceite.	
Salida (output)	Materiales para el relleno sanitario Desechos para compactar Residuos reciclables	
Relación con otros subprocesos	Compactado de desechos inorgánicos Elaboración de pacas de cartón Clasificación de residuos reciclables	

Nota. Definición de los puntos que se emplearon para la elaboración del proceso de separación de desechos inorgánicos en el tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 26.

Diagrama de separación de desechos inorgánicos del tren de aseo municipal




Continuación de tabla 26.

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.				
Analista: Claudia Doralí Mérida Cano Departamento: Clasificación de desechos sólidos Proceso: Separación de desechos inorgánicos del tren de aseo municipal Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal Observaciones: El proceso empieza con el ingreso del tren de aseo municipal a las instalaciones de la planta de tratamiento.			Fecha: marzo de 2020 Hoja: 2/2 Método: Actual	
Símbolo	Resumen	Cantidad	Tiempo	Distancia
	Operación	7	24.5 minutos	--
	Inspección	0	--	--
	Operación, inspección	3	28 minutos	--
	Transporte	5	4.17 minutos	114 metros
	Demora	0	--	--
	Operación transporte	0	--	--
	Almacenaje	5	--	--
Total			56.67 minutos	114 metros

Nota. Desarrollo del diagrama de flujo del proceso para la separación de residuos y desechos sólidos inorgánicos recolectados con el tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 27.

Proceso de compactación de desechos inorgánicos

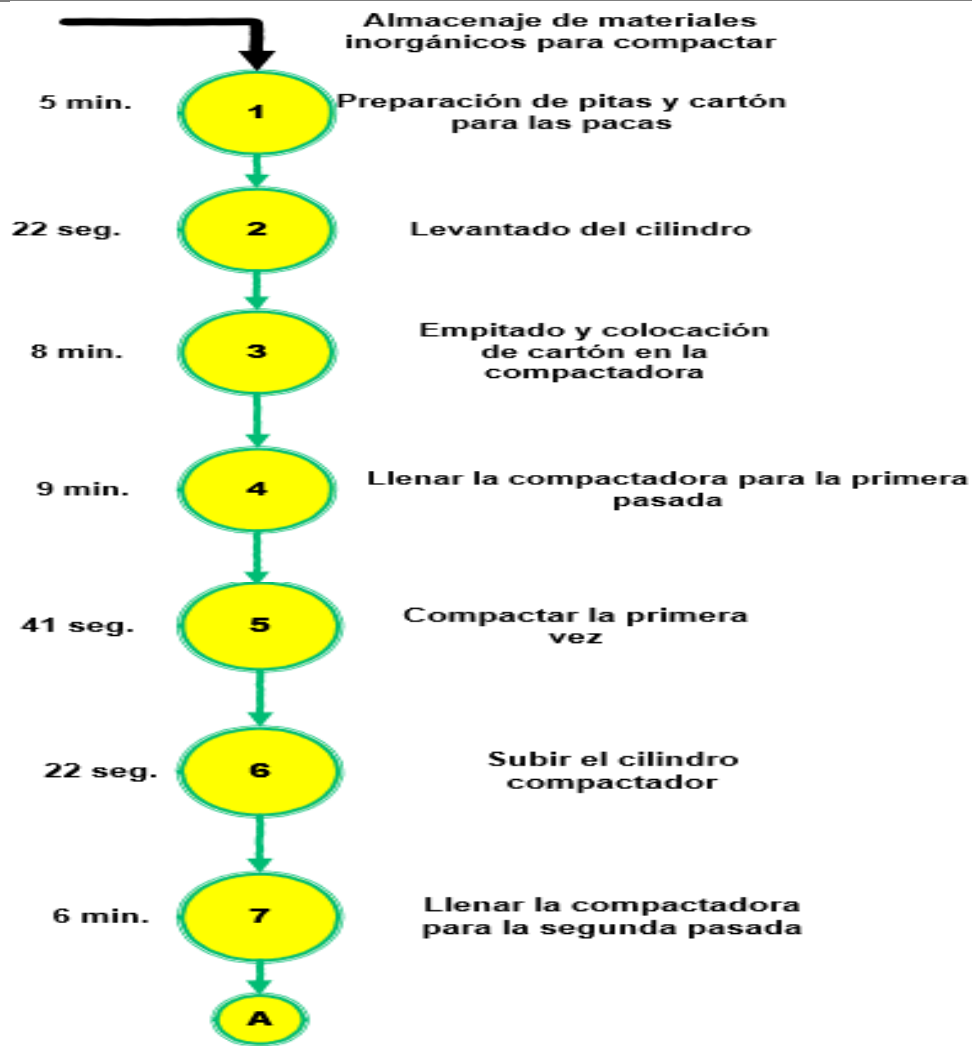
Municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá		 <p>MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA</p>
Área: Planta de tratamiento de desechos sólidos		
Proceso: Compactación de desechos sólidos inorgánicos.		
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal		
Elaborado por: Claudia Dorali Mérida Cano		
Aprobado por: director DIGAM		Página: 1/1
Fecha: marzo de 2020		
Proceso	Compactación de desechos sólidos inorgánicos.	
Descripción	Consiste en la elaboración de pacas de aproximadamente 158 kg con desechos inorgánicos de fácil manipulación, que pueden incinerarse. Estos elementos se obtienen del tren de aseo municipal.	
Objetivos	Disminuir la cantidad de desechos inorgánicos que se disponen en el relleno sanitario.	
Responsables	Trabajadores del área de desechos inorgánicos de la planta de tratamiento	
Entrada (input)	Todos los desechos inorgánicos no reciclables y de fácil manipulación que pueden incinerarse.	
Salida (output)	Pacas de aproximadamente 158 kg, para transportarse a planta de Cementos Progreso.	
Relación con otros subprocesos	Elaboración de pacas de cartón	

Nota. Definición del diagrama de flujo del proceso de compactación de desechos sólidos inorgánicos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 28.

Diagrama de compactación de desechos sólidos inorgánicos

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.	
Analista: Claudia Doralí Mérida Cano	Fecha: marzo de 2020
Departamento: Clasificación de desechos sólidos	Hoja: 1/3
Proceso: Compactación de desechos sólidos inorgánicos.	Método: Actual
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal	
Observaciones: El proceso empieza con la separación de desechos inorgánicos en reciclables y no reciclables.	



Continuación de tabla 28.

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.

Analista: Claudia Doralí Mérida Cano

Fecha: marzo

Departamento: Clasificación de desechos sólidos

de 2020

Proceso: Compactación de desechos sólidos inorgánicos.

Hoja: 2/3

Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal

Método:

Observaciones: El proceso empieza con la separación de desechos inorgánicos en reciclables y no reciclables.

Actual



Continuación de tabla 28.

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.

Analista: Claudia Dorali Mérida Cano
Departamento: Clasificación de desechos sólidos
Proceso: Compactación de desechos sólidos inorgánicos.
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal
Observaciones: El proceso empieza con la separación de desechos inorgánicos en reciclables y no reciclables.

Fecha: marzo de 2020
 Hoja: 3/3
 Método: Actual




Símbolo	Resumen	Cantidad	Tiempo	Distancia
	Operación	15	40.68 minutos	--
	Inspección	0	--	--
	Operación, inspección	0	--	--
	Transporte	1	3 minutos	3 metros
	Demora	0	--	--
	Operación transporte	0	--	--
	Almacenaje	1	--	--
Total			43.68 minutos	3 metros

Nota. Desarrollo del diagrama de flujo del proceso de compactación de desechos sólidos inorgánicos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 29.

Proceso de elaboración de pacas de cartón

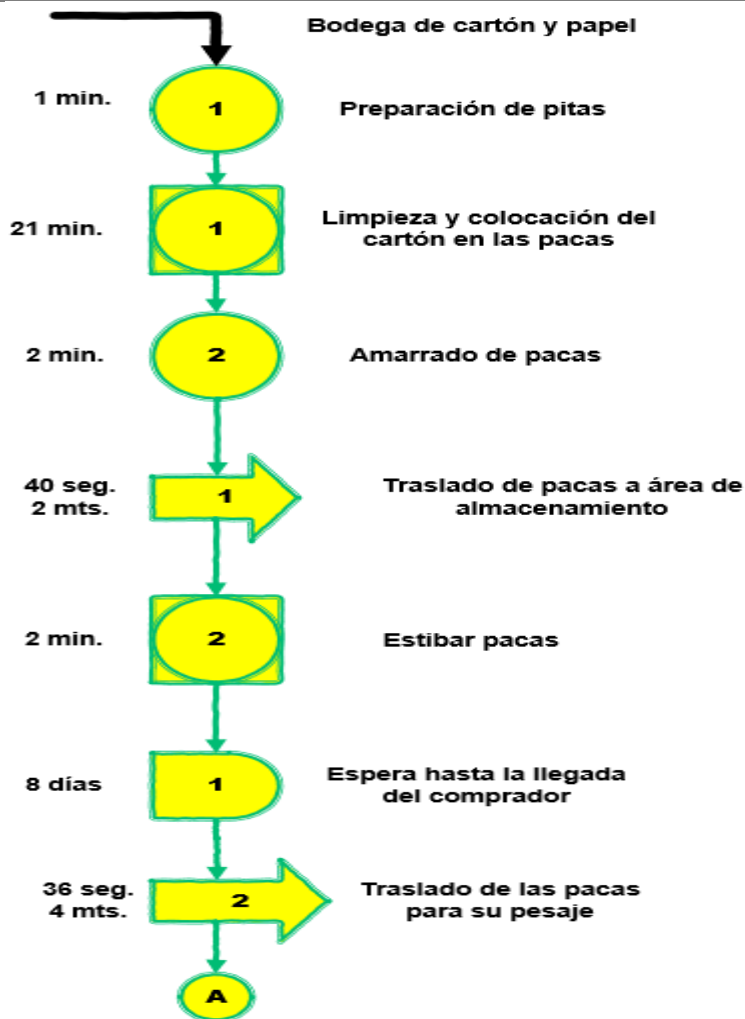
Municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá	 MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA
Área: Planta de tratamiento de desechos sólidos	
Proceso: Elaboración de pacas de cartón seco	
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal	
Elaborado por: Claudia Dorali Mérida Cano	
Aprobado por: director DIGAM	Página: 1/1
Fecha: marzo de 2020	
Proceso	Elaboración de pacas de cartón seco
Descripción	Consiste en la recuperación del cartón que recolecta el tren de aseo municipal, limpiándolo de todo tipo de adhesivos, grapas o sustancias que impidan su reciclaje, este proceso se realiza para satisfacer los requisitos de los compradores de este material.
Objetivos	Obtener cartón para reciclar de buena calidad Optimizar el área de almacenamiento. Reducir las complicaciones en el pesaje y traslado del cartón reciclable.
Responsables	Trabajador del área de papel y cartón de la planta de tratamiento
Entrada (input)	Todo el cartón seco recolectado por el tren de aseo municipal
Salida (output)	Pacas de cartón de aproximadamente 50 kg.
Relación con otros subprocesos	Compactado de desechos inorgánicos.

Nota. Definición de los puntos que se emplearon para el proceso de elaboración de pacas de cartón. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 30.

Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pacas de cartón seco

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.	
Analista: Claudia Doralí Mérida Cano	Fecha: marzo de 2020
Departamento: Clasificación de desechos sólidos	Hoja: 1/2
Proceso: elaboración de pacas de cartón seco.	Método: Actual
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal	
Observaciones: El proceso empieza con la extracción de todo el cartón seco recolectado por el tren de aseo municipal.	

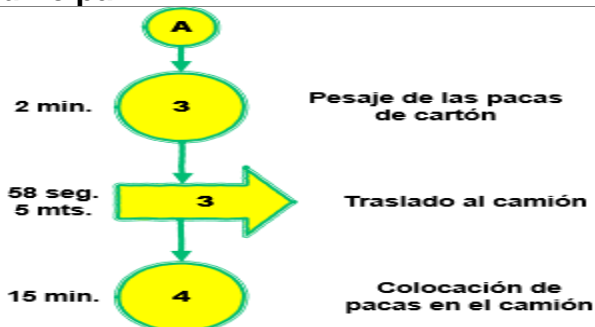


Continuación de tabla 30.

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.

Analista: Claudia Doralí Mérida Cano Fecha: marzo de 2020
Departamento: Clasificación de desechos sólidos Hoja: 2/2
Proceso: elaboración de pacas de cartón seco. Método: Actual
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal

Observaciones: El proceso empieza con la extracción del cartón seco recolectado por el tren de aseo municipal.




Símbolo	Resumen	Cantidad	Tiempo	Distancia
	Operación	4	20 minutos	--
	Inspección	0	--	--
	Operación, inspección	2	23 minutos	--
	Transporte	3	2.23 minutos	11 metros
	Demora	1	8 días	--
	Operación transporte	0	--	--
	Almacenaje	0	--	--
Total			8.02 días.	11 metros

Nota. Desarrollo del proceso de elaboración de pacas de cartón. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 31.

Proceso de clasificación de productos de plástico, PET y metales

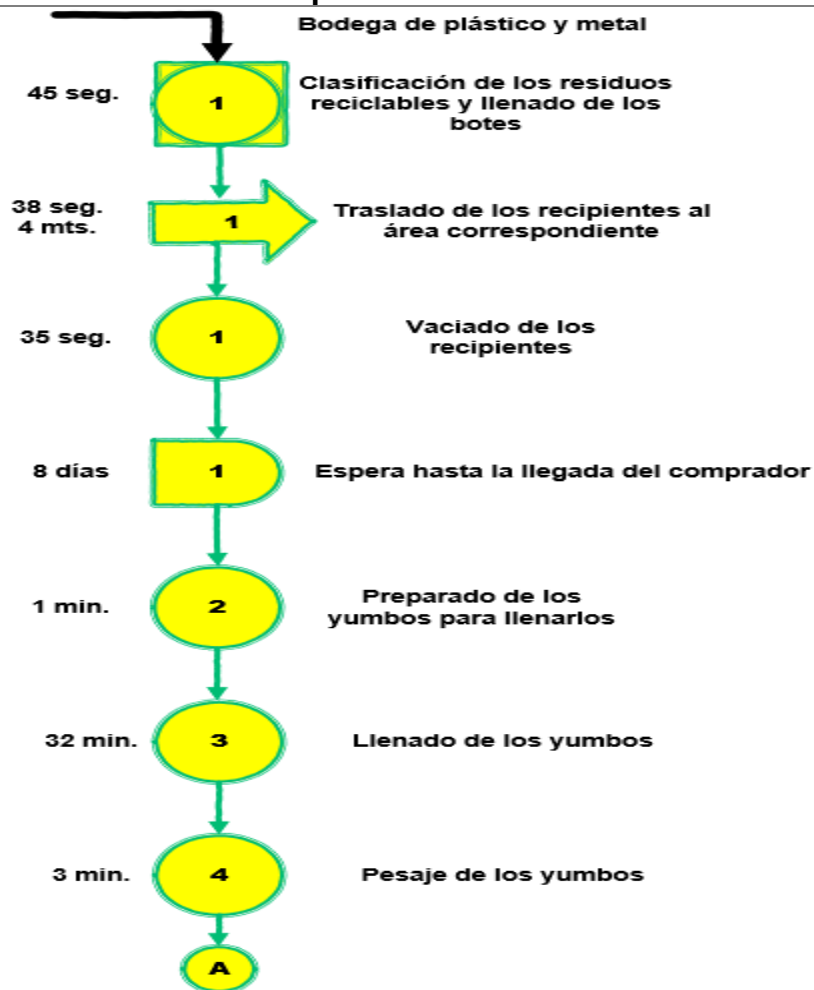
Municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá Área: Planta de tratamiento de desechos sólidos Proceso: Clasificación de plástico, PET y metales. Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal Elaborado por: Claudia Dorali Mérida Cano Aprobado por: director DIGAM Fecha: marzo de 2020		 MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA
		Página: 1/1
Proceso	Clasificación de plástico, PET y metales.	
Descripción	Consiste en la separación e inspección de los materiales de plástico, PET y metales que son entregados al comprador, los cuales deben satisfacer los requisitos establecidos en el contrato de venta.	
Objetivos	Garantizar el cumplimiento de los requerimientos para la venta de los materiales reciclables. Reducir la cantidad de materiales contaminados y no aptos para reciclar. Optimizar el área de almacenamiento de materiales reciclables.	
Responsables	Trabajador del área de reciclables de la planta de tratamiento	
Entrada (input)	Todo el plástico, PET y metal recolectado por el tren de aseo municipal	
Salida (output)	Yumbos de materiales clasificados para reciclar.	
Relación con otros subprocesos	Relleno sanitario	

Nota. Definición de los puntos que se emplearon para el proceso de separación de materiales reciclables. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 32.

Diagrama de flujo del proceso de clasificación de plástico, PET y metales

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.	
Analista: Claudia Doralí Mérida Cano	Fecha: marzo de 2020
Departamento: Clasificación de desechos sólidos	Hoja: 1/2
Proceso: Clasificación de plástico, PET y metales.	Método: Actual
Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal	
Observaciones: El proceso empieza con la extracción de todo el plástico, PET y metales recolectados por el tren de aseo municipal.	



Continuación de tabla 32.

Planta de tratamiento de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, Sololá.				
Analista: Claudia Dorali Mérida Cano Departamento: Clasificación de desechos sólidos Proceso: Clasificación de plástico, PET y metales. Dependencia: Dirección de Gestión Ambiental Municipal Observaciones: El proceso empieza con la extracción de todo el plástico, PET y metales recolectados por el tren de aseo municipal.			Fecha: Marzo de 2020 Hoja: 2/2 Método: Actual	
Símbolo	Resumen	Cantidad	Tiempo	Distancia
	Operación	5	53.58 minutos	--
	Inspección	0	--	--
	Operación, inspección	1	45 segundos	--
	Transporte	2	1.33 minutos	9 metros
	Demora	1	8 días	--
	Operación transporte	0	--	--
	Almacenaje	0	--	--
Total			8.04 días.	9 metros

Nota. Desarrollo de los pasos que se emplearon para el proceso de separación de materiales reciclables. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.6. Pronóstico, según el crecimiento de la población, del volumen de ingreso de residuos sólidos para los siguientes 10 años, de 2019 al 2028

Con base en el documento de estimación de la población total por municipios, periodo 2008-2020, del Instituto Nacional de Estadística, el municipio de San Pedro La Laguna para el año 2019 cuenta con 12,508 habitantes, con una tasa de crecimiento anual del 1,10 %, con una población urbana del 100 %, debido a que este municipio no cuenta con área rural.

Implementando el método de prorrateo, como técnica para actualizar la información demográfica del municipio.

Tabla 33.

Población año 2019 y 2020

Año	Población
2019	12,508
2020	12,646

Nota. Estimación de la Población por Municipios, 2008-2020. Obtenido del Instituto Nacional de Estadística. [http://www.oj.gob.gt/estadistica/reportes/poblacion-total-por-municipio\(1\).pdf](http://www.oj.gob.gt/estadistica/reportes/poblacion-total-por-municipio(1).pdf).

Consultado el 10 de diciembre de 2020. De dominio público.

Tenemos entonces:

Tasa simple de cambio= $12646 / 12508$

Tasa simple de cambio= 1.011033

Debido a que el crecimiento de la población es directamente proporcional a la generación de desechos sólidos, este factor será multiplicado por el ingreso

promedio del año 2019 (tabla 32), para realizar las proyecciones de generación de desechos. Así para el año 2020 se tiene:

$$DS_{2020} = 7718.43 * 1.011033$$

$$DS_{2020} = 7803.59$$

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 33. Las cantidades descritas en quintales producidos mensualmente, demostrando que los meses con mayor generación de desechos son julio, enero y mayo respectivamente.

Con esta estadística, podemos proyectar la cantidad de residuos generados, clasificándolos por tipo de desecho, para ello debemos saber la cantidad de población que se proyecta para el mismo periodo de análisis.

La fórmula es la siguiente:

$$P_f = P_i * (1 + r * t)$$

Dónde:

P_f = Población al final del período

P_i = Población al inicio del período

r = Tasa de crecimiento anual

t = Intervalo de tiempo en años

Sabiendo esto, se procede a calcular la proyección de la población para los años indicados en el período requerido. A continuación, se estima la proyección para el año 2021

$$P_{2021} = 12646 * (1 + 0.01 * 1)$$

$$P_{2021} = 12772$$

Tabla 34.

Proyección de generación de desechos sólidos

MES	Total de desechos sólidos recibidos en el año 2019 en quintales	Pronostico, según el crecimiento de la población, de la cantidad de desechos sólidos ingresados para los siguientes 10 años				
		Año				
		2020	2021	2022	2023	2024
ENERO	7,718.43	7,803.58	7,889.68	7,976.73	8,064.73	8,153.71
FEBRERO	5,788.03	5,851.89	5,916.46	5,981.73	6,047.73	6,114.45
MARZO	5,549.09	5,610.32	5,672.21	5,734.79	5,798.07	5,862.04
ABRIL	6,280.08	6,349.37	6,419.42	6,490.25	6,561.85	6,634.25
MAYO	7,083.11	7,161.26	7,240.27	7,320.15	7,400.91	7,482.56
JUNIO	5,065.01	5,120.89	5,177.39	5,234.51	5,292.26	5,350.65
JULIO	8,211.49	8,302.09	8,393.69	8,486.29	8,579.92	8,674.59
AGOSTO	5,116.85	5,173.31	5,230.38	5,288.09	5,346.43	5,405.42
SEPTIEMBRE	6,388.26	6,458.74	6,530.00	6,602.05	6,674.89	6,748.53
OCTUBRE	5,992.54	6,058.66	6,125.5	6,193.08	6,261.41	6,330.49
NOVIEMBRE	6,659.20	6,732.67	6,806.95	6,882.06	6,957.98	7,034.75
DICIEMBRE	6,119.13	6,186.64	6,254.90	6,323.91	6,393.68	6,464.22
Promedio por año	6,330.94	6,400.79	6,471.4	6,542.8	6,614.99	6,687.97

Continuación de la tabla 34.

MES	Total de desechos sólidos recibidos en el año 2019 en quintales	Pronostico, según el crecimiento de la población, de la cantidad de desechos sólidos ingresados para los siguientes 10 años			
		Año			
		2025	2026	2027	2028
ENERO	7,718.43	8,243.67	8,334.62	8,426.58	8,519.55
FEBRERO	5,788.03	6,181.91	6,250.12	6,319.08	6,388.79
MARZO	5,549.09	5,926.71	5,992.10	6,058.21	6,125.05
ABRIL	6,280.08	6,707.44	6,781.45	6,856.27	6,931.91
MAYO	7,083.11	7,565.12	7,648.58	7,732.97	7,818.29
JUNIO	5,065.01	5,409.69	5,469.37	5,529.71	5,590.72
JULIO	8,211.49	8,770.29	8,867.05	8,964.88	9,063.79
AGOSTO	5,116.85	5,465.06	5,525.35	5,586.32	5,647.95
SEPTIEMBRE	6,388.26	6,822.99	6,898.26	6,974.37	7,051.32
OCTUBRE	5,992.54	6,400.34	6,470.95	6,542.34	6,614.53
NOVIEMBRE	6,659.20	7,112.37	7,190.84	7,270.17	7,350.38
DICIEMBRE	6,119.13	6,535.54	6,607.65	6,680.55	6,754.26
Promedio por año	6,330.94	6,761.76	6,836.36	6,911.79	6,988.04

Nota. Detalle de los desechos sólidos que se estima se generen en los próximos 10 años en el municipio de San Pedro La Laguna. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 35.

Proyección por tipo de desecho

AÑO	POBLACIÓN	PAPEL	VIDRIO	ALUMINIO	METAL	PLÁSTICO	PET	INORGÁNICO	ORGÁNICO	TOTAL
2019	12508	829.78	1138.73	18.47	168.31	169.75	303.57	34240.24	39102.40	75971.24
2020	12646	838.19	1150.26	18.66	170.01	171.47	306.65	34587.09	39498.50	76740.82
2021	12772	847.43	1162.95	18.86	171.89	173.36	310.03	34968.59	39934.17	77587.28
2022	12900	856.02	1174.73	19.05	173.63	175.11	313.17	35322.82	40338.70	78373.23
2023	13029	865.46	1187.69	19.26	175.55	177.05	316.62	35712.43	40783.64	79237.69
2024	13159	875.00	1200.79	19.48	177.48	179.00	320.12	36106.34	41233.48	80111.68
2025	13291	884.65	1214.03	19.69	179.44	180.97	323.65	36504.59	41688.29	80995.32
2026	13424	894.41	1227.42	19.91	181.42	182.97	327.22	36907.23	42148.11	81888.69
2027	13558	904.28	1240.96	20.13	183.42	184.99	330.83	37314.32	42613.00	82791.93
2028	13694	914.25	1254.65	20.35	185.44	187.03	334.47	37725.90	43083.03	83705.12
TOTAL	8709.47	11952.20	193.86	1766.60	1781.69	186.32	359389.53	410423.32	797403.00	

Nota. Detalle de las cantidades proyectadas para los próximos 10 años por tipo de desecho, con base en el documento de estimación de la población total por municipios (periodo 2008-2020), del Instituto Nacional de Estadística. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.7. Rutas del servicio del tren de aseo municipal

La municipalidad de San Pedro La Laguna ha establecido un sistema de recolección que se conforma de dos camiones, distribuidos en varias rutas, las cuales se repiten cada dos días para cubrir cada uno de los sectores y cantones que conforman el municipio.

Con la realización del monitoreo de las rutas de recolección del tren de aseo municipal, se logró la evaluación del servicio que se le da a los usuarios y determinar las condiciones que interfieren con el desarrollo óptimo de la recolección de desechos domiciliarios.

El objetivo de la recolección de desechos sólidos es proteger la salud pública y el medio ambiente al menor costo posible. El proceso de recolección es susceptible a optimizar, dado que se puede realizar el mismo trabajo de diferentes formas.

Actualmente la municipalidad, a través de la DIGAM, realiza el servicio de limpieza o recolección de desechos sólidos mediante:

- Barrido de calles y áreas públicas: se encargan de mantener limpias las calles, parque, mercado y edificio municipal, utilizando 3 operarios.
- Recolección de basura domiciliar: se encarga de la recolección de desechos sólidos en los domicilios que conforman el municipio, este proceso se desarrolla mediante el tren de aseo.
- Recolección de basura comercial: se encarga de la recolección de desechos sólidos en los comercios que se ubican en la franja turística del municipio, esto se hace mediante el recorrido realizado por un operario

que traslada los desechos desde los comercios hasta un punto de intersección con el tren de aseo.

- Servicio de aseo de mercado municipal: se encarga de la recolección de los desechos sólidos generados en el área designada para mercado municipal, esto se hace mediante el centro de acopio municipal.

Todos estos métodos de limpieza requieren el traslado de los desechos recolectados a la planta de tratamiento y para ello se implemente el tren de aseo municipal.

Para la determinación de las rutas de recolección, se hizo mediante el acompañamiento de un trabajador de la DIGAM y uno de la Oficina de Servicios Públicos de la municipalidad, esto para garantizar la comprensión de cada una de las actividades, las cuales pueden generar dudas derivado de la variación lingüística existente en el municipio.

La metodología consistió en acompañar a los dos camiones del tren de aseo en cada una de las rutas que desarrollan, para obtener la secuencia de recorrido en las diferentes calles de los cuatro cantones que conforman el municipio. Se realizó el acompañamiento durante un mes, debido a que se variaba un día cada semana, la ruta realizada el lunes se repite el jueves, la del martes el viernes y los miércoles cada camión cubre dos zonas debido a que solo se recolecta material reciclable. Esto hace suponer que se desarrollan seis rutas diferentes, sin embargo, el sábado y domingo se recolecta en el centro de acopio municipal, por lo que existen siete rutas diferentes.

El monitoreo se realizó durante 6 semanas, iniciando el lunes 09 de septiembre de 2019 y finalizando el 18 de octubre de 2019.

Los recorridos fueron divididos en tres aspectos:

- Sin recolectar: corresponde al traslado entre clientes
- Transporte para descarga: traslado desde el último cliente atendido, transporte a planta de tratamiento y retorno a la ruta correspondiente.
- Recolección: distribución de los clientes que se atienden por cuadra o punto de recolección.

Tabla 35.

Recorrido en km del camión Hino

Estado	Día							Total
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Sin recolectar	1.11	1.78	2.66	1.11	1.78	0.66	0.66	9.76
Transporte para descargar	21.02	28.40	18.00	21.02	28.40	9.00	9.00	134.84
Recolección	1.66	2.68	3.99	1.66	2.68	0.00	0.00	12.67
Total	23.79	32.86	24.65	23.79	32.86	9.66	9.66	157.27

Nota. Detalle de los kilómetros recorridos por el vehículo marca Hino en su ruta de recolección diaria. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 36.*Recorrido en km del camión KIA*

Estado	Día							Total
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	
Sin recolectar	1.51	2.16	3.67	1.51	2.16	0.66	0.66	12.32
Transporte para descargar	19.60	17.20	18.00	19.60	17.20	9.00	9.00	109.60
Recolección	2.26	3.24	5.50	2.26	3.24	0.00	0.00	16.51
Total	23.37	22.60	27.17	23.37	22.60	9.66	9.66	138.43

Nota. Detalle de los kilómetros recorridos por el vehículo marca KIA en su ruta de recolección diaria. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.7.1. Hallazgos realizados en el servicio de recolección

Entre los problemas encontrados en cuanto al servicio del tren de aseo, se destaca la falta de control adecuado del ingreso percibido por la prestación del servicio. El cambio de posición de los camiones de un lugar a otro sin recolectar desechos y los recorridos innecesarios generan una distancia de 22.08 kilómetros circulados. Esto implica pérdida de tiempo laboral, uso de los camiones y depreciación de estos, así como gasto en combustibles.

En las diferentes rutas ambos camiones recorren ciertas calles y avenidas de dos a tres veces el mismo día, figura 11, hacen recorridos innecesarios y no cuentan con un mapa o descripción de las calles que deben recorrer, en cambio realizan el recorrido intuitivamente. Además, debido a la mala distribución de los clientes, en ocasiones les toca regresar por clientes que no han sido atendidos.

Ambos camiones se turnan cada semana para retirar los desechos del centro de acopio municipal, que se acumulan durante el fin de semana por las actividades del mercado municipal, lo que implica el recorrido hacia la planta de tratamiento y luego regresar al parqueo municipal.

2.7.1.1. Rutas actuales

Mediante el trabajo de campo realizado, también se mapearon cada una de las rutas utilizando equipo GPS, registrando puntos geográficos y por medio de triangulación conformar visualmente cada uno de los recorridos.

A continuación, se muestran los recorridos realizados por el tren de aseo municipal

Figura 8.

Ruta de recolección Tzanja



Nota. Recorrido realizado por el tren de aseo en el cantón Tzanja los martes y viernes de cada semana. [Mapa]. Elaboración propia, realizado con MapHub.

Figura 9.

Ruta de recolección Pacucha



Nota. Nota. Recorrido realizado por el tren de aseo en el cantón Pacuchá los lunes y jueves de cada semana. [Mapa]. Elaboración propia, realizado con MapHub.

Figura 10.

Ruta de recolección Chuasanahí



Nota. Recorrido realizado por el tren de aseo en el cantón Chuasanahí los martes y viernes de cada semana. [Mapa]. Elaboración propia, realizado con MapHub.

Figura 11.

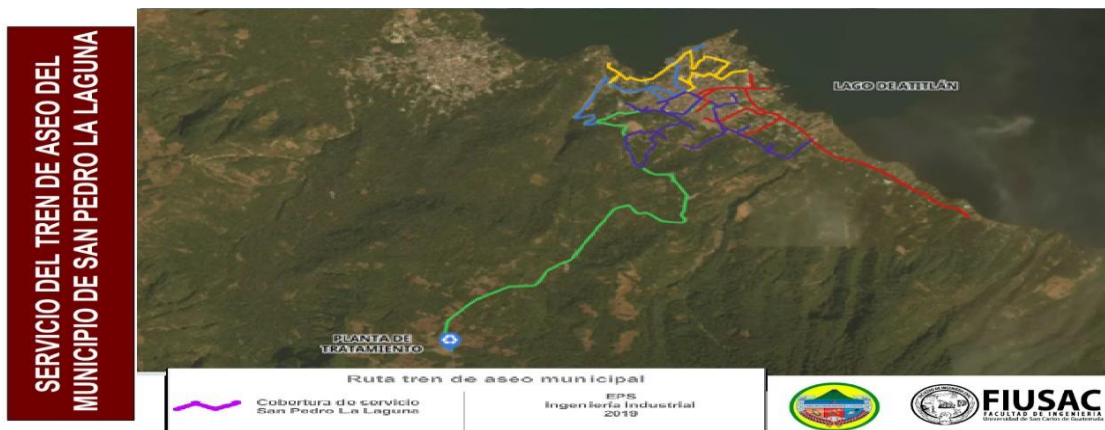
Ruta de recolección Chuacante



Nota. Recorrido realizado por el tren de aseo en el cantón Chuacante los lunes y jueves de cada semana. [Mapa]. Elaboración propia, realizado con MapHub.

Figura 12.

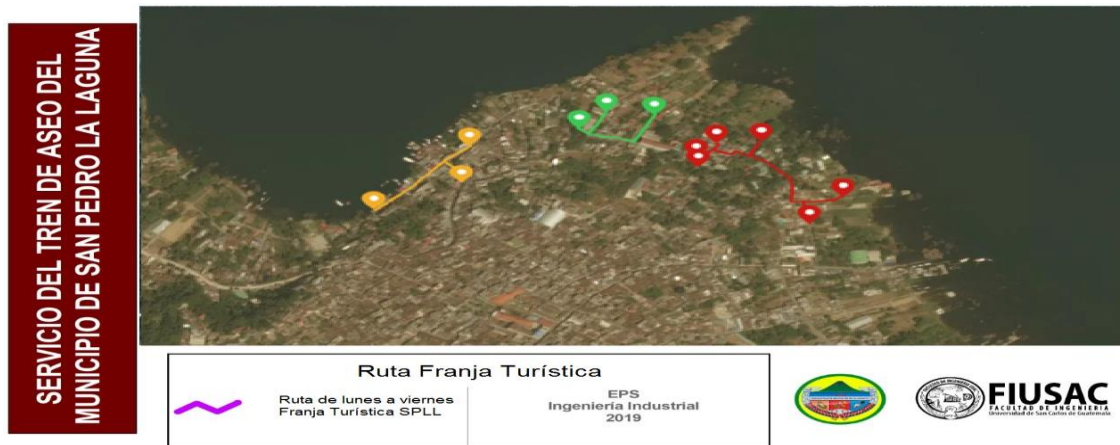
Rutas de recolección a nivel municipal



Nota. Recorrido realizado por el tren de aseo a nivel municipal cada semana. [Mapa]. Elaboración propia, realizado con MapHub.

Figura 13.

Puntos de recolección Franja Turística



Nota. Recorrido realizado por el encargado de recolección en la franja turística cada semana. [Mapa]. Elaboración propia, realizado con MapHub.

Figura 14.

Trayecto del centro de acopio a planta de tratamiento



Nota. Recorrido realizado por el tren de aseo desde el centro de acopio a la PTDS los sábados y domingos de cada semana. [Mapa]. Elaboración propia, realizado con MapHub.

2.8. Estudio de las condiciones de trabajo

El personal de la planta de tratamiento y servicio de recolección es el recurso más valioso con el que cuenta la municipalidad de San Pedro La Laguna, por tal razón, es imperativo que los operarios utilicen de forma correcta el equipo que se les otorga periódica y gratuitamente.

Lamentablemente las condiciones bajo las que se realiza el manejo de desechos sólidos, tanto en la planta de tratamiento como en el tren de aseo y centro de acopio no son las idóneas, ya que no se cuenta con el equipo de protección adecuado a cada área de trabajo, existe una resistencia por parte de los operarios a utilizar de forma permanente el equipo de protección, además, los camiones recolectores no están debidamente equipados.

Dentro de los aspectos que destacan se encuentran los siguientes:

- Todos los operarios utilizan el mismo tipo de guantes y mascarillas, lo que limita la seguridad de los que manipulan desechos punzocortantes: vidrio, metal y desechos hospitalarios, y desechos orgánicos en estado de descomposición.
- Los camiones del tren de aseo inician sus actividades a las 7:00 de la mañana, el primer viaje ingresa entre las 9:00 y 10:00 de la mañana por lo que los operarios de la planta se retrasan en la clasificación de los desechos.
- Los camiones no tienen los espacios debidos para que los operarios no tengan que subir a la palangana o cabina del camión, lo que retrasa el proceso y pone en riesgo al operario.

- Los operarios de la planta de tratamiento tienen un área establecida para comer, pero los operarios del tren de aseo deben comer en los camiones en áreas no adecuadas.
- Todos los operarios no cuentan con derecho al IGSS, por lo que si sufren un incidente o accidente acuden al Centro de Salud.

Entre los aspectos favorables para los trabajadores, tanto de la planta de tratamiento como del servicio de recolección, se enlistan los siguientes:

- Cada operario recibe de forma trimestral equipo de protección básico, botas de hule, guantes, chaleco y mascarillas quirúrgicas.
- Se realizan fumigaciones constantes en la planta de tratamiento para eliminar plagas de roedores e insectos que pueden ser portadores de enfermedades.
- La planta de tratamiento cuenta con servicio de energía eléctrica y agua entubada para que los operarios puedan desarrollar hábitos higiénicos.
- Periódicamente los operarios reciben vacunas contra el tétano e influenza, que son las enfermedades a las que están mayormente expuestos.
- Tiene horarios de trabajo establecidos, lo que les genera jornadas laborales admisibles.

Tabla 37.*Horarios de trabajo de los operarios del servicio de recolección y PTDS*

Área	Puesto	Lunes a viernes		Sábado y domingo	
		Entrada	Salida	Entrada	Salida
Planta de tratamiento	Operario	08:00 a.m. 13:00 p.m.	12:00 p.m. 17:00 p.m.	--	--
	Administrador	08:00 a.m. 13:00 p.m.	12:00 p.m. 17:00 p.m.	--	--
	Guardia	17:00 p.m.	08:00 a.m.	17:00 p.m.	8:00 a.m.
Tren de aseo	Operario	07:00 a.m. 13:00 p.m.	12:00 p.m. 16:00 p.m.*	10:00 a.m.	14:00 p.m. **
	Piloto	07:00 a.m. 13:00 p.m.	12:00 p.m. 16:00 p.m.*	10:00 a.m.	14:00 p.m. **
Centro de acopio	Administrador	08:00 a.m.	14:00 p.m.	8:00 a.m.	13:00 p.m.
	Barrendero 1	06:00 a.m.	12:00 p.m.	8:00 a.m.	13:00 p.m. **
	Barrendero 2	12:00 p.m.	18:00 p.m.	8:00 a.m.	13:00 p.m. **
* Finaliza al completar la ruta de recolección del día.					
** Según calendarización, una vez cada 15 días.					

Nota. Detalle de la jornada laboral de cada uno de los operarios del tren de aseo y PTDS.
Elaboración propia, realizado con Excel.

2.9. Composición de los desechos sólidos recolectados

Previo a determinar las acciones correctivas en la recolección y manejo de desechos sólidos es importante analizar qué tipo y en qué cantidades están siendo generados actualmente los desechos domiciliarios en San Pedro La Laguna.

Debido a que San Pedro La Laguna es un municipio con altos niveles de turismo y que desde 2016 ha prohibido el uso de bolsas plásticas, duroport y pajillas, los desechos orgánicos han incrementado, tal es el caso del uso de hojas

de mashan, que es lo que se emplea en el mercado municipal para sustituir las bolsas plásticas, la generación de residuos alimenticios (cascaras de huevo, cascaras de frutas y verduras, entre otros.), así como los residuos generados en jardinería. En el caso de los desechos inorgánicos, predominan los empaques de productos alimenticios y de higiene, pañales desechables, plástico, PET, latas de aluminio, vidrio, chatarra, cartón y papel de oficina e higiénico. Estos últimos, son recolectados el miércoles para evitar que se contaminen con los desechos orgánicos y puedan ser reciclados.

La metodología implementada para determinar la composición de los desechos sólidos consistió en el pesaje, previo a ser trasladados por los operarios de la planta de tratamiento, se colocaron los desechos en los costales y sabanas utilizadas para el traslado, se dejó caer 5 veces, para eliminar los espacios vacíos entre los desechos; finalmente se pesaron los desechos sólidos.

Se depositaron los desechos sólidos en el espacio asignado para su separación y clasificación en diferentes tipos, entre ellos: orgánicos, inorgánicos y materiales reciclables, tales como: plástico, PET, aluminio, cartón, papel, vidrio y metal.

Tabla 38.

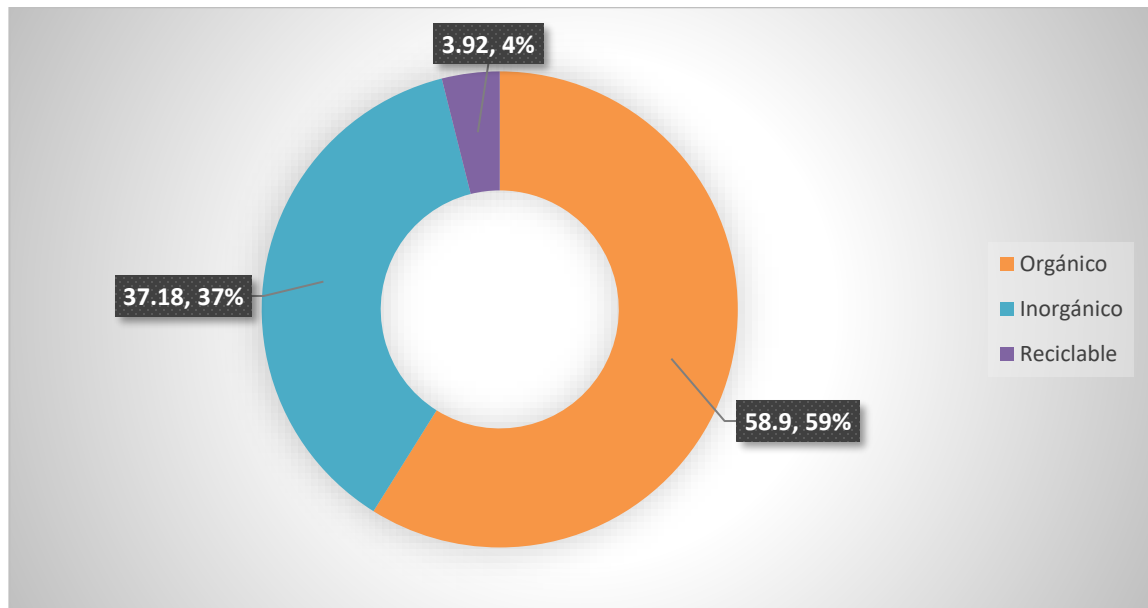
Desechos recolectados por tipo

Tipo	Libras	Quintales	Porcentaje
Orgánico	2983	29.83	58.90
Inorgánico	1883	18.83	37.18
Reciclable	199	1.99	3.92
Total	5065	50.65	100.00

Nota. Detalle de los materiales recolectados en función de la clasificación que se maneja a nivel municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 15.

Composición de los desechos sólidos



Nota. Detalle de los materiales recolectados en función de la clasificación que se maneja a nivel municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 39.

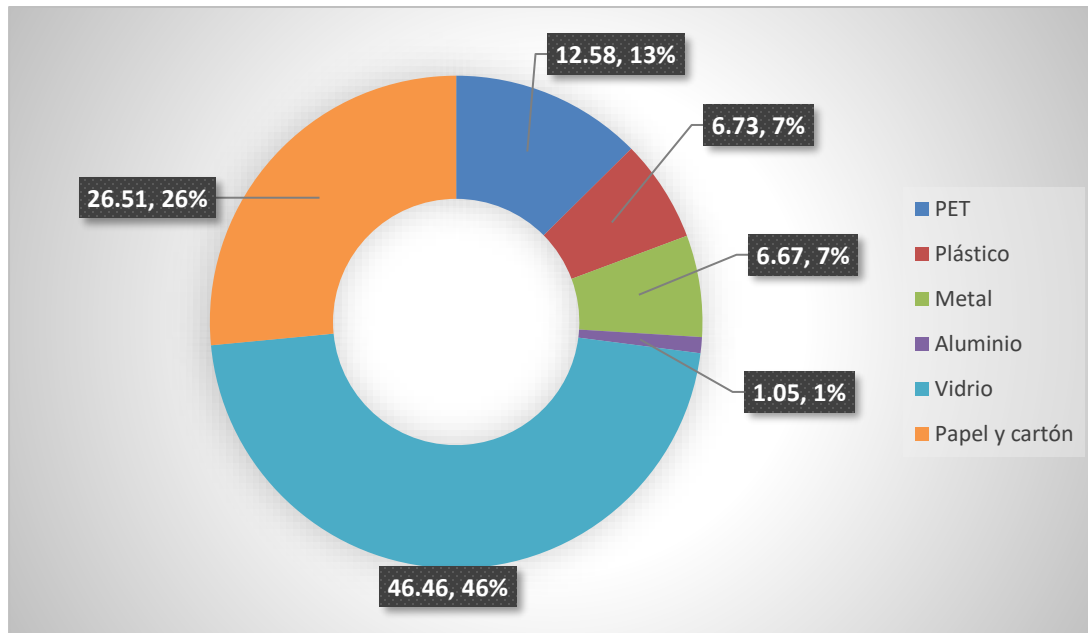
Distribución de los materiales reciclables

Tipo	Cuantificación en libras	Cuantificación en quintales	Porcentaje
PET	24.98	0.250	12.58
Plástico	13.36	0.134	6.73
Metal	13.24	0.132	6.67
Aluminio	2.08	0.021	1.05
Vidrio	92.25	0.922	46.46
Papel y cartón	52.64	0.526	26.51
Total	198.55	1.985	100

Nota. Detalle de los materiales reciclables en función de la clasificación que se maneja a nivel municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 16.

Distribución porcentual de materiales reciclables



Nota. Detalle de los materiales reciclables en función de la clasificación que se maneja a nivel municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

2.10. Servicio de recolección

El tren de aseo municipal utiliza 2 camiones recolectores que transitan en las calles principales del municipio, generando congestión vehicular, retrasando los recorridos y consumiendo más combustible del necesario. Por tal motivo se hace necesaria la reestructuración de las rutas de recolección. Para ello, se monitorean cada una de las rutas para detectar y eliminar los recorridos innecesarios y tiempos muertos, el objetivo es ahorrar tiempo y recursos para la municipalidad.

2.10.1. Análisis del muestreo estadístico

En este inciso se describe cada uno de los hallazgos obtenidos de los monitoreos realizados, para una mejor comprensión se emplearon graficas que ilustren los elementos que se deben tomar en cuenta para mejorar el servicio.

2.10.1.1. Tren de aseo municipal

La tabulación de los datos se realizó para revelar la situación actual y la percepción del servicio por parte de los usuarios, no solo en cuanto al servicio brindado, sino también la calidad de este. Para la obtención de los datos se empleó el siguiente formato

Figura 17.

Formato para el monitoreo del tren de aseo



MONITOREO EXTRACCION DE DESECHOS SOLIDOS TREN DE ASEO



SAN PEDRO LA LAGUNA
Municipio Ecológico

FECHA: _____ RESPONSABLE: _____

OBSERVACIONES: _____

No.	NOMBRE	PAGO TOTAL POR EL SERVICIO EN QUETZALES					Calidad de separación de los Desechos Solidos	ACUERDO 111-2016		CANTIDAD DE DESECHOS RECOLECTADOS			OBSERVACIONES GENERALES
		L	M	M	J	V		Cumple	No Cumple	O-CUBETA-	I-COSTAL-	R-COSTAL-	
1													
2													
3													
4													

Nota. Diseño del formato para el monitoreo del servicio de recolección que brinda la municipalidad mediante el servicio del tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Enumerar cada uno de los usuarios atendidos sirvió para determinar la proporción de domicilios atendidos por el servicio.

Tabla 40.

Usuarios atendidos por día

DIA	USUARIOS
Lunes	480
Martes	646
Miércoles	248
Jueves	470
Viernes	558

Nota. Cantidad de usuarios atendidos diariamente por el servicio de tren de recolección a nivel municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Puede observarse que el miércoles, que se recolecta únicamente material reciclable, existe una disminución en relación con los días en los que se recolecta material orgánico e inorgánico.

La descripción del recorrido realizado por cada uno de los camiones recolectores demuestra la cantidad de usuarios que tiene que atender cada uno, esto debido a que ambos camiones tienen capacidades de carga diferentes y por la geografía del municipio no pueden ingresar en ciertas vías.

Tabla 41.

Usuarios por ruta

Camión	Día	Área	Usuarios
HINO	Lunes	Zona 1	334
KIA	Lunes	Zona 2	146
HINO	Martes	Zona 3	391
KIA	Martes	Zona 4	255
HINO	Miércoles	Zona 1 y 2	129
KIA	Miércoles	Zona 3 y 4	119
HINO	Jueves	Zona 1	243
KIA	Jueves	Zona 2	227
HINO	Viernes	Zona 3	286
KIA	Viernes	Zona 4	272

Nota. Detalle de la cantidad de usuarios atendidos diariamente por vehículo del servicio de recolección del tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

El apartado correspondiente al pago por el servicio de recolección nos permite identificar la rentabilidad del servicio. Debido a que usuarios tales como: las escuelas, iglesias y dependencias de la municipalidad no están obligadas a realizar el pago por el servicio.

Además, existen usuarios que no se responsabilizan de sus desechos sólidos, evadiendo el pago por el servicio de recolección, afectando los ingresos percibidos.

Tabla 42.*Pago realizado por los usuarios*

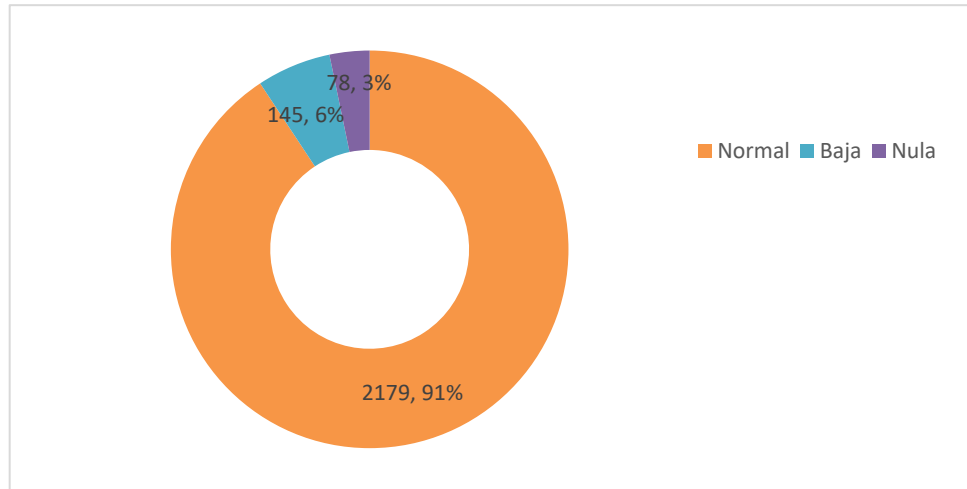
Camión	Día	Área	NORMAL	BAJA	NULA	Usuarios
HINO	Lunes	Zona 1	316	13	5	334
KIA	Lunes	Zona 2	123	14	9	146
HINO	Martes	Zona 3	358	24	9	391
KIA	Martes	Zona 4	235	13	7	255
HINO	Miércoles	Zona 1 y 2	96	23	10	129
KIA	Miércoles	Zona 3 y 4	97	14	8	119
HINO	Jueves	Zona 1	223	9	11	243
KIA	Jueves	Zona 2	210	11	6	227
HINO	Viernes	Zona 3	264	15	7	286
KIA	Viernes	Zona 4	257	9	6	272
TOTAL			2179	145	78	2402

Nota. Comparativa del pago realizado por los usuarios del tren de aseo municipal por vehículo y zona asignada. Elaboración propia, realizado con Excel.

Como se evidencia en la tabla anterior, el 6.65 % de los usuarios realizan un pago proporcional a la cantidad de desechos entregados, menos de Q1.00 por cubeta o costal, el 3.58 % de los usuarios dejan sus desechos en la vía pública, sin pagar por la recolección, lo que genera inconsistencia entre la cantidad de usuarios atendidos y el ingreso obtenido.

Figura 18.

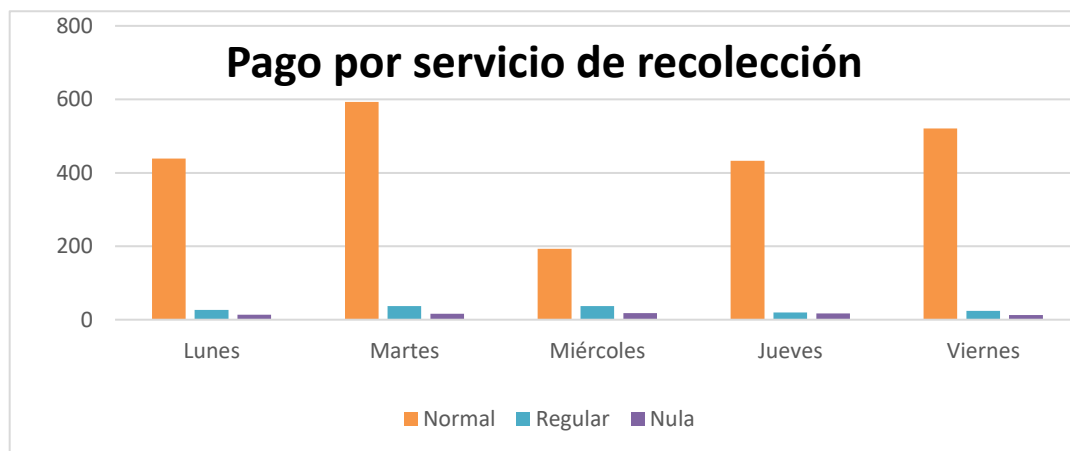
Pago realizado por los usuarios del tren de aseo



Nota. Comparativa porcentual del pago realizado por los usuarios del tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 19.

Cumplimiento con el pago establecido por el servicio del tren de aseo



Nota. Comparación diaria del cumplimiento en el pago por el servicio del tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con los datos sobre la calidad de la clasificación de los desechos desde los hogares, podemos determinar el porcentaje de resistencia al cambio que tiene la población, para enfocarnos en estos sectores y evitar la contaminación de los materiales aprovechables tales como reciclados y materia orgánica.

Tabla 43.

Calidad de la clasificación de desechos

Camión	Día	Área	Buena	Regular	Mala
HINO	Lunes	Zona 1	236	81	16
KIA	Lunes	Zona 2	87	42	17
HINO	Martes	Zona 3	331	51	10
KIA	Martes	Zona 4	194	55	6
HINO	Miércoles	Zona 1 y 2	96	28	5
KIA	Miércoles	Zona 3 y 4	110	7	2
HINO	Jueves	Zona 1	172	59	12
KIA	Jueves	Zona 2	135	65	26
HINO	Viernes	Zona 3	242	37	7
KIA	Viernes	Zona 4	207	59	6

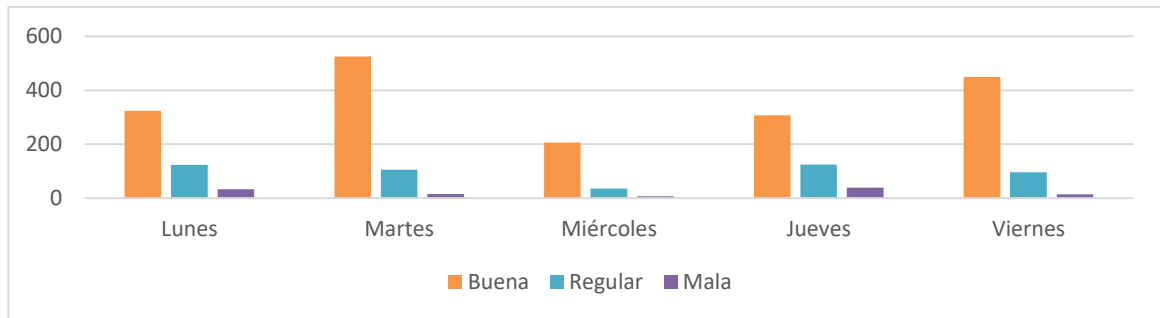
Nota. Comparación por zonas de la calidad en la clasificación y separación de los desechos que se entregan al tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

En lo referente a una mala clasificación de los desechos sólidos, predomina el uso de bolsas plásticas para el descarte de estos, puesto que al no poder ver el contenido de las bolsas se contaminan los desechos recolectados previamente.

Debido a que las rutas de lunes se repiten los jueves, se evidencia que la población donde se requiere la retroalimentación sobre la clasificación de los desechos es en las zonas 1 y 2, que corresponden a los cantones Pacuchá y Chuacanté.

Figura 20.

Calidad de la separación de los desechos por día



Nota. Comparativa de la calidad de la clasificación y separación de los desechos entregados por los pobladores al tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

En cuanto al acuerdo municipal 111-2016, se determinó, que en su mayoría lo incumplen con el uso de bolsas plásticas.

Tabla 44.

Cumplimiento del Acuerdo Municipal 111-2016

Camión	Día	Área	Cumple	No Cumple
HINO	Lunes	Zona 1	234	100
KIA	Lunes	Zona 2	111	35
HINO	Martes	Zona 3	274	117
KIA	Martes	Zona 4	208	47
HINO	Miércoles	Zona 1 y 2	96	33
KIA	Miércoles	Zona 3 y 4	107	12
HINO	Jueves	Zona 1	170	73
KIA	Jueves	Zona 2	173	54
HINO	Viernes	Zona 3	227	59
KIA	Viernes	Zona 4	207	65

Nota. Comparación de los usuarios en relación con el cumplimiento del acuerdo municipal 111-2016. Elaboración propia, realizado con Excel.

Finalmente, se determinó la cantidad de desechos sólidos que entregan los usuarios, midiéndolos en cubetas o costales.

Tabla 45.

Cantidad de cubetas y costales recolectados

Camión	Día	Área	Orgánico	Inorgánico	Reciclable	Especial
HINO	Lunes	Zona 1	249	271	0	1
KIA	Lunes	Zona 2	180	227	1	0
HINO	Martes	Zona 3	223	357	3	2
KIA	Martes	Zona 4	161	295	3	2
HINO	Miércoles	Zona 1 y 2	0	0	189	2
KIA	Miércoles	Zona 3 y 4	0	0	156	4
HINO	Jueves	Zona 1	181	197	0	1
KIA	Jueves	Zona 2	280	353	2	0
HINO	Viernes	Zona 3	163	261	2	2
KIA	Viernes	Zona 4	172	314	3	2

Nota. Especificación por tipo de desecho que entregan los usuarios del tren de aseo municipal diariamente a los vehículos recolectores. Elaboración propia, realizado con Excel.

Según lo indicado por los operarios del tren de aseo, serán considerados como desechos especiales aquellos que ocupan un espacio considerable, tales como colchones, porcelanas entre otros. Estos no tienen una tarifa establecida, por lo que queda a discreción del piloto el cobro a efectuar.

Conclusiones del monitoreo del tren de aseo municipal:

- Se requiere un mayor control por parte de la DIGAM, para garantizar que las personas que abandonan sus desechos en la vía pública reciban las sanciones correspondientes.
- Se necesita un número de teléfono o medio de comunicación donde los usuarios del tren de aseo puedan denunciar de forma anónima a quienes incumplen con las normas para el uso del tren de aseo.
- Es necesario entregar a los usuarios del tren de aseo costales y cubetas para que puedan clasificar sus desechos de forma correcta.
- Es importante que se cuente con el apoyo de las policías municipales para coordinar la correcta circulación de los vehículos en las vías principales del municipio, evitando el tráfico y retrasos en los recorridos del tren de aseo.
- El estado de las palanganas de los camiones dificulta la correcta separación de los desechos que se recolectan.
- Se debe fomentar en la población el hábito de pedir el recibo por el pago efectuado para evitar problemas con los ingresos económicos obtenidos.
- Se requiere de una capa para evitar que los desechos recolectados se queden tirado durante su transporte a la planta de tratamiento.
- Se hace necesaria la readecuación de las rutas de recolección para evitar la saturación de las calles principales.

2.10.1.2. Centro de acopio municipal

Se determinó la cobertura que tiene el servicio dentro de los puestos del mercado municipal, en función de los ingresos, cantidad de residuos y calidad de la separación de estos.

El centro de acopio es la única subdivisión del sistema de recolección que funciona los 7 días de la semana.

Tabla 46.

Horarios de atención centro de acopio

Día	Horario de atención
Lunes	8:00 a 14:00 horas
Martes	8:00 a 14:00 horas
Miércoles	8:00 a 14:00 horas
Jueves	8:00 a 14:00 horas
Viernes	8:00 a 14:00 horas
Sábado	8:00 a 13:00 horas
Domingo	8:00 a 13:00 horas

Nota. Distribución del horario de atención que brinda el centro de acopio a los usuarios del sector del mercado municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

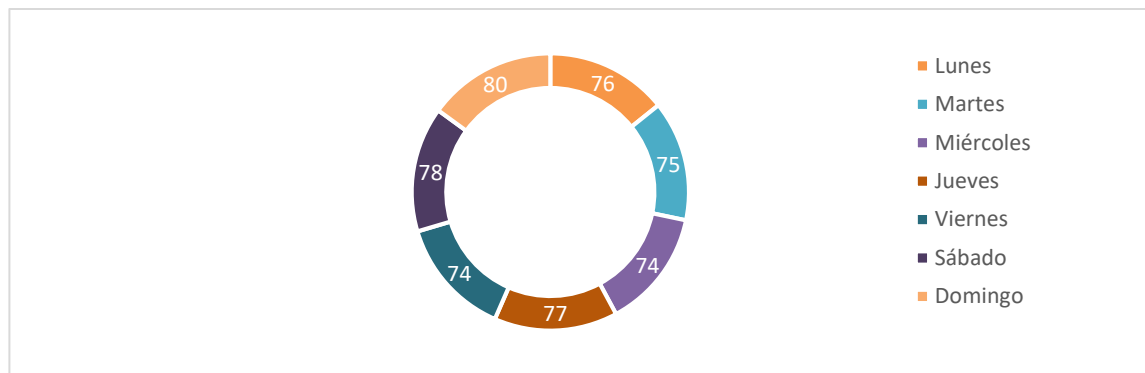
A excepción de los sábados y domingos los desechos sólidos son recolectados por el tren de aseo al finalizar la ruta de recolección respectiva.

Debido a que los usuarios acuden varias veces al centro de acopio durante el día, se complica el conteo exacto de los usuarios, por lo que se estableció la cantidad de usuarios en función de los ingresos obtenidos.

Es importante mencionar que el fin de semana, por la afluencia comercial se recolecta mayor cantidad de desechos sólidos.

Figura 21.

Usuarios atendidos en el centro de acopio municipal



Nota. Cantidad de usuarios que emplean el centro de acopio municipal diariamente. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con base en datos de la DIGAM, donde se registra diariamente el ingreso obtenido del centro de acopio, se mejoró el ingreso percibido por el servicio brindado.

Tabla 47.

Ingresos obtenidos en el centro de acopio municipal

Semana	Ingreso	Promedio ingreso diario
02 al 05 de enero	Q 160.00	Q 40.00
06 al 12 de enero	Q 280.00	Q 40.00
13 al 19 de enero	Q 304.00	Q 43.43
20 al 26 de enero	Q 334.00	Q 47.71
27 de enero al 02 de febrero	Q 344.00	Q 49.14
Monitoreo realizado en el 2020		

Nota. Registro de los ingresos obtenidos en el centro de acopio municipal durante el monitoreo del 02 de enero al 02 de febrero del 2020. Elaboración propia, realizado en Excel.

El ingreso promedio al centro de acopio es de Q 44.06 diarios, pero requiere del monitoreo constante para garantizar la eficiencia y calidad del servicio.

En cuanto a los desechos recolectados, al contar con un área reducida, aproximadamente 25 metros cuadrados, se hace necesaria la optimización del espacio con los recipientes que se utilizan, cuidando no mezclar los desechos recolectados y una distribución que garantice la correcta movilidad de los operarios al momento de retirar los residuos del centro de acopio.

Tabla 48.

Desechos sólidos recolectados

Cantidad de desechos sólidos recolectados (costales y cubetas)			
	Orgánico	Inorgánico	Reciclable
Lunes	21	5	1
Martes	20	7	2
Miércoles	22	6	3
Jueves	27	6	1
Viernes	23	5	1
Sábado	26	5	2
Domingo	29	6	4

Nota. Clasificación de los desechos sólidos que se recolectan en el centro de acopio municipal diariamente. Elaboración propia, realizado en Excel.

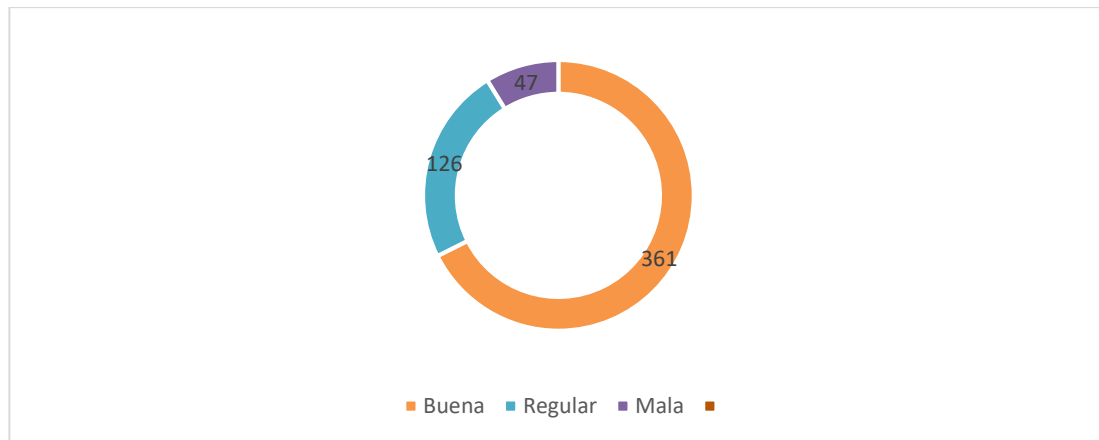
En la tabla anterior se contabilizaron los toneles y costales que se llenaron durante la jornada de recolección. Es importante mencionar que en el caso de material orgánico no puede llenarse hasta la capacidad máxima, debido a que por la humedad y el peso sería imposible levantar el contenedor.

En el centro de acopio, está estrictamente prohibido el uso de bolsas plásticas para la entrega de desechos sólidos, pero debido a que la actividad del mercado es predominante en venta de alimentos, los residuos están contaminados con empaques, cartón y papel aluminio, en la mayoría de los casos.

Es importante aclarar, que el monitoreo de la calidad de la separación de los desechos se realizó en el momento en que las cubetas y costales fueron depositados en el centro de acopio, garantizando la inspección de todo el contenido de cada uno de estos.

Figura 22.

Cantidad de la clasificación de los desechos sólidos en el centro de acopio



Nota. Evaluación de la calidad de la clasificación de los desechos sólidos que se recolectan en el centro de acopio municipal. Elaboración propia, realizado en Excel.

Conclusiones del monitoreo al centro de acopio municipal:

- Es necesaria la dotación de EPP a los operarios del centro de acopio municipal.
- El sistema de registro de los ingresos obtenidos por el servicio prestado es muy sencillo, pero eficiente.
- Este sistema de recolección permite un mejor control de la clasificación correcta de los desechos.
- Es importante que se identifiquen los costales y cubetas para evitar contaminar los desechos al trasladarlos al camión recolector.
- El registrar en Tesorería Municipal, de forma separada los ingresos del centro de acopio permitirán evidenciar la rentabilidad del servicio.

2.10.1.3. Servicio de recolección en Franja Turística

Como se ha mencionado anteriormente, existe un servicio de recolección que opera en la Franja Turística de San Pedro La Laguna, la metodología de este servicio es similar al tren de aseo municipal, la única diferencia es que para este servicio el operario ingresa a cada uno de los comercios a recolectar los desechos sólidos, posteriormente los traslada hasta un punto al que tenga acceso el tren de aseo y finalmente son transportados a la planta de tratamiento.

Para tener acceso a este servicio, los usuarios deben acudir a la DIGAM para solicitarlo, debido a que tiene un costo superior a la cuota del tren de aseo municipal.

Tabla 49.

Tipos de desechos

TIPO	PRECIO ACTUAL
Orgánico	Q 3.00
Inorgánico	Q 2.00
Reciclable	Q 1.00

Nota. Costo por tipo de desecho recolectado en la franja turística de San Pedro La Laguna. Elaboración propia, realizado con Excel.

Estos precios corresponden a cubetas o costales estandarizados por la DIGAM, pero el operario puede variar el cobro en función del tamaño y peso de los recipientes utilizados por el usuario.

Actualmente el servicio cuenta con 33 usuarios registrados, pero al no haber un contrato por el servicio puede suspenderse durante la temporada baja y reanudarse con la apertura de los comercios.

Figura 23.

Usuarios registrados actualmente en el servicio de recolección

<input type="checkbox"/>	DEJARON DE UTILIZAR EL SERVICIO	18	RESTAURANTE ZOOLA
1	SMOKING JOE'S	19	PIZZERÍA CALLEJÓN
2	HOTEL Y RESTAURANTE MIKASO	20	PARQUE LOS SAPITOS
3	CAFÉ CANELA	21	RESTAURANTE GARDEN
4	RESTAURANTE BIG BURGER	22	RESTAURANTE LOLE'S PLACE
5	RESTAURANTE EL GATO PERDIDO	23	HOTEL MR. MULLETS
6	RESTAURANTE EL BARRIO	24	RESTAURANTE ALEGRE PUB
7	HOTEL SAKARI	25	CAFÉ ATILÁN
8	RESTAURANTE BLUE-PARROT	26	CLINICA LOS VOLCANES
9	CAFÉ CIRCLES	27	CAFÉ LAS CRISTALINAS
10	CAFÉ IDEA CONNECTION	28	CAFÉ Y RESTAURANTE DOLPHIN
11	RESTAURANTE SOLAR POOLS	29	RESTAURANTE 4:20
12	TAMI MASSAGE	30	RESTAURANTE LA TERRAZA
13	HOTEL Y RESTAURANTE PINNOCHIO	31	RESTAURANTE SABABA
14	RESTAURANTE THE CLOVER	32	RESTAURANTE LA FÉ
15	RESTAURANTE JARACHI'K	33	QUINTA DIMENSIÓN
16	HOTEL DOLPHIN		
17	COMEDOR MARY		

Nota. Listado de usuarios que actualmente utilizan el servicio de recolección especial de la franja turística de San Pedro La Laguna. Elaboración propia, realizada con Word.

En primera instancia se consideró la cantidad de desechos orgánicos que se generan en esa subdivisión del servicio de recolección. El monitoreo se desarrolló en coordinación con la Oficina de Servicios Públicos, DIGAM, y el equipo multidisciplinario de EPSUM segunda cohorte 2019.

Tabla 50.*Cantidad de desechos orgánicos generados*

Semana	Cantidad de cubetas/costales entregados		
	Orgánico	Inorgánico	Reciclable
26 al 30 de agosto	53	50	22
02 al 6 de septiembre	75	73	48
09 al 13 de septiembre	63	48	15

Nota. Detalle del tipo de desechos sólidos que entregan los usuarios del servicio de recolección especial en la franja turística. Elaboración propia, realizado con Excel.

Durante el monitoreo, se evidencio que predomina la producción de desechos orgánicos, debido a que en su mayoría los usuarios de este servicio son restaurantes.

Se determinó la calidad de la separación de los desechos sólidos por parte de los usuarios, mediante la evaluación del cumplimiento del acuerdo municipal 111-2016, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 51.*Calidad de la separación de los desechos sólidos por parte de los usuarios*

Semana	Cumplimiento del acuerdo municipal 111-2016		
	Cumple	No cumple	Cerrado
26 al 30 de agosto	27	3	3
02 al 6 de septiembre	31	2	1
09 al 13 de septiembre	21	12	1

Nota. Comparativa de la calidad de clasificación y separación de los desechos que entregan los usuarios del servicio de recolección especial en la franja turística. Elaboración propia, realizada con Excel.

Se evidenció que el incumplimiento del acuerdo municipal, principalmente se debe al uso de duroport y bolsas plásticas, específicamente la utilización de bolsas de canguro para entregar papel higiénico, residuos de alimentos y materiales de carácter médico.

Finalmente, se determinó el ingreso obtenido, para analizar la rentabilidad del servicio.

Tabla 52.

Ingresos obtenidos en Franja Turística

Ingresos obtenidos en Franja Turística		
FECHA	Día	Ingreso
26 al 30 de agosto	Lunes	Q 126.00
	Martes	Q 97.00
	Miércoles	Q 70.00
	Jueves	Q 141.00
	Viernes	Q 49.00
02 al 06 de septiembre	Lunes	Q 194.00
	Martes	Q 62.00
	Miércoles	Q 57.00
	Jueves	Q 121.00
	Viernes	Q 53.00
09 al 13 de septiembre	Lunes	Q 230.00
	Martes	Q 48.00
	Miércoles	Q 39.00
	Jueves	Q 63.00
	Viernes	Q 0.00
TOTAL		Q 1,350.00

Nota. Cantidad de ingresos obtenidos por el servicio de recolección especial en la franja turística durante el monitoreo del 26 de agosto al 13 de septiembre del 2019. Elaboración propia, realizado con Excel.

El viernes 13 de septiembre no se brindó el servicio de recolección debido a que la municipalidad estuvo desarrollando actividades cívicas que requirieron la participación de todos sus trabajadores, incluyendo a los operarios del servicio de recolección.

Conclusiones del monitoreo al servicio de recolección especial en Franja Turística:

- Es un sistema que permite a los comercios y hoteles mantener un ambiente limpio y agradable al no tener que acumular sus desechos sólidos.
- El llevar un registro independiente en Tesorería Municipal de los ingresos obtenidos, permitirá evaluar los precios establecidos y la rentabilidad del servicio.
- Es necesario que la DIGAM promueva este servicio para que la totalidad de hoteles y comercios obtengan el servicio.
- Se requiere elaborar un certificado o distintivo que reconozca a los hoteles y comercios que forman parte de este servicio.

3. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

Para que el sistema de manejo de desechos sólidos opere de manera eficiente y eficazmente, se deben establecer características y aspectos que permitan su correcto funcionamiento.

3.1. Metodología para mejorar el servicio de recolección de desechos sólidos

La municipalidad como la encargada del manejo de los desechos sólidos a nivel local, deberá proveer a los operarios los insumos y herramientas necesarias para el desarrollo de sus actividades diarias, pero también debe existir el compromiso por parte de los operarios y más aun de los usuarios que emplean cada uno de los subgrupos del servicio de recolección.

Para ello, la DIGAM como encargada de los aspectos referentes, deberá implementar las acciones siguientes:

- Buscar en las organizaciones gubernamentales y privadas, siempre que sea viable, la asistencia técnica para mejorar el sistema de recolección a nivel municipal.
- Establecer medios de comunicación accesibles para que la población pueda denunciar cuando no se cumpla la normativa del acuerdo municipal 111-2016, garantizando que permanecerá en el anonimato.

- Emplear medidas de monitoreo constante el sector turístico para validar el cumplimiento de la clasificación y forma en que deberán entregarse los desechos sólidos.
- Desarrollar estrategias donde los usuarios puedan obtener insumos para la separación y entrega de los desechos sólidos como reconocimiento a la implementación y promoción de la clasificación correcta de los desechos domiciliarios.
- Aplicar de forma rigurosa las sanciones a los usuarios que incumplen el acuerdo municipal 111-2016, que son detectados durante la recolección de los desechos sólidos por los grupos del sistema de recolección.
- Generar una política de recolección de desechos sólidos, donde el usuario se comprometa a realizar la clasificación y entrega de los desechos en las condiciones previamente establecidas para obtener una recolección separativa eficiente.

3.2. Reordenamiento para la recolección de desechos sólidos a nivel municipal.

Debido a que las calles del municipio de San Pedro La Laguna, en su mayoría son callejones o calles donde los camiones recolectores no tienen acceso, se ha observado que se realizan varios giros y vueltas que generan mayor consumo de tiempo y combustible, por tal razón una sectorización correcta evitará la duplicidad de funciones, reduciendo los costos y tiempos de operación.

Con base en lo anterior se determina que el método para la reestructuración de rutas del tren de aseo municipal es el método de peine o barrido, garantizando el acceso a la mayor cantidad de la población que requiere el servicio.

Con la aplicación de este método se pretende alcanzar los siguientes beneficios:

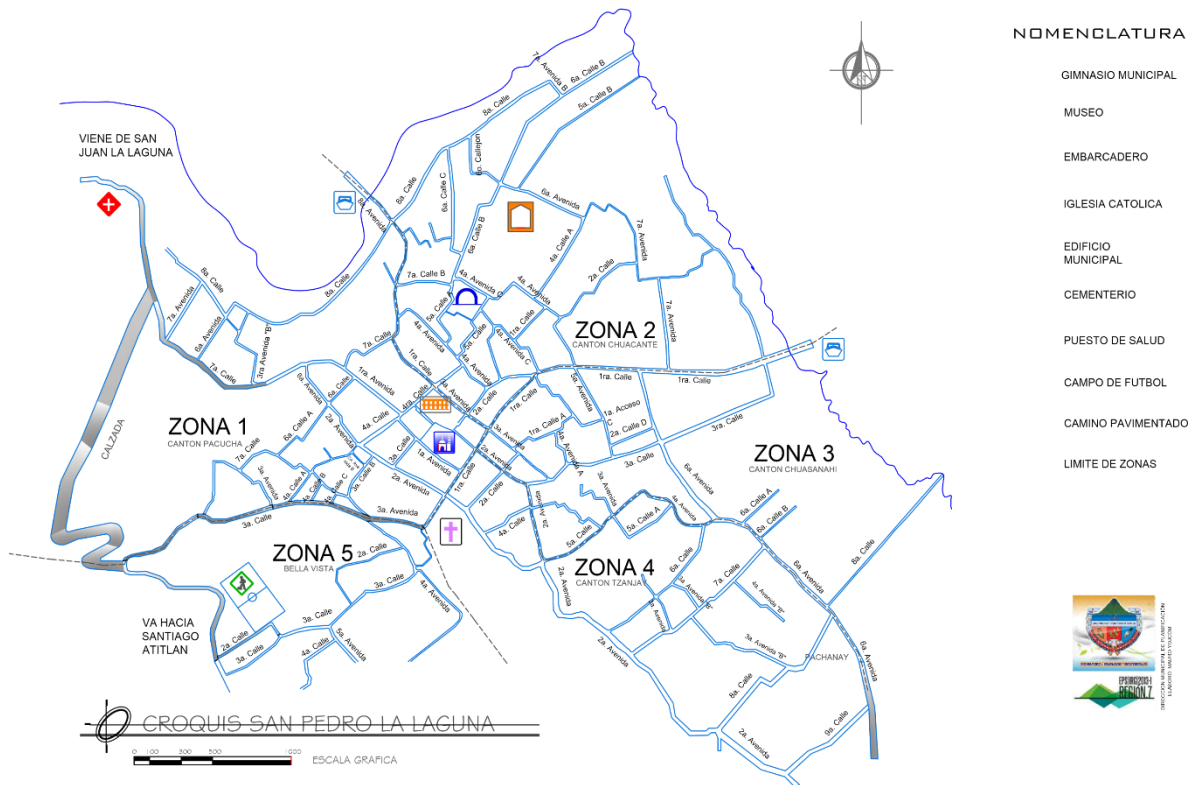
- Dividir el municipio en sectores, evitando que los camiones tengan que repetir el recorrido, retroceder o rodear una calle.
- Asignar a cada camión recolector una cantidad apropiada de usuarios.
- Responsabilidad y compromiso de los operarios de cada camión recolector.
- Mejora las condiciones de trabajo de los operarios mediante la cooperación de los usuarios del servicio.
- Facilitar la evaluación del servicio proporcionado por la municipalidad.

Para aplicar el método de barridos, se tomará como guía la descripción de Kunitoshi Sakurai, que divide el diseño de rutas en dos etapas, siendo éstas la sectorización y la diagramación.

- Sectorización: su objetivo es asignar a cada equipo de recolección una cantidad apropiada de trabajo, que garantice la optimización de su capacidad operativa. El municipio de San Pedro La Laguna, se dividirá en función de las vías de acceso, estableciendo 4 áreas de recolección que traspasarán los límites entre zonas, pero que facilite a cada equipo desarrollar su ruta en una menor cantidad de tiempo y con menor recorrido.

Figura 24.

Plano de Zonificación



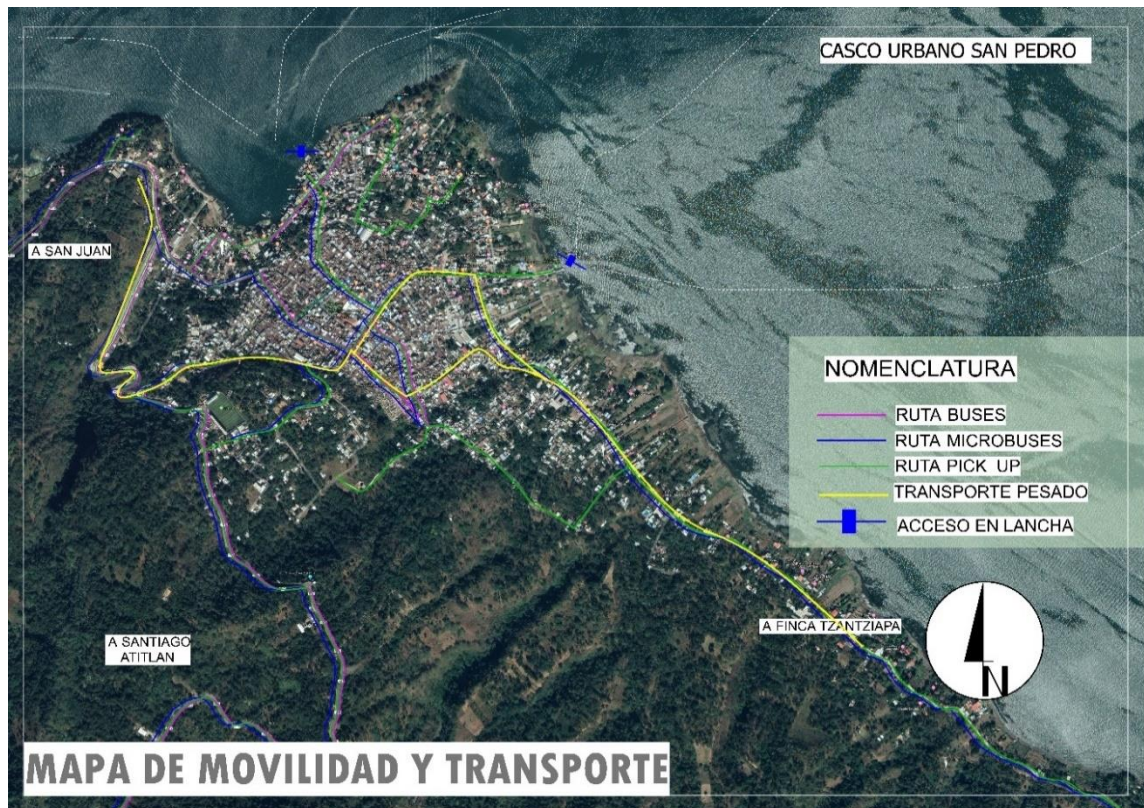
Nota. Croquis del municipio de San Pedro La Laguna. Obtenido de la Oficina de Catastro Municipal. *Croquis San Pedro La Laguna* [Mapa]. De dominio público.

- Diagramación: consiste en desarrollar la ruta que realizará cada equipo de trabajo, buscando que la recolección de los desechos sea eficiente. Para realizar la diagramación de rutas se requieren los siguientes datos:
 - Lugar del estacionamiento
 - Lugar de disposición final
 - Sentidos de circulación
 - Hora de mayor cantidad de tránsito y situación de la congestión
 - Topografía

- Vías transitables y vías no transitables
- Tipo de trazo de rutas

Figura 25.

Mapa de Movilidad y Transporte



Nota. Mapa de movilidad y transporte del municipio de San Pedro La Laguna. Obtenido de la Oficina de Catastro Municipal. Mapa de movilidad y transporte [Mapa]. De dominio público.

Como se mencionó anteriormente, debido a que el municipio cuenta con pocas vías que permiten el acceso a los camiones y de manera que se haga un solo recorrido por cada calle, para el trazo de rutas se utilizara la técnica de barrido de calle.

Adicionalmente cada ruta deberá cumplir con las siguientes características:

- Evitar duplicaciones, repeticiones y movimientos innecesarios.
- Respetar las disposiciones de tránsito.
- Minimizar el número de vueltas izquierdas y redondas, para reducir peligros a la tripulación y la obstaculización del tráfico.
- Verificar la hora de mayor tránsito de cada ruta.
- Disminuir el tiempo de acarreo, iniciado la ruta desde el punto más lejano a la planta de tratamiento.
- En la medida de lo posible, recolectar en las áreas con mayor pendiente cuando en camión este vacío. Y preferiblemente cuesta abajo.
- Para obtener un mejor resultado aplicando recolección en ambos lados de la calle se recomienda desarrollar las rutas con recorridos largos y rectos en lugar de dar vueltas a la derecha.

Siguiendo las recomendaciones anteriores se realizó el análisis de la cantidad de usuarios que son atendido en cada uno de los tramos de las rutas del tren de aseo, especificando los puntos de referencia donde se hace necesario virar o retornar, ya que estas acciones son las que atrasan los recorridos diarios.

Como resultado del monitoreo realizado, se determina que los puntos que influyen de forma negativa en el desarrollo de las rutas de recolección son los retornos y virajes que debe efectuar cada camión por la línea que se ha enmarcado para la ruta, por tal razón, se debe modificar los puntos de inicio, virajes y los recorridos de acarreo que se ejecutan actualmente. Para ello se emplea la metodología que se describe en el siguiente inciso.

3.2.1. Frecuencia de recolección

La recolección seguirá siendo dos veces por semana, debido a que el tiempo de descomposición de los desechos orgánicos afecta las actividades de comercio que se desarrollan en el lugar y para garantizar que los usuarios no se vean en la necesidad de descartar los desechos cuando se recolecten materiales reciclables.

Para la recolección se utilizará el método de acera, para que los usuarios coloquen sus desechos fuera de sus hogares y que los recolectores puedan tener acceso a ellos de forma rápida, adicionalmente en los puntos de difícil acceso (callejones o áreas donde el camión no puede parquearse), se designaran puntos de recolección comunes para agilizar el proceso de recolección.

3.2.1.1. Transporte

El objetivo es determinar si la cantidad de camiones empleados es acorde a la cantidad de desechos que se generan en el municipio, tomando en consideración la frecuencia de recolección, la densidad de los desechos y la capacidad de los vehículos. Para ello se implementará la fórmula de Sakurai, Kunitoshi. Recolección de residuos sólidos.

$$\text{Número de Vehículos} = \frac{7 \times POB \times PPC \times COB}{0.9 \times V \times D \times N \times J}$$

Donde:

7 = número de días de la semana

POB = población total a cubrir

PPC = producción per cápita de basura en kg por habitante por día

COB = cobertura de la población, expresada en fracción

0.9 = factor de capacidad

V = capacidad del vehículo en metros cúbicos

D = densidad de la basura en el vehículo en kg, por metro cúbico

N = número de viajes por día

J = Número de jornadas por semana

Según los datos obtenidos del INE, San Pedro La Laguna cuenta con una población de 12,508 habitantes, sin embargo, debido a que el tren de aseo municipal tiene una cobertura del 95 % de la población, se estima una población aproximada de 11,883 habitantes que utilizan el tren de aseo, identificados en la fórmula como POB.

La producción per cápita de desechos sólidos en kilogramos por habitante por día, es de aproximadamente 0.51, correspondiente al PPC, dato obtenido del apartado análisis de los residuos recolectados de este documento.

Para obtener un cálculo realista, se da una holgura del 5 % en la capacidad del vehículo, obteniendo un 0.95, correspondiente al 95 % que es utilizado actualmente.

La capacidad de los camiones está basada en especificaciones técnicas de las empresas fabricantes de dichos vehículos, indicando un valor de aproximadamente 9 metros cúbicos.

Según los datos proporcionados por la DIGAM, la densidad de los desechos sólidos en cada camión se estima en aproximadamente 183 kilogramos por metro cúbico, debido a que los desechos no son compactados. Actualmente cada camión realiza dos viajes diarios para poder cubrir el área asignada.

El número de jornadas semanales se compara con la cantidad de veces que se realiza la recolección en el mismo punto, siendo tres veces por semana.

Ingresando los datos a la fórmula, se determina la cantidad de vehículos que se requieren, los resultados se detallan a continuación.

$$\text{Número de Vehículos} = \frac{7 \times 11883 \times 0.51 \times 0.95}{0.95 \times 9 \times 183 \times 3 \times 3} \cong 3$$

Al necesitar un vehículo más y conociendo la situación económica y geográfica, no puede considerarse la adquisición de un camión compactador.

Sin embargo, la municipalidad cuenta con un vehículo marca KIA, que se emplea actualmente para recolecciones especiales en las jornadas de limpieza y otras actividades desarrolladas por la municipalidad, el cual tiene un tamaño adecuado para circular en las calles del municipio. Al no ser necesaria la compra de un vehículo nuevo, se reduce la inversión inicial para la implementación de 3 vehículos en el sistema de recolección.

3.2.2. Diagramación de rutas de recolección

Para que el sistema de recolección de desechos sólidos opere, se deben diseñar rutas en las que los vehículos recolectores recojan los desechos y los transporten al área al basurero municipal de una forma optimizada.

Basándose en el porcentaje de participación de cada ruta, según el monitoreo realizado, tomando en cuenta que los clientes atendidos lunes y martes son los mismos que se atienden miércoles, jueves y viernes, se genera la siguiente tabla:

Tabla 53.

Porcentaje de participación por vehículo

Vehículo	Usuarios	Porcentaje
HINO	725	59
KIA	499	41
Total	1224	100

Nota. Comparativa porcentual de la cantidad de usuarios que atiende cada vehículo del tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizada con Excel.

Tomando estos datos se sectorizará, atendiendo la capacidad de cada vehículo y la población que habita cada zona.

Tabla 54.

Porcentaje de usuarios por zona

Zona	Usuarios	Porcentaje
1	334	27
2	227	19
3	391	32
4	272	22
Total	1224	100

Nota. Determinación del porcentaje de usuarios que atiende el servicio de recolección por zona. Elaboración propia, realizado con Excel.

En función de la proporción de usuarios atendidos por zona, y la cantidad de usuarios atendidos por vehículo, se delimitarán las zonas de atención para cada vehículo de la siguiente forma:

- Camión HINO: zonas 1 y 3
- Camión KIA: zonas 2 y 4

Con esta sectorización se pretende alcanzar los siguientes beneficios:

- Ahorro de tiempo
- Responsabilidad y compromiso por parte de cada tripulación en su sector
- Facilitación para la reevaluación del servicio
- Mejor determinación de equipo, recursos y usuarios
- Conocimiento específico de los puntos de recolección y usuarios asignados

Habiendo definido que la frecuencia de recolección es dos veces por semana, que se requieren 3 vehículos para satisfacer la demanda de la población y la demanda del servicio por zona, se procedió a elaborar las rutas de recolección, tres rutas diferentes para cada camión recolector, buscando que cada una cuente con aproximadamente la misma cantidad de usuarios, siendo en total una cantidad de siete rutas diferentes, incluyendo la que se desarrolla los sábados y domingos para recolectar en el centro de acopio municipal.

Tabla 55.

Programación de recolección

Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
HINO	Zona 3	Zona 1	Zona 1 y 3	Zona 3	Zona 1
KIA	Zona 2	Zona 4	Zona 2 y 4	Zona 2	Zona 4
KIA II	Franja turística y centro de acopio municipal				

Nota. Determinación de las zonas asignadas a cada vehículo del servicio de recolección en función de la capacidad de carga de cada uno. Elaboración propia, realizada con Excel.

- HINO, ruta lunes y jueves: esta ruta deberá atender la zona 3, sin circular por las calles y avenidas del mercado municipal, saliendo y entrando de planta de tratamiento por el sector del cementerio municipal.

Figura 26.

Ruta 1 propuesta para el camión HINO



Nota. Propuesta de recorrido para el camión Hino durante las rutas de los lunes y jueves. [Mapa].
Elaboración propia, realizado con MapHub.

- HINO, ruta martes y viernes: esta ruta deberá atender la zona 1, iniciando su recorrido hacia el muelle para Santiago, para evitar retornar por la calle del mercado municipal y finalizar su ruta en la avenida principal que conduce a planta de tratamiento.

Figura 27.

Ruta 2 propuesta para el camión HINO



Nota. Propuesta de recorrido para el camión Hino durante las rutas de los martes y viernes. [Mapa]. Elaboración propia, realizado con MapHub.

- KIA, ruta lunes y jueves: recorrerá la zona 2, iniciando su recorrido en el sector de la franja turística para evitar circular en esta área en las horas de mayor afluencia vehicular.

Figura 28.

Ruta 1 propuesta para el camión KIA



Nota. Propuesta de recorrido para el camión KIA durante las rutas de los lunes y jueves. [Mapa].
Elaboración propia, realizado con MapHub.

- KIA, ruta martes y viernes: cubriendo la zona 4, iniciado su recorrido por el sector del parqueo municipal, para finalizar la ruta en el sector Bella Vista, quedando lo más cerca posible de la salida hacia la planta de tratamiento.

Figura 29.

Ruta 2 propuesta para el camión KIA

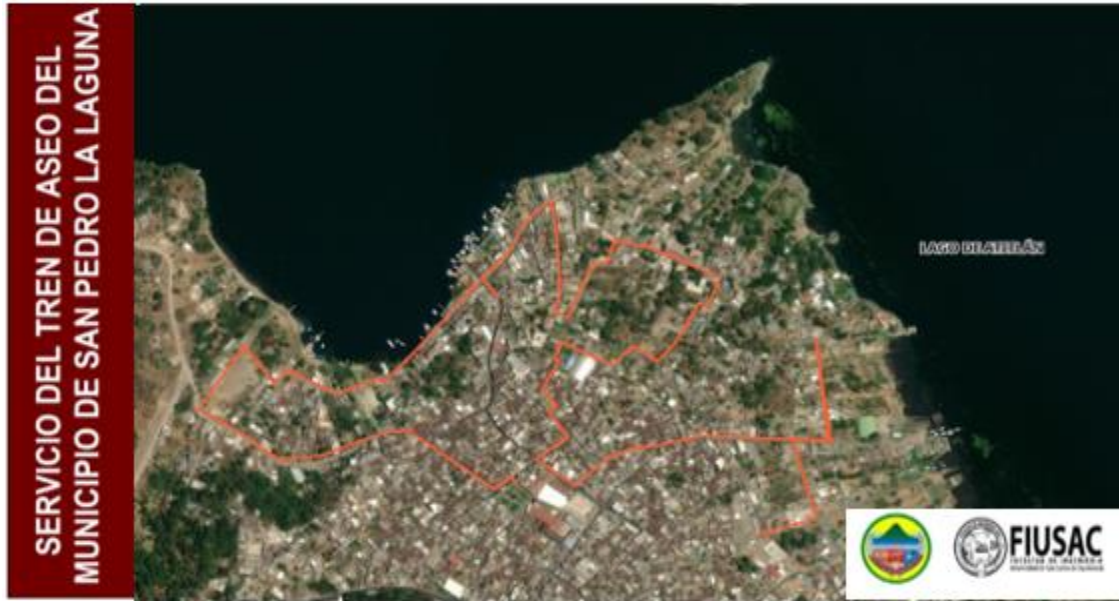


Nota. Propuesta de recorrido para el camión KIA durante las rutas de los martes y viernes. [Mapa].
Elaboración propia, realizado con MapHub.

- KIA II, ruta centro de acopio y franja turística: esta ruta debe recorrer la franja turística, desde hotel Mikaso hasta Sababa, finalizando en el centro de acopio municipal.

Figura 30.

Ruta propuesta para el camión KIA II



Nota. Propuesta de recorrido para el camión KIA II para la recolección de desechos de la franja turística y el centro de acopio municipal. [Mapa]. Elaboración propia, realizado con MapHub.

Como resultado de los nuevos recorridos, obtenemos un ahorro significativo en recorrido, que se ilustran en las siguientes tablas.

Tabla 56.*Kilómetros Recorridos con el método actual*

Recorrido realizado en kilómetros.								
Método	Camión	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Actual	Hino	18.35	20.93	16	18.35	20.93	0.00	0.00
	Kia	18.32	21.05	16.09	18.32	21.05	0.00	0.00
	Kia II	9.66	9.66	9.66	9.66	9.66	9.66	9.66
	Total	46.33	51.64	41.75	46.33	51.64	9.66	9.66

Nota. Métrica de los kilómetros recorridos por cada vehículo del tren de aseo municipal al implementar las rutas actuales. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 57.*Kilómetros recorridos con el método propuesto*

Recorrido realizado en kilómetros.								
Método	Camión	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Propuesto	Hino	19.25	20.18	16.15	19.25	20.18	0.00	0.00
	Kia	22.21	18.73	17.66	22.21	18.73	0.00	0.00
	Kia II	0.00	12.04	0.00	0.00	12.04	9.66	9.66
	Total	41.46	50.95	33.81	41.46	50.95	9.66	9.66

Nota. Métrica de los kilómetros recorridos por cada vehículo del tren de aseo municipal al implementar las rutas propuestas. Elaboración propia, realizado con Excel.

Los datos anteriores indican que actualmente se recorren 357.01 km y con el método propuesto un total de 237.95 km que significa un ahorro de 119.06 km semanales, estos datos equivalen a Q 514.00 aproximadamente.

3.2.3. Tiempos de operación

Los tiempos de operación con las nuevas rutas para cada uno de los camiones se han definido en función de los parámetros siguientes:

- Traslado al lugar de inicio: empleado del parqueo municipal al punto de inicio de ruta.
- Tiempo en recolección: empleado en el recorrido entre calles y avenidas donde los usuarios entregan sus desechos.
- Transporte a planta de tratamiento y regreso: empleado desde el punto donde se llega a la capacidad máxima del camión, transporte a planta de tratamiento y retorno al último punto recolectado.
- Descarga: empleado en la planta de tratamiento para descargar el material recolectado.
- Comida: usado por los operarios para consumir sus alimentos.

Estos tiempos se describen en la tabla siguiente, para cada vehículo.

Tabla 58.*Tiempo de operación actual, camión HINO*

Descripción	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Traslado al lugar de inicio	0:05	0:03	0:05	0:05	0:03	0:21
Tiempo en recolección	3:31	4:58	4:46	3:31	5:18	22:04
Traslado a planta de tratamiento y regreso	1:33	1:14	1:25	1:33	1:14	6:59
Descarga	1:30	1:27	0:54	1:30	1:27	6:48
Comida	0:50	0:48	0:48	0:50	0:48	4:04
Total	7:29	8:30	7:58	7:29	8:50	40:16

Nota. Detalle del tiempo de recorrido que realiza el vehículo Hino con las rutas actuales del tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 59.*Tiempo de operación propuesto, camión HINO*

Descripción	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Traslado al lugar de inicio	0:04	0:03	0:05	0:04	0:03	0:19
Tiempo en recolección	4:11	4:20	4:08	4:11	4:20	21:10
Traslado a planta de tratamiento y regreso	1:10	0:51	1:02	1:10	0:51	5:04
Descarga	1:05	1:22	0:39	1:05	1:22	5:33
Comida	0:20	0:29	0:28	0:20	0:29	2:06
Total	6:50	7:05	6:22	6:50	7:05	34:12

Nota. Detalle del tiempo de recorrido que realiza el vehículo Hino con las rutas propuestas para el tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 60.*Tiempo de operación actual, camión KIA*

Descripción	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Traslado al lugar de inicio	0:07	0:05	0:06	0:07	0:05	0:30
Tiempo en recolección	3:42	4:50	4:36	3:42	4:50	21:40
Traslado a planta de tratamiento y regreso	1:17	1:09	1:14	1:17	1:09	6:06
Descarga	1:12	1:06	0:48	1:12	1:06	5:24
Comida	0:42	0:53	0:47	0:42	0:53	3:57
Total	7:00	8:03	7:31	7:00	8:03	37:37

Nota. Detalle del tiempo de recorrido que realiza el vehículo KIA con las rutas actuales del tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 61.*Tiempo de operación propuesto, camión KIA*

Descripción	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Traslado al lugar de inicio	0:06	0:04	0:04	0:06	0:04	0:24
Tiempo en recolección	3:04	4:12	3:56	3:04	4:12	18:28
Traslado a planta de tratamiento y regreso	0:54	0:46	0:51	0:54	0:46	4:11
Descarga	0:40	0:28	0:26	0:40	0:28	2:42
Comida	0:15	0:19	0:17	0:15	0:19	1:25
Total	4:59	5:49	5:34	4:59	5:49	27:10

Nota. Detalle del tiempo de recorrido que realiza el vehículo KIA con las rutas propuestas para el tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Como puede observarse en las tablas anteriores, la reestructuración de las rutas genera una reducción del tiempo de operación, con 6 horas y 4 minutos para el vehículo marca HINO y 10 horas con 27 minutos para el vehículo marca KIA, lo que nos da un total de 16 horas con 31 minutos de reducción semanal en el tiempo de operación.

3.2.4. Control del sistema de recolección

En el muestreo estadístico de los subgrupos del sistema de recolección en San Pedro La Laguna, se evidenció que no existe un sistema de monitoreo continuo, por lo que surgen inconformidades de los usuarios, pero también de los operarios que realizan la recolección. Dentro de los problemas existentes destacan los siguientes:

- El trato hacía los usuarios por parte de los recolectores y viceversa
- El pago del servicio
- El incumplimiento del Acuerdo Municipal 111-2016
- El abandono de los desechos sólidos en el área pública
- Basureros clandestinos

Estos problemas son atendidos en la DIGAM, que es la oficina a la que pertenece el sistema de recolección, pero no se tiene un registro completo, únicamente se documentan las acciones que requieren una multa al usuario o una sanción al operario. Los precios por el servicio de recolección fueron establecidos por la municipalidad, pero se ha demostrado que no son efectuados por todos los usuarios, por tal razón se requiere un mayor control por parte de la DIGAM para que se cumplan los pagos y se apliquen sanciones cuando sea necesario.

Tabla 62.*Precios por el Servicio de Recolección*

Grupo	División que lo atiende	Forma de entrega	Precio
Hogares	Tren de aseo	Cubeta/costal	Q 1.00
Iglesias	Tren de aseo	Cubeta/costal	Q 0.00
Empresas privadas	Tren de aseo	Cubeta/costal	Q 1.00
Instituciones	Tren de aseo	Cubeta/costal	Q 1.00
Vendedores del mercado municipal	Centro de acopio	Cubeta/costal	Q 1.00
Colegios	Tren de aseo	Cubeta/costal	Q 0.00
Restaurantes	Franja turística	Cubeta/costal	Q 3.00
Hoteles	Franja turística	Cubeta/costal	Q 3.00
Panaderías	Tren de aseo	Cubeta/costal	Q 1.00
Clínicas y farmacias	Franja turística/tren de aseo	Cubeta/costal	Q 1.00


Nota. Descripción de los precios establecidos por el tipo de servicio y forma en que entregan los desechos sólidos. Elaboración propia, realizado con Excel.

Los precios anteriores aplican únicamente cuando el recipiente donde se entregan los desechos tiene el tamaño establecido por la municipalidad, en caso contrario el operario que lo recolecte debe establecer un precio proporcional a la cantidad o volumen de los desechos. No se propone un incremento a los precios, debido a que los usuarios se oponen a aceptarlo y/o cumplirlo.

En lo referente a los problemas evidenciados en el servicio de recolección y que no corresponden a pago del servicio, se propone la implementación del siguiente convenio de clasificación de desechos sólidos, para garantizar que los desechos serán entregados conforme lo establece la municipalidad, mejorando los procesos que se desarrollan durante la recolección y transporte.


Figura 31.

Convenio de clasificación de desechos sólidos del servicio de recolección



MUNICIPALIDAD DE
SAN PEDRO LA LAGUNA

DIRECCIÓN DE GESTIÓN
AMBIENTAL MUNICIPAL -DIGAM-
Tel: 77218207 Ext:



DIGAM
DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL MUNICIPAL

Convenio de clasificación de desechos sólidos para usuarios del servicio de recolección

Yo: _____ de _____ años de edad, con documento personal de identificación (DPI) No. _____ extendido por el RENAP del municipio de _____ departamento de _____, con residencia en: _____, registrado en la municipalidad de San Pedro La Laguna, con un servicio en el Tren de aseo centro de acopio servicio de recolección en franja turística, por medio del presente convenio me comprometo a realizar la clasificación de los desechos sólidos generados, separándolos en orgánico, inorgánico y reciclable; conforme lo indica la Dirección de Gestión Ambiental Municipal. Además de comprometerme a utilizar cubetas o costales para entregar los desechos, me comprometo a cumplir con el acuerdo municipal 111-2016 que regula el uso de bolsas plásticas, pajillas y duoport. Colaborando con la municipalidad de San Pedro La Laguna en el proyecto para la protección y cuidado del medio ambiente y del lago de Atitlán, mediante el manejo responsable de los desechos sólidos, y para dar validez, firmo al pie del presente documento, en el municipio de San Pedro La Laguna, a los _____ días del mes de _____ del año _____.

f. _____
Usuario del servicio de recolección

Nota. Propuesta de convenio de clasificación de los desechos sólidos previo a ser entregados al servicio de recolección de la municipalidad. Elaboración propia con base en acuerdo municipal 111-2016, realizado con Canva.

3.2.5. Condiciones de trabajo

Como se evidenció anteriormente, a pesar de que se ha proporcionado equipo de protección personal a los operarios del sistema de recolección, se requiere la adquisición de equipamiento que garantice protección ante los riesgos y accidentes en el desarrollo de sus actividades diarias.

El EPP debe cubrir la necesidad de protección en:

- Cabeza: casco, no precisamente dieléctricos, lentes y respiradores adecuados a los gases generados por los desechos sólidos.
- Manos: guantes con recubrimiento interior, con refuerzo palmar externo para resistencia al corte y superficie rugosa para conseguir mejor agarre.
- Pies: calzado con puntera de acero y suela antideslizante.
- Tronco: uniforme de tejido resistente con doble costura, talla justa, de preferencia manga larga muy ajustada en los puños, sin partes sueltas y con franjas reflectoras con colores de alta visibilidad.

Los operarios poseen guantes anticorte, botas de hule, chaleco con franjas reflectoras, mascarillas quirúrgicas y capas impermeables. Estos elementos no son los adecuados, se recomienda la adquisición del EPP basado en la calidad y suministro de protección. Se gestionó en conjunto con la DIGAM y tesorería municipal la compra del siguiente material de seguridad.

Tabla 63.

Equipo de protección personal recomendado

Nombre	Especificaciones	Figura	Estado	Precio unitario
Gorra con cubre cuello de alta visibilidad	Ajustable a la cabeza y transpirable. Con dos líneas reflectoras		Requerido	Q 47.00
Overol de gabardina	Ajustable en cintura, manga larga, incluye cintas reflectoras.		Requerido	Q 300.00

Continuación de tabla 64.

Nombre	Especificaciones	Figura	Estado	Precio unitario
Soporte lumbar	Cinturón de cuero, ajustable a la persona		Requerido	Q113.00
Guantes	Tejido Nitrilo para mejor agarre, resistente al corte.		Requerido	Q 47.50
Capa impermeable	Especial para la época de lluvia, resistente a la abrasión.		Adquirido	Q 50.00
Respirador de un filtro de aire	Medios de filtro de carbono que reducen la exposición a ozono/ niveles molestos de vapores orgánicos. Sello facial de espuma cómodo.		Requerido	Q 28.00
Botas de hule	Con plantilla de acero, resistente al corte, antideslizante.		Adquirido	Q150.00

Continuación de tabla 64.

Nombre	Especificaciones	Figura	Estado	Precio unitario
Lentes claros side shield	Protección lateral, patillas ajustables con protección solar UV al 99.9%.		Donado	Q 34.00

Nota. Especificaciones del EPP que debe utilizar cada operario del servicio de recolección y PTDS de la municipalidad de San Pedro La Laguna. Elaboración propia, realizado con Excel.

Antes de dotar al personal de este equipamiento, es necesario desarrollar una capacitación explicando los riesgos existentes en el área de trabajo, haciendo preciso el uso de EPP, mostrando la forma correcta en la que debe utilizarse y determinar cuando éste falla.

3.3. Planta de tratamiento

Con base en las generalidades, características y finalidad de las actividades y proceso que se desarrollan dentro de la planta de tratamiento, desde la recepción, recuperación, transformación, almacenaje y disposición final de los desechos sólidos se establece que la línea de acción, en cuanto a las mejoras, debe enfocarse en los aspectos referentes a los procesos, maquinaria, organización administrativa y capacidad laboral de los operarios. Cada uno de estos aspectos se describe en los incisos siguientes.

3.3.1. Clasificación de los desechos sólidos

De acuerdo con la Guía para la Identificación Gráfica de los Residuos Sólidos Comunes del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN, primera edición, 2018, la clasificación de los desechos debe contemplar los

resultados obtenidos de la caracterización y composición de los residuos del área. Para el municipio de San Pedro La Laguna, el estudio realizado por el programa PROATITLAN en el 2017, establece que los residuos generados corresponden, en su mayoría, a orgánicos e inorgánicos, además, existe mercado para la comercialización de residuos valorizables tales como: metal, papel, vidrio, cartón, plástico y multicapas. Por tal razón, la clasificación actual comprende la clasificación primaria: orgánico e inorgánico, y secundaria: papel, cartón, plástico, vidrio, metal o multicapas, ya que se emplean más de dos recipientes para la clasificación y separación en el punto de generación.

Figura 32.

Clasificación de los residuos sólidos



Nota. Especificación de colores para la clasificación primaria y secundaria de los desechos sólidos. Obtenido de la Guía para la Identificación Gráfica de los Residuos Sólidos Comunes del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN (Primera edición, 2018). https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-la-identificacion-grafica-de-los-residuos-solidos-comunes/, consultado el 15 de marzo del 2020. De dominio Público.

Sin embargo, debido a que la población no cuenta con el espacio en sus hogares para establecer un recipiente para cada tipo de residuo valorizable, la clasificación secundaria se unifica en el grupo de los desechos reciclables, de tal manera que se emplean tres recipientes, correspondientes a orgánico, inorgánico y reciclable, respectivamente.

La elaboración de una guía de clasificación de los desechos sólidos generados representa el fomento de cambios en la producción y consumo, al educar a la población sobre el uso responsable de los productos, basados en los residuos valorizables y la prohibición de los no valorizables.

Figura 33.

Clasificación de los desechos sólidos

MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA

CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

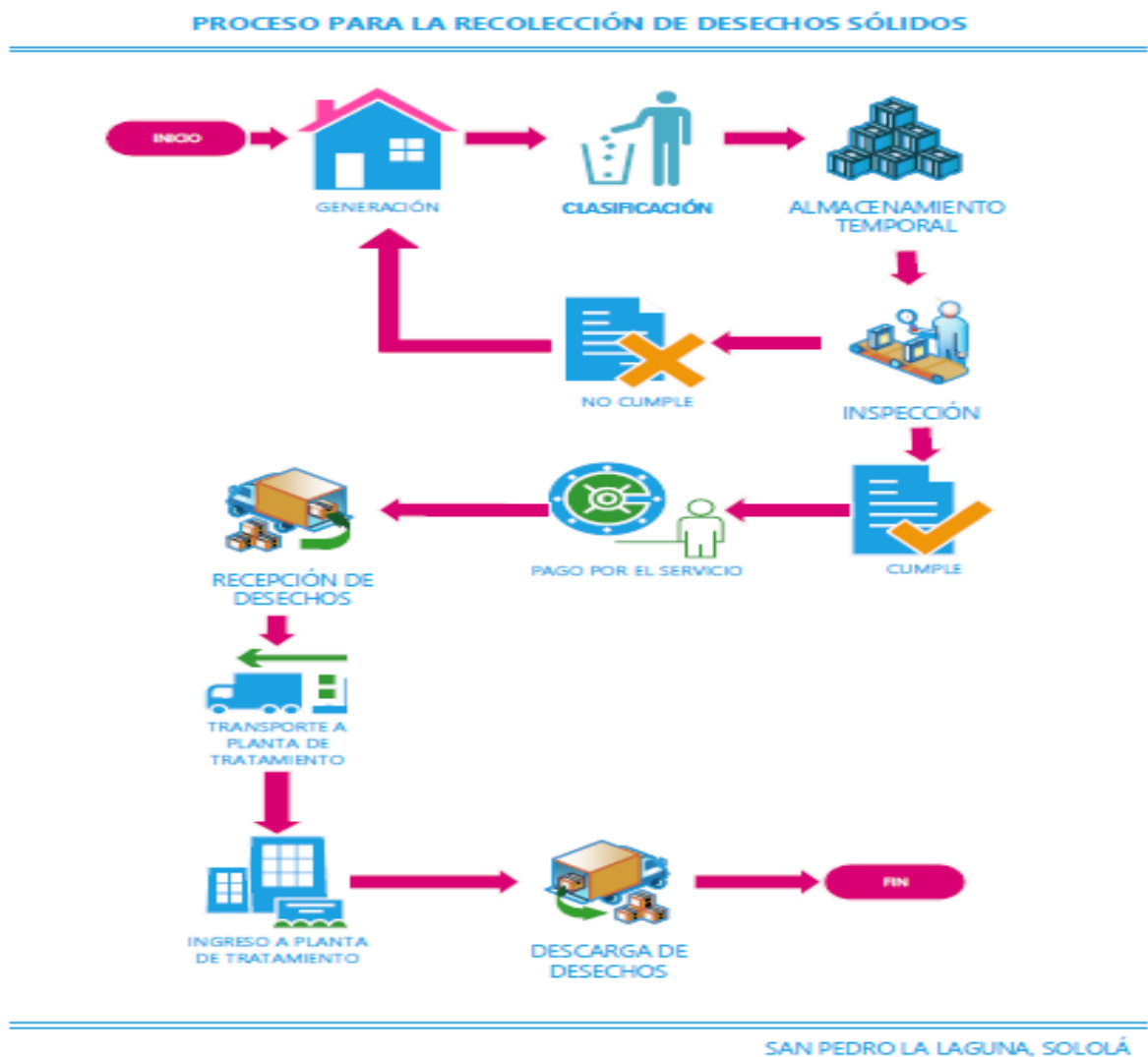
<p>ORGÁNICO</p> <p>De origen biológico o natural, como: hojas, cáscaras, restos de comida, ramas, etc.</p> <p>Recolección los días: lunes, martes, jueves y viernes</p> 	<p>RECICLABLE</p> <p>Todos los que pueden ser utilizados nuevamente, como: Vidrio, plástico, metal, cartón etc.</p> <p>Recolección los días: miércoles</p> 
<p>INORGÁNICO</p> <p>De origen industrial, como: papel, papel higiénico, telas, empaques, etc.</p> <p>Recolección los días: lunes, martes, jueves y viernes</p> 	<p>DESECHOS ESPECIALES</p> <p>Todos los que ocupan un volumen considerable, como: camas, losas, mesas, colchones, etc.</p> <p>Recolección los días: miércoles</p> 

Nota. Afiche propuesto para la clasificación de los desechos sólidos. Elaboración propia, elaborado con Canva.

Buscando la reducción de desechos sólidos acumulados en rellenos sanitarios, los usuarios del servicio de recolección deben cumplir y respetar que se cumplan las siguientes actividades:

Figura 34.

Proceso para la recolección de desechos sólidos



Nota. Propuesta para el proceso de recolección de los desechos en el tren de aseo municipal. Elaboración propia, realizado con Visio.

Debido a que, en función a las propiedades químicas de los desechos, en ocasiones se ve afectada la composición de los materiales y se transforman en no valorizables, se hace necesaria la definición de cada una de las clasificaciones establecidas, para determinar su composición y conocer de qué tipo de desechos se trata. Por tal razón, en los siguientes enunciados se establece una clasificación que atiende los parámetros para su valoración.

3.3.1.1. Desechos orgánicos

Provenientes de productos de origen vegetal o animal, especialmente de actividades de jardinería, agricultura y restos de alimentos.

Dentro de sus características principales, destaca su rápida descomposición, su tratamiento inadecuado genera malos olores, proliferación de fauna nociva y se produce gas metano, siendo este el causante del efecto invernadero, elemento precursor del cambio climático.

Atendiendo las problemáticas anteriores, se han creado métodos para transformar estos desechos en abono orgánico, dentro de los más destacados se encuentra el proceso de compostaje, lombricomposta y microorganismos de montaña.

3.3.1.2. Desechos inorgánicos

Son producidos de forma artificial o industrial, provienen de minerales o material sintético, no son degradables de forma natural y los procesos de descomposición de algunos materiales es muy extenso.

Estos desechos generan lixiviados que alteran o modifican la estructura y composición fisicoquímica de los suelos. Actualmente son empleados en la producción mediante su combustión, un proceso que requiere la implantación de maquinaria especial que impida la salida de los gases generados al medio ambiente, pues su grado de toxicidad es considerable.

3.3.1.3. Residuos reciclables

Dentro de este grupo se encuentran los materiales, que, dependiendo de sus condiciones o estado físico, pueden recuperarse y comercializarse para ser reinsertados en procesos industriales mediante su reciclaje total o parcial.

- **Plástico:** son derivados del petróleo, por lo que son un recurso no renovable. Existen diversos tipos de plásticos que se identifican a través del signo de reciclado con una numeración del 1 al 7, utilizando esta numeración para su separación para su acopio y reciclaje. Debido a que ambientalmente, tiene un mayor impacto la extracción y transformación del petróleo para producir nuevo plástico, se recomienda su tratamiento y reciclaje. Pero idealmente se recomienda la reducción del uso de este material en la medida de lo posible.
- **Papel y cartón:** producido especialmente para empaques y embalajes, su uso destaca en actividades de educación, oficina e industria. El impacto ambiental que genera este tipo de material se debe a que para producir una tonelada de papel se requieren 17 árboles adultos, además el proceso de elaboración requiere gran cantidad de agua, que al finalizar el procedimiento genera aguas residuales. Para su reciclaje se requiere que esté libre de contaminantes como alimentos o sustancias grasosas.
- **Vidrio:** derivado de su estabilidad y fácil aseo se utiliza para almacenamiento de alimentos, sin embargo, su alto costo de producción,

fragilidad y peso han promovido que sea sustituido por otros materiales. Este material es de los pocos que pueden ser recuperados en su totalidad mediante procesos de reciclaje, su composición química permite que se reutilice decenas de veces, lamentablemente su reciclaje requiere grandes consumos energéticos.

- **Metal:** presente en diversas áreas del sector industrial, con procesos de obtención y elaboración que demandan gran cantidad de agua y energía que lo convierte en un material poco amigable con el medio ambiente. Además, al ser dispuesto en rellenos sanitarios o vertederos a cielo abierto inicia un proceso de oxidación generando líquidos altamente contaminantes para el ser humano y la naturaleza. Al igual que el vidrio, puede ser recuperado en su totalidad, generando una reducción considerable en la utilización de recursos para su producción.
- **Multicapas:** son empleados para empaques de alimentos y productos líquidos, que generalmente requieren un sello al vacío. Como su nombre lo indican, es fabricado con varias capas, elaboradas principalmente de metal, aluminio y cartón. Esto hace que su degradación sea compleja, haciendo necesario su transformación para evitar que contamine los ecosistemas desde rellenos sanitarios o vertederos a cielo abierto.

3.3.1.4. Residuos especiales

Son los que sin ser peligrosos deben tratarse de forma diferente, debido a que se generan en grandes cantidades o su volumen es considerable, dentro de ellos destacan el ripio, camas, porcelanas, muebles y llantas. Estos materiales tienen procesos de descomposición largos, pero lo importante es que, al no implementar un sistema de recuperación o reducción, disminuyen la vida útil de los rellenos sanitarios y generalmente pueden someterse a tratamiento de reciclaje.

3.3.1.5. Residuos peligrosos

Son productos que ponen en riesgo la integridad física de quienes los manipulan y son potencialmente contaminantes para el medio ambiente. Dentro de ellos destacan las baterías, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos, productos químicos, medicamentos, cadáveres, productos desechables y los derivados de la atención médica. En nuestro país existen empresas del sector privado que se dedican a dar el tratamiento adecuado a estos materiales.

Dentro de estos residuos destacan los desechos peligrosos bioinfecciosos que se generan durante las diferentes etapas de la atención de salud humana o animal que representan diferentes niveles de peligro potencial, de acuerdo con el grado de exposición que hayan tenido con los agentes infecciosos que provocan las enfermedades.

3.3.2. Tratamiento para los desechos orgánicos

La aplicación de métodos para el reciclaje de residuos orgánicos tiene como objetivo aprovechar estos materiales mediante procesos simplificados de compostaje o la descomposición a base de lombrices para producir abono orgánico.

En la planta de tratamiento de San Pedro La Laguna, se emplea el método de compostaje, por lo cual se describen los procedimientos implementados desde la recepción hasta el almacenaje del producto obtenido.

3.3.2.1. Compost

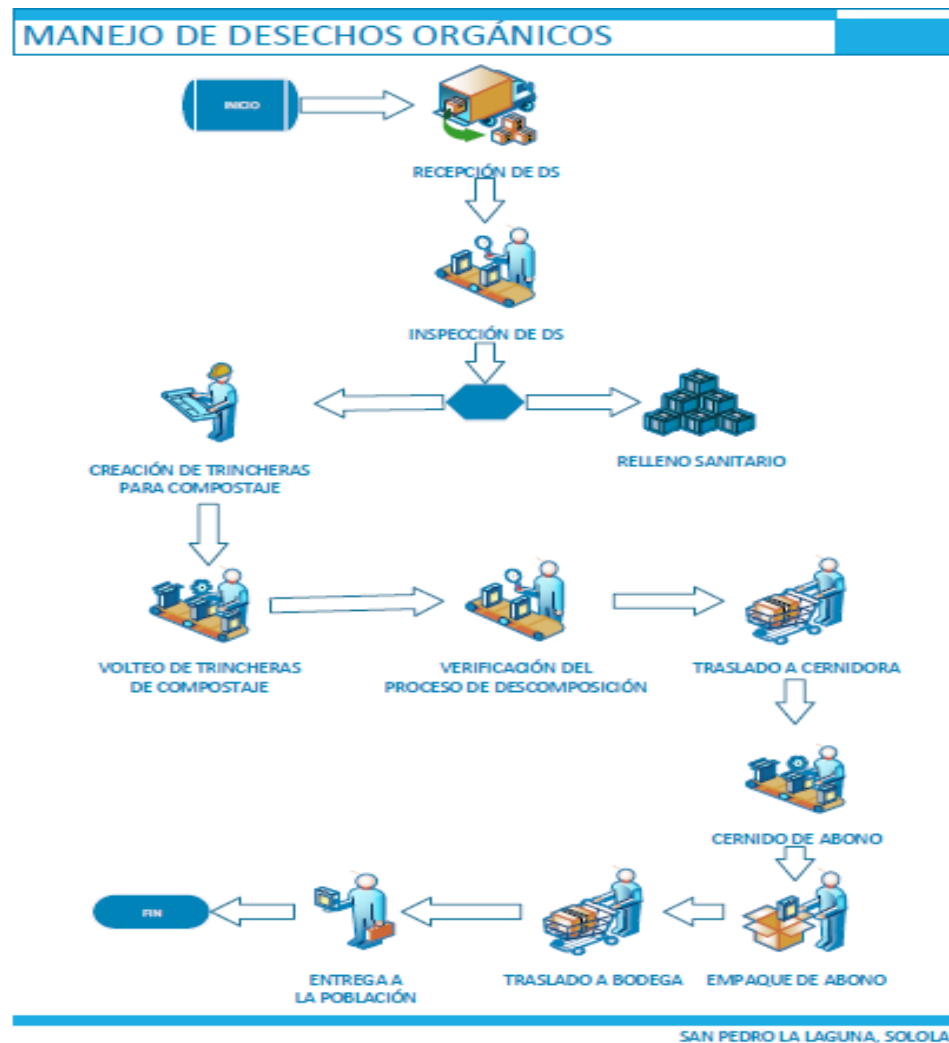
Es el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, por medio de la aplicación de una amplia variedad de microorganismos de montaña, en un ambiente húmedo y airado, que da como resultado un material rico en humos que se emplea para mejorar suelos empobrecidos o agotados. El humus mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo incrementando su capacidad de retención de agua, contribuyendo al crecimiento de vegetales y raíces.

En este proceso se han implementado mejoras proporcionadas por organizaciones públicas y privadas a nivel nacional y extranjero. El procedimiento genera un producto de buena calidad. Reduciendo el impacto ambiental de los desechos orgánicos que se recolectan, ya que este tipo de desechos es el que más se produce a nivel local.

Los operarios deben ejecutar cada uno de los procedimientos siguientes para obtener abono orgánico mediante la aplicación de compostaje.

Figura 35.

Manejo de desechos orgánicos



Nota. Propuesta para el proceso de tratamiento de los desechos orgánicos en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Visio.

En cuanto a los procesos de aplicación del método de compostaje, los operarios cuentan con los conocimientos y experiencia necesaria para desarrollarlos de la mejor manera. Sin embargo, se evidenció que algunas de las debilidades del área de tratamiento de desechos orgánicos radican en que no se

tiene un registro de la producción, el abono producido no tiene promoción por lo que muchas veces se almacena por tiempo indefinido en la planta de tratamiento, además, los residuos de la producción de abono limitan el área de producción de abono orgánico.

Atendiendo las observaciones anteriores se enlistan las siguientes recomendaciones:

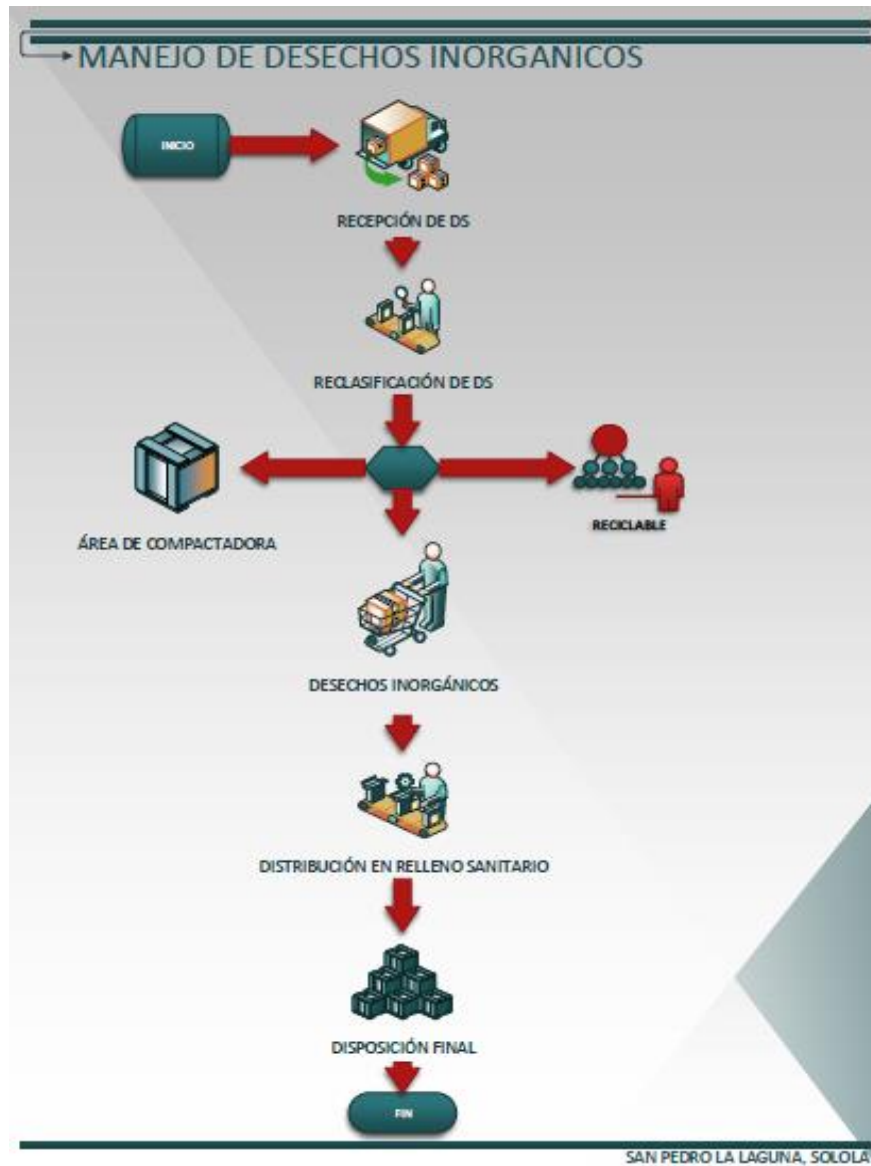
- Registrar de forma mensual la cantidad de bultos de abono orgánico producido.
- En coordinación con el guardia forestal y la DIGAM, promocionar el abono producido para que se implemente como recompensa o herramienta de apoyo en las actividades ecológicas y de reforestación que se desarrollan en el municipio.
- Emplear el material que se obtiene del cernido de abono orgánico en la planta de tratamiento, en las actividades, siempre que la actividad lo permita que se desarrollan en el vivero forestal.
- La producción de abono orgánico que este a la venta, deberá tener un peso y precio establecido por la DIGAM.

3.3.3. Tratamiento de los desechos inorgánicos

El tratamiento de desechos inorgánicos se desarrolla en tres formas, la primera consiste en la compactación para enviarlos a las incineradoras de Cementos Progreso, la segunda consiste en la clasificación de los materiales valorizables tales como vidrio, metal, cartón, plástico y aluminio para venderlos a recolectores privados especializados y la tercera es la disposición final de los desechos en el relleno sanitario. Por tal razón, la clasificación desde la generación en los hogares juega un papel muy importante en este proceso.

Figura 36.

Manejo de desechos inorgánicos



Nota. Propuesta para el proceso de clasificación de los desechos inorgánicos en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Visio.

3.3.3.1. Proceso de compactación de desechos sólidos

Debido a que en la planta de tratamiento no se cuenta con equipo para la incineración de desechos inorgánicos, se ha establecido un convenio con Cementos Progreso, donde se entregan los desechos inorgánicos en pacas de aproximadamente 1 metro cuadrado, las cuales son transportadas hasta las instalaciones de la empresa en mención. Los costos de transporte son cubiertos por la municipalidad de San Pedro La Laguna.

Lamentablemente este proceso no es realizado de forma permanente debido a que la compactadora regularmente tiene fallas y no se cuenta con personal capacitado para dar mantenimiento y reparaciones al equipo.

Para incrementar la producción de pacas de desechos inorgánicos se requiere tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Capacitar a más de un operario para controlar la compactadora, esto evitará que se dependa de éste para la operación de la compactadora.
- Solicitar a los encargados del mantenimiento de la compactadora, por parte de Cementos Progreso, que se ejecuten jornadas periódicas de mantenimiento, permitiendo a los operarios de la planta estar presentes para adquirir los conocimientos necesarios para evitar fallas e inclusive solventarlas en el momento que sea requerido.
- Mantener limpio el perímetro de la compactadora, especialmente de materiales con grasa, material explosivo u objetos que limiten la libre locomoción de los operarios que trasladan los desechos y/o pacas.
- Previo al encendido de la compactadora revisar los niveles de aceite y grasa.

- Evitar hacer conexiones eléctricas en el interruptor que abastece a la compactadora.
- El panel de control de la compactadora deberá ser accionado por el operario encargado de realizar la compactación.
- Previo a compactar los desechos, los operarios deben revisar que no contengan envases de vidrios, productos explosivos, spray o pintura que tengan presión de aire.

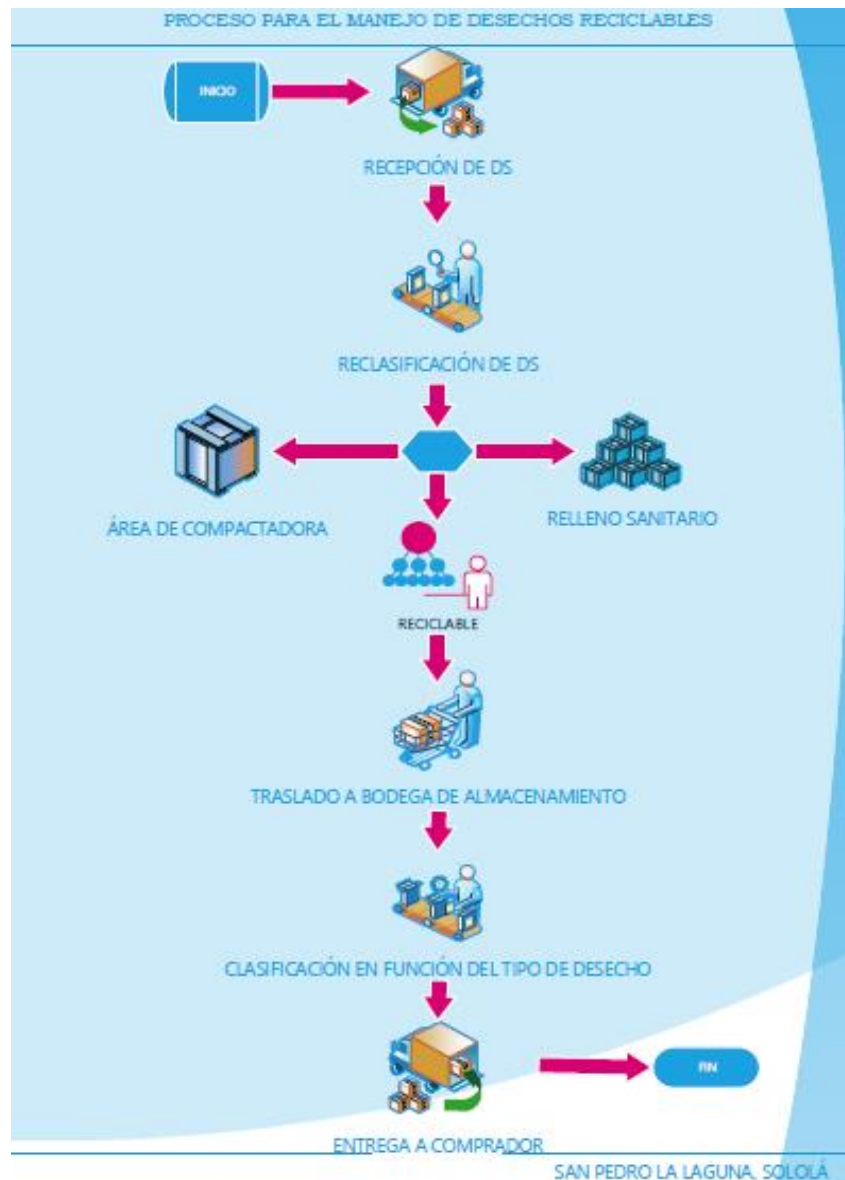
3.3.3.2. Reciclaje

Luego de definir los materiales valorizables, como aquellos que pueden ser recuperados mediante un proceso de reciclaje, se realiza la clasificación en los grupos que son requeridos por los compradores, atendiendo los requerimientos que debe cumplir cada residuo.

Para llevar a cabo la separación de estos materiales los operarios deben coordinar sus actividades para hacer más eficiente el proceso requerido, a continuación, se describen los procedimientos que se deben ejecutar.

Figura 37.

Proceso para el manejo de desechos reciclables



Nota. Propuesta para el proceso de clasificación de los materiales reciclables en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Visio.

Uno de los procedimientos que complica la clasificación de los residuos reciclables es la forma en que se descargan los camiones del tren de aseo, al no tener el cuidado debido, los materiales se deterioran o se contaminan. El manejo de los residuos en el área de descarga representa un riesgo potencial para los operarios, ya que deben levantar cargas considerables mientras deben evitar el contacto con residuos de vidrio.

Derivado de la escasa maquinaria y equipo para dar el tratamiento requerido a cada uno de los materiales reciclables, el proceso de reciclaje finaliza cuando los materiales son entregados a las empresas recicladoras, por ello, y para evitar que los productos recuperados sean rechazados por las casas recicladoras se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos para cada clasificación realizada:

- Papel
 - Garantizar que los usuarios del sistema de recolección entregaran el papel y cartón sólo los días que corresponde, miércoles de cada semana.
 - Promover en los usuarios del servicio de recolección los tipos de papel que pueden reciclarse, estos son: papel de impresión y escritura, sobres, listados de ordenador, guías telefónicas, catálogos, folletos, periódicos, revistas, libros, fichas de cartulina, publicidad, embalajes de papel y cartón.
 - Evitar la contaminación del papel con materiales como aceite, grasa, pintura, pegamento, residuos de alimentos o líquidos, grapas, plástico, tintas y cuerdas.
 - Dentro de los tipos de papel que no pueden reciclarse tenemos: papel de autocopiado, papel térmico para fax, etiquetas adhesivas,

cartones de bebidas, papel encerado o parafinado, papel higiénico y sanitario.

- El papel debe ser entregado sin romperse o arrugarse, en el caso del cartón debe plegarse, evitando generar volúmenes que requieran más espacio para su almacenaje y transporte.

- Vidrio
 - El vidrio industrial es aquel que no se emplea como envases para alimentos, entre ellos podemos mencionar: almacenamiento de productos químicos, biológicos, ventanas, cristales blindados, fibra óptica y bombillas. Este tipo de vidrio no es reciclable.
 - El vidrio que se puede reciclar hasta 100 % es el de tipo domestico como, por ejemplo: envases de conservas, vinos, yogures y bebidas en general.
 - El vidrio debe estar limpio de cualquier sustancia, tanto por dentro como por fuera de los envases.
 - No es necesario separar los envases por color, debido a que previo a su reutilización son tratados con decolorante. Sin embargo, una clasificación por color puede incrementar el precio de venta.
 - Todos los envases deben estar libres de corchos, tapones y envolturas.

- Plásticos
 - Dentro de los materiales de plástico que no pueden reciclarse, podemos mencionar: envases de aceite de cocina, envases de productos químicos y todos aquellos que hayan tenido contacto con sustancias tóxicas o inflamables.
 - El plástico deberá estar separado por color, sin tapones, corchos, agarradores y etiquetas.

- El proveedor deberá clasificar los materiales de plástico según lo estipulado, así: PET transparente, PET verde, PET celeste, PET gris, plástico duro, plástico soplado y soplado con aceite.
- Metales
 - Tanto el aluminio como el acero deben ser comprimidas para reducir el volumen.
 - Dentro de los materiales reciclables destacan: latas de conservas, latas de cerveza, tapas de metal, papel aluminio, alambre y bolsa interior de leche en polvo.
 - Cada uno de los materiales debe estar limpio, sin sustancias en su interior y preferentemente sin etiquetas o accesorios de otro material.
 - Los materiales de chatarra como: tuberías, elementos de construcción y demolición que estén contaminados con materiales no metálicos como hormigón, madera o cemento, que no puedan limpiarse y/o separarse, no son reciclables.

Además de cada aspecto mencionado anteriormente, el reciclaje debe acompañarse de la aplicación de las normativas establecidas a nivel municipal.

- No uso de bolsas plásticas, pajillas ni duroport, Acuerdo municipal 111-2016.
- Siempre que sea posible utilizar productos biodegradables u orgánicos.
- Realizar el proceso de compostaje las sobras de los alimentos y actividades de jardinería.
- Rechazar envases innecesarios, utilizar bolsas de tela, canastas y recipientes reutilizables cuando se va a comprar, especialmente en el mercado municipal.

- Separar y entregar en el tren de aseo municipal los miércoles de cada semana los materiales de plástico, metales, vidrio y papel para reducir el impacto ambiental mediante el reciclaje.
- Separar y descartar los desechos según la clasificación en orgánicos, inorgánicos y reciclables, evitando el uso de bolsas de canguro.
- Indicar a los operarios del tren de aseo cuando se entreguen productos de alto riesgo, tales como vidrio, envases de medicamentos o jeringas.
- En la medida de lo posible utilizar productos que sean recargables.
- Preferir bebidas y alimentos con envases retornables o reciclables.
- Cuidar y controlar el uso correcto del papel en actividades administrativas y de educación.

3.3.4. Disposición final en relleno sanitario

Durante la clasificación de los desechos inorgánicos se extraen también los materiales que no pueden reciclarse y que tampoco califican para ser sometidos al proceso de compactación, estos desechos que ya no son aprovechables son depositados en el relleno sanitario, como se ilustra en el diagrama de manejo de desechos inorgánicos, figura 30, controlando las emisiones de gases y lixiviados para evitar que contaminen el medio ambiente como lo hace un basurero clandestino.

Se observaron algunas acciones que requieren ser aplicadas durante este proceso, entre ellas tenemos:

- Definir un operario responsable del control y mantenimiento del relleno sanitario.
- Registrar las fechas en las que se realiza el compactado de la trinchera, para llevar un control y realizar el proceso de forma periódica.

- Es indispensable el recubrimiento de los desechos del relleno con una capa de 0.10 a 0.20 metros de tierra, para evitar la propagación de vectores y malos olores, pero sobre todo para evitar que los desechos lleguen a los terrenos aledaños a la planta de tratamiento.
- Para evitar hundimientos y lograr mayor estabilidad en el relleno sanitario, se recomienda una celda entre 1 a 1.5 metros.
- Desviar las aguas de escorrentía para evitar que ingresen al relleno sanitario.
- Control y drenaje de lixiviados para proteger el ambiente y evitar su derrame al área de desechos especiales, área de ripio y desechos voluminosos.
- Cuando se termine la vida útil del relleno sanitario, se recomienda realizar un recubrimiento entre 0.40 y 0.60 metros de altura, garantizando que pueda sostener vegetación para lograr la reintegración al medio natural de forma adecuada.

3.4. Aliados estratégicos

A lo largo del desarrollo del proyecto para el manejo de desechos sólidos se ha obtenido apoyo institucional de PROATITLAN, AMSCLAE, Amigos del Lago y el programa EPSUM de la Universidad de San Carlos de Guatemala, cada uno de ellos ha aportado estudios y herramientas que fortalecen y fomentan el manejo responsable de los desechos sólidos en los municipios de la cuenca de lago de Atitlán.

Uno de los logros que resalta es el convenio para la comercialización de productos reciclables, debido a que el manejo de desechos sólidos genera costos que no se satisfacen con el cobro por el servicio de recolección y la venta de estos materiales pretende mitigar este problema. Sin embargo, existen

alternativas que permiten obtener mejoras tanto en recursos materiales como económicos.

3.4.1. Alianzas establecidas

Dentro de los involucrados en el manejo y comercialización de los desechos sólidos en el municipio de San Pedro La Laguna, destacan: Cementos Progreso: proveedor de la compactadora y Grupo Industrial de Productos Reciclables: compradores de papel y cartón. Con la intervención de compradores regionales, se comercializan los plásticos, vidrio y metales, sin embargo, al pertenecer la planta de tratamiento a la administración municipal, los convenios de compraventa se realizan con la mediación de un asociado que no tenga vínculos laborales con los trabajadores municipales, siendo este intermediario el encargado de realizar los pagos correspondientes en la Tesorería Municipal.

3.4.2. Empresas para posibles alianzas comerciales

La intervención de terceros en el proceso de comercialización de los productos reduce los beneficios que la municipalidad puede obtener de los convenios, sin embargo, no puede dejarse de lado el hecho que la mayoría de las empresas recicladoras tienen sus plantas de tratamiento en los departamentos de Guatemala y Escuintla, lugar al que cada proveedor debe trasladar los materiales a reciclar, lo que genera un costo de transporte adicional. Habiendo aclarado esta situación, se realizaron los estudios sobre los precios que ofrecen las empresas recicladoras.

Tabla 64.*Empresas Recicladoras*

Empresa	Materiales	Contacto
Selmet Guatemala, S.A.	Chatarra, Aluminio, Cobre y Bronce	78328052 www.selmetguatemala.com
Recicladados de Centro América, S.A.	Plástico	23265760 www.recicla.com.gt
Red Ecológica, S.A.	Papel (más de 300 libras y sólo en la ciudad capital)	24271360 www.redecologica.com.gt
Vical	Vidrio (proporcionan contenedores de recogida)	24226401 www.grupovical.com reciclaje@grupovical.com
Reciclemos	Papel, plástico, Chatarra y Aluminio	53511424 www.reciclemosguatemala.com
Clapsa	Papel	50309546 www.clapsa.com
Recicladora La Joya, S.A.	Papel	24481286 24482178 info@recicladoralajoya.com
Diso, S.A.	Chatarra y papel	22321390 www.recicladoradiso.com
Interfisa	Papel y plástico	22615593 www.interfisa.com.gt

Nota. Contacto y descripción de los materiales que comercializa cada una de las empresas o entidades. Elaboración propia, realizada con Excel.

El resultado obtenido del monitoreo de precios demuestra que, en el caso de los materiales de papel y cartón, considerando que los materiales son recolectados en la planta de tratamiento, se tiene uno de los mejores precios del mercado, además de que se está enfrentando una baja en la demanda de este material. El precio que se obtiene para la venta de plásticos no es el más alto del mercado, pero el pago del flete para transportarlo a la planta de tratamiento de

las empresas recicladoras que ofrecen un mejor precio deja una diferencia poco significativa en comparación con los precios actuales. Ahora bien, en el caso de la comercialización del vidrio, que es uno de los materiales que actualmente se produce en la planta de tratamiento, se establecieron contactos con los compradores y el alza en el precio al entregar los residuos en la planta de tratamiento de VICAL, generan ingresos que cubren el transporte y otros gastos en los que se infiere al realizar el contrato. Sin embargo, para ser proveedores de dicha empresa se requiere que el vidrio este separado en colores, preferiblemente triturado y sin etiquetas, esto requiere la implementación de cambios en el proceso que recibe actualmente este material.

Las condiciones, responsabilidades y beneficios obtenidos de registrarse como proveedor de vidrio a la empresa VICAL, se recibieron en un documento titulado, Guía para preparar vidrio para reciclado, que se entregó a la DIGAM, para su evaluación.

Finalmente, se determinó que es necesario impedir que sean los operarios del tren de aseo los encargados de la recolección y manejo de desechos peligrosos, especialmente los desechos sólidos de tipo hospitalario, debido a que son los que han provocado más incidentes a los operarios no solo del servicio de recolección, sino también a los operarios de la planta de tratamiento, debido a que la falta de un servicio especializado en el manejo de desechos del tipo hospitalario hace que éstos sean dispuestos en el relleno sanitario. Por tal razón, se recomienda la alianza o contratación de un servicio de recolección independiente para estos desechos.

En los incisos siguientes se describen los hallazgos obtenidos para la gestión de un sistema de recolección de desechos hospitalarios.

3.4.3. Actores involucrados

Según datos proporcionados por la oficina de Servicios Públicos Municipales, las entidades que generan desechos hospitalarios a nivel local son los siguientes: 11 farmacias, 11 clínicas médicas, 2 veterinarias y un aproximado de 21 comadronas, según lo indicado por el Puesto de Salud, en sus registros figuran comadronas que también son enfermeras y algunas que a pesar de tener los conocimientos no ejercen el oficio. Dentro de estos, se realizó un estudio para evaluar la puesta en marcha del proyecto de recolección de estos desechos, haciendo la salvedad que será la municipalidad quien lo administre y que tiene un costo y metodología diferente al sistema de recolección del tren de aseo municipal. El resultado demostró que el 44.44 % de los generadores están interesados en la propuesta.

Tabla 65.

Entidades que generan desechos hospitalarios a nivel local

Generadores de DSH	Interesados	Potenciales
Comadronas	4	17
Farmacias	3	8
Clínicas	6	5
Veterinarias	0	2
Total	13	

Nota. Identificación de las agrupaciones que generan desechos sólidos especiales a nivel municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.4.3.1. Producción

Mediante trabajo de campo se determinó que la producción de desechos hospitalarios es ineludible, el crecimiento poblacional y el desarrollo de actividades concernientes a la salud incrementan la generación de estos

desechos. Las cantidades que genera cada uno de los involucrados en actividades relacionadas a la medicina, se describe en la tabla siguiente:

Tabla 66.

Cantidad de desechos hospitalarios producidos por cada entidad

Entidad	Producción promedio mensual en libras
Comadronas	2.50
Farmacias	1.83
Clínicas	15.33
Veterinarias	1.50
Total	21.16

Nota. Clasificación de los establecimientos que generan desechos hospitalarios en función de las cantidades que generan. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.4.3.2. Metodología

La empresa proveedora del servicio hará entrega de insumos para salvaguardar la seguridad de las personas involucradas en el manejo de DSH, por tal razón, debe habilitarse un área de recolección temporal en el centro de acopio municipal, el objetivo es minimizar los gastos en logística y que sean los involucrados quienes entreguen sus desechos en dicho punto. El encargado del centro de acopio deberá ejecutar las siguientes actividades para la recepción de los DSH.

Figura 38.

Metodología para la recepción de los DSH



Nota. Procedimiento propuesto para la recolección de los desechos hospitalarios a nivel municipal. Elaboración propia, realizado con Word.

Posteriormente los desechos serán transportados a la planta de tratamiento para su almacenamiento hasta que sean recolectados por los operarios de la empresa proveedora del servicio.

3.4.3.3. Costos

Los costos por la contratación del servicio incluyen los insumos y certificados de ente generador autorizados por el Ministerio de Salud. Esta propuesta es viable al incluir no solo los usuarios del sector salud, sino también a los del área turística y pacientes que requieren inyecciones diariamente. En caso de que no se alcance el libraje máximo que ofrece el proveedor, la

municipalidad podrá incluir desechos especiales como bombillos, aerosoles entre otros.

Tabla 67.

Condiciones por la contratación de servicios de recolección de DSH

Empresa	Inversión	Libras permitidas	Beneficios	Condiciones
ABC Biofert	Q 2.00 por libra	Sin limite	Solo se pagan las libras entregadas. Certificados legales según Acuerdo Gubernativo No. 509-2001	Debe entregar los DSH en contenedores. Debe trasladar los DSH a la planta de tratamiento de la empresa. El cliente debe comprar los insumos.
Biotrash	Q 25,195.00 por año Q 15,195.00 por año	3,200 1,600	16 capacitaciones Suministros e insumos Certificados legales según Acuerdo Gubernativo No. 509-2001 Recolección y transporte de los DSH.	Contrato vence al alcanzar los 12 meses o libras establecidas. Cantidad reducida de insumos

Nota. Descripción de los precios, condiciones y organizaciones que prestan el servicio de recolección de DSH en San Pedro La Laguna. Elaboración propia, realizado con Excel.

La empresa Ecotermino no realizó oferta, debido a que anteriormente brindo el servicio en el municipio y posteriormente indico que no tiene cobertura en el área.

- Retos
 - Establecer la capacidad de generación del municipio para satisfacer la demanda.
 - Crear las alianzas que permitan garantizar la correcta disposición final de los DSH.
 - Obtener el material y equipo necesario para garantizar la integridad y seguridad de los operarios involucrados.
 - Formar los involucrados con la información necesaria para garantizar el correcto desarrollo del proceso desde la generación hasta la disposición final de los DSH.

En cuanto a los procesos de aplicación del método de compostaje, los operarios cuentan con los conocimientos y experiencia necesaria para desarrollarlos de la mejor manera. Sin embargo, se evidenció que algunas de las debilidades del área de tratamiento de desechos orgánicos radican en que no se tiene un registro de la producción, el abono producido no tiene promoción por lo que muchas veces se almacena por tiempo indefinido en la planta de tratamiento, además, los residuos de la producción de abono limitan el área de producción de abono orgánico.

Atendiendo las observaciones anteriores se enlistan las siguientes propuestas de mejora:

- En coordinación con el guardia forestal y la DIGAM, promocionar el abono producido para que se implemente como recompensa o herramienta de apoyo en las actividades ecológicas y de reforestación que realizan los agricultores del municipio.

- Emplear el material que se obtiene del cernido de abono orgánico en las actividades, siempre que sea posible, que se desarrollan en el vivero forestal.
- La producción de abono orgánico que este a la venta, deberá tener un peso y precio establecido por la DIGAM. Dentro de la evaluación se determinó la siguiente propuesta:

Mediante la implementación de la metodología de Milton Fridman, Teoría de los Precios, se deben estimar los costos totales incluyendo los fijos y variables, para este caso se determinaron los costos totales, mediante la suma de costos de operación y costos de recolección. Que según el apartado análisis de costos de este documento están definidos de la siguiente manera:

Tabla 68.

Porcentaje de costos de operación

Costos de operación	Quetzales/año	Porcentaje
Recolección	629127.13	48%
Tratamiento	692152.49	52%
Total	1321279.62	100%

Nota. Cálculo del porcentaje que representa la recolección y tratamiento de los desechos orgánicos a nivel municipal. Elaboración propia, realizado con Excel.

Pero, estos costos son el reflejo del manejo de los desechos y como se ha evidenciado en la planta de tratamiento dividimos los desechos en función de su origen, por lo que para determinar el costo del manejo de desechos orgánicos debemos definir la cantidad de desechos recolectados.

Tabla 69.

Porcentaje de desechos recolectados

Tipo de Desecho	Quintales/año	Porcentaje
Inorgánico	36868.84	51%
Orgánico	39102.40	49%
Total	75971.24	100%

Nota. Clasificación porcentual de los desechos sólidos que se recolectan y tratan en la PTDS de San Pedro La Laguna. Elaboración propia, realizado con Excel.

Ahora bien, el 49 % de los desechos recolectados en el 2019 son orgánicos, por lo que el costo de operación es proporcional al 49 % de los costos totales. Que corresponde a Q 647,427.01 anual, dando un total de Q 5,368.92 en promedio mensual por la producción de abono orgánico.

Como siguiente paso, se determina la producción obtenida. En el registro de planta se tiene el dato de 36 quintales y 79 libras producidas por compostaje para diciembre 2019.

Siguiendo la Teoría de los Precios tenemos que los costos por unidad de producción son igual a la relación entre los costos y la producción total estimada.

Costo por unidad de producción= Costos totales/producción total estimada

Costo por unidad de producción= Q 5,368.92/36.79 quintales

Costo por unidad de producción= Q 145.94/quintal

Finalmente, se debe determinar el porcentaje de utilidades que se desea obtener del proceso, con un porcentaje de 10 % de utilidades se tiene que multiplicar el precio obtenido por 110 % y se obtiene el precio de venta del producto.

Precio de Venta= Q 145.94*1.20

Precio de Venta= Q 160.53


De tal manera que el precio por quintal de abono orgánico producido por el proceso de compostaje se define en Q 160.00.

Registrar de forma mensual la cantidad de bultos de abono orgánico producido, para evaluar la rentabilidad del proceso y tener el costo exacto del proceso de compostaje.

Para ello se elaboró el formato de registro mensual de abono producido mediante el proceso de compostaje, en este, el operario responsable del proceso anotará diariamente o cuando se realice el encostado del producto, la cantidad de bultos producidos y el encargado de planta deberá validar dicha información para entregarla al director de la DIGAM y que lleve el control del total producido.

Figura 39.

Formato para el registro de abono orgánico producido

		PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLA.		Formato para el registro de:		Abono Orgánico Producido		
				Proceso de Compostaje		Año:		
Operario:		Área de trabajo:		QUIEN RECIBE:				MES:
Sobrante (No aprovechable)		OBS.		TOTAL PRODUCIDO AL MES				Bultos:

Elaborado por:	Claudia Mérida	Aprobado:	DIGAM	2020
----------------	----------------	-----------	-------	------

Uso	Revisión:	Control y Seguimiento:
Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos	Encargado de Planta de Tratamiento	Director DIGAM

Nota. Propuesta de formato para el registro de abono orgánico producido en la PTDS mediante el procedimiento de compostaje. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.5. Relleno Sanitario

Es una técnica para la disposición final de los desechos sólidos que no causa daños o peligros a la población, la cual ha sido implementada por la municipalidad de San Pedro La Laguna; tampoco perjudica el medio ambiente, durante su operación y aplicando los métodos correctos para su clausura, garantiza no ser nocivo al finalizar su vida útil. Consiste básicamente en depositar

la basura en un área determinada, cubriéndolas diariamente con capas de tierra y compactándolas para reducir el volumen de los desechos.

El relleno que se construyó en la planta de tratamiento tiene un sistema que permite controlar los líquidos y gases que en él se producen, sin embargo, al no realizar un monitoreo constante de su operación, alcanzo más del 90 % de su capacidad máxima en menos tiempo del que se tenía previsto. Esto implica que debe evaluarse la metodología implementada para evitar reincidir en las fallas de operación en construcciones futuras. Para ello, se evaluarán los diferentes tipos y metodologías de rellenos sanitarios que pueden aplicarse.

Dentro de los tipos de rellenos sanitarios se tienen: botadero controlado o semi-controlado, relleno sanitario manual, semi-mecanizado y mecanizado.

El botadero semi-controlado o controlado existe lejos de las instalaciones municipales, donde la población no pueda verlo, para poder controlar mejor el ingreso a las instalaciones y evitar la propagación de malos olores y vectores.

El relleno sanitario manual es el más utilizado a nivel nacional, debido a que es una tecnología que se aplica cuando es más fácil obtener mano de obra que maquinaria para la operación de este. Su nombre deriva de que los operarios ejecutan las actividades de descarga, selección, traslado, tratamiento, disposición final y mantenimiento de las instalaciones utilizando herramientas manuales. Por lo que la compactación de los desechos es menos eficiente, provocando inestabilidad y mayor producción de lixiviados.

En los rellenos sanitarios semi-mecanizado o mecanizado se emplea como mínimo un tractor compactador, que realiza las actividades de colocación, traslado y compactación de los desechos, además dependiendo el modelo de

tractor puede ser utilizado en actividades de mantenimiento de las instalaciones. Dicho vehículo no se tiene actualmente, por lo que la propuesta debe satisfacer la demanda de trabajo antes descrita, para ello se describen las especificaciones técnicas del modelo propuesto.

El tractor compactador para rellenos sanitarios CAT 816K, cuenta con las características principales:

- Motor C7.1: configurado para dos controles de emisiones
- Potencia neta, 185 kW
- Peso de operación, 25809 kg
- Capacidad de tanque de gasolina, 500L
- Tipo de transmisión, Planetario - Servotransmisión – ECPC

Figura 40.

Tractor compactador CAT 816K



Nota. Ilustración de tractor propuesto para volteo de las pilas de compostaje en la PTDS. Obtenido de Maquinaria para la construcción en venta, tractor compactador CAT 816K <https://www.marketbook.gt/listings/construction-equipment/for-sale/list/category/1010/compactors-landfill/manufacture/caterpillar/model/816k>, consultado el 20 de marzo de 2020. De dominio público.

Este tipo de tractor usado se encuentra en el mercado en un precio aproximado de Q 2,888,626.00.

La determinación del tipo de relleno sanitario a utilizar se realiza en función de las condiciones geográficas del lugar, la cantidad de personas a las que se les brindara el servicio y con relación a la capacidad económica que tenga la administración municipal, todos los aspectos a evaluar previo a la construcción de un relleno sanitario se describen a continuación:

Tabla 70.

Tipo de relleno sanitario

CARACTERÍSTICA	RELLENO MANUAL	RELLENO CON COMPACTACIÓN MECÁNICA
Poblaciones < 5000 habitantes	SI	NO
Poblaciones < 50000 habitantes	Se recomienda su uso, con herramientas y maquinaria adaptada.	NO
50000 < Poblaciones < 200000	NO	SI
Poblaciones > 200000 habitantes	NO	SI
Utilización de Herramientas menores (pala, carretilla, pico, trinche, rastrillo)	SI	SI
Utilización de Maquinaria Adaptada (tractor agrícola, rodillos, saltarín)	SI	SI
Utilización de Maquinaria Pesada (Tractores, orugas, retro excavadoras)	NO	SI
Personal calificado	NO	SI
Cerco perimetral	SI	SI
Caseta de Control	NO	SI
Bascula de pesaje	NO	SI
Sistemas de Tratamiento de lixiviado	SI	SI
Metodología para el frente de trabajo	Excavación de celdas en terrenos planos	Colina artificial sobre terreno plano
	Construcción de celdas terracedas sobre un talud	Relleno en una quebrada seca Relleno de un hueco o fosa
Sistema de Tratamiento de gases	SI	SI

Nota. Clasificación de los rellenos sanitarios y sus especificaciones. Obtenido de guía para la implementación, operación y cierre de rellenos sanitarios 1era Versión Diciembre/2010 p.15.

3.5.1. Técnicas para la construcción

El relleno sanitario que se adapta a las necesidades de la municipalidad de San Pedro La Laguna es de tipo manual, existen criterios que deben ser aplicados previo a la construcción de este. Es recomendable que la construcción del nuevo relleno sanitario se realice en las instalaciones de la planta de tratamiento actual, para no demoler o abandonar las instalaciones existentes.

El primer paso es la inspección del lugar llevando consigo los planos del área para realizar la evaluación de desechos sólidos o tierra acumulada, depresiones y alturas del terreno. Además, podrá evaluarse al acceso al área, los drenajes y área disponible para la construcción.

Existen dos métodos de construcción de rellenos sanitarios: método de trincheras o zanjas: ideal para regiones planas, consiste en la construcción de zanjas de forma periódica, cada una de ellas de una profundidad de dos o tres metros. Por la naturaleza del método requiere la adquisición de tractor o retroexcavadora y representa una mayor intervención de maquinaria, debido a que en épocas de lluvia se ve afectado el proceso, si no se construyen drenajes internos será necesario el bombeo de aguas acumuladas.

Método de área: es aplicado cuando los terrenos no son favorables para el método de excavación, puede depositarse la basura directamente en el suelo, elevando el nivel algunos metros para la instalación de tuberías para la extracción de líquidos lixiviados. Este método es ideal para rellenar depresiones naturales o provocadas por distintas extracciones de materiales.

También puede aplicarse una combinación de los dos métodos, especialmente cuando se requiere evitar desplazamientos de terrenos inclinados,

en este caso el relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir, la basura se vacía en la base del talud, se extiende y apisona contra él, y se recubre diariamente con una capa de tierra de 0,10 a 0,20 m de espesor; se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.

El método de construcción depende directamente de la topografía del suelo, del área en la que serán extraídos los materiales para la celda de cobertura de los desechos, este último puede incrementar los costos de operación al requerir vehículos para el traslado de dichos materiales. Por ello, se establece que para que un relleno sanitario sea óptimo debe tener lo siguiente:

- Un buen manejo de área
- Estar retirado de fuentes de agua y centro poblados
- Poseer un suelo apto para una vida útil de 10 años mínimo
- Chimeneas para gases
- Tubería para lixiviados

Se procede a evaluar el sitio a ser utilizado como relleno sanitario. Se aplicaron criterios y procedimientos establecidos por el Programa Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales -CEPIS-. Como criterio de asignación de puntaje de cumplimiento se especifica lo siguiente:

Excelente (4)

Muy bueno (3)

Bueno (2)

Regular (1)

Malo (0).

Tabla 71.

Evaluación del sitio propuesto para el Relleno Sanitario

DESCRIPCIÓN	VALORES GUIAS	VALORES REALES	CUMPLIMIENTO DE VALORES	% CUMPLIMIENTO VALORES GUIA	PUNTAJE
Distancia del perímetro urbano 500 metros	> 500m	4 km	Si	100%	4
Tiempo de traslado del centro urbano al sitio del relleno sanitario	< 30min	20 min	Si	100%	4
Ubicación con respecto a los vientos	Sotavento	Si	Si	100%	4
Protección a los Recursos Naturales	Condiciones ambientales	Si	Si	100%	4
Alejado de las fuentes de agua superficiales	> 150m	Si	Si	100%	4
Profundidad del manto freático	> 10	Si	Si	100%	4
Coeficiente de permeabilidad bajo	$2.1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$	Si	Si	100%	4
Compatibilidad con el desarrollo urbano	Sí	Si	Si	100%	4

Continuación de la tabla 72.

DESCRIPCIÓN	VALORES GUIAS	VALORES REALES	CUMPLIMIENTO DE VALORES	% CUMPLIMIENTO VALORES GUIA	PUNTAJE
Vida útil	> 10 años	15 años	Si	100%	4
Cercanía del material de cobertura	Dentro del terreno	Si	Si	100%	4
Propiedades del material de cobertura	Arcilloso arenoso	Si	Si	100%	4
Pendiente promedio mínima de Terreno Natural	1 %	5 %	No	75%	3
Costos y proceso de adquisición del terreno	Propiedad municipal	Si	Si	100%	4
Total					51

Nota. Estudio de sitio para determinar la ubicación geográfica del relleno sanitario de la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Como resultado del estudio del sitio propuesto para el Relleno Sanitario, se describe que el área está ubicada a aproximadamente 4 km de la garita de la zona urbana del municipio, y se encuentra en la región norte del poblado, en una región rural.

El sitio describe una pendiente del 5 %, la cual facilita la canalización de las aguas pluviales y de los líquidos lixiviados que se generan de la

descomposición de los desechos dispuestos en el relleno. Estos últimos deben ser conducidos a las pilas de tratamiento para evitar la contaminación.

En caso de la dirección del viento, es obtenido de la base de datos de la CONRED. Con el tema de propiedad del terreno esto facilita la construcción, debido a que ya está en uso por la municipalidad como planta de tratamiento lo que evita estudios geográficos.

Sabiendo esto se determina, por las condiciones geográficas del sitio propuesto, área de la planta de tratamiento actual, que el mejor método para la construcción del relleno sanitario es la combinación del método de trincheras y de área, para aprovechar al máximo el terreno disponible y evitar el deslizamiento de tierra o incluso del desecho: ripio y otros materiales de construcción, que ingresa a la planta y que se coloca en la parte posterior al relleno sanitario actual.

El método combinado, permite que el terreno inclinado contiguo al área de tratamiento de Lixiviados pueda llegar a convertirse en terreno firme y plano para la creación del nuevo relleno sanitario, sabiendo que la profundidad generada por la inclinación del terreno amplía la capacidad y vida útil del nuevo relleno sanitario, y lo más importante sin desaprovechar las instalaciones ya existentes en la planta de tratamiento.

3.5.2. Capacidad necesaria para el relleno

Antes de la construcción del relleno sanitario debe determinarse la capacidad que debe poseer, para garantizar que la inversión será eficiente. Para determinar la capacidad se emplean las fórmulas siguientes:

$$V_{\text{basura}} = ppc \cdot N \cdot 365 \cdot t / \rho$$

$$V_{\text{relleno}} = 1,3 * V_{\text{basura}}$$

$$A = V_{\text{relleno}} / h_{\text{celda}}$$

Donde:

V_{basura} = volumen de la basura

ppc = producción diaria de basura per cápita

N = Número de habitantes

t = vida útil del relleno, en años

ρ = densidad de la basura

V_{relleno} = volumen necesario para el relleno

V_{basura} = volumen de la basura

h_{celda} = altura de la celda

Se tiene que la producción per cápita para el municipio de San Pedro La Laguna es de 0.51 kg/día/persona.

Para el año 2019 se tenía una población de 11,883 habitantes que emplean el servicio de recolección municipal.

La densidad de basura varía según su estado de compactación. Generalmente, se puede resumir como sigue:

Basura en el recipiente domiciliario: 105 - 210 kg/m³

Basura en el recolector: 350 - 630 kg/ m³

Basura compactada en el relleno manual: 400 - 600 kg/ m³

Basura compactada mediante maquinaria: 600 - 810 kg/ m³

En cuanto a la vida útil del relleno sanitario se tomará el valor mínimo de 10 años.

De modo que los resultados son los siguientes:

Tabla 72.

Capacidad necesaria para el relleno sanitario

Año	Población	Producción (kg)	Volumen del relleno (m³/año)	Área necesaria (m²)
2019	12508	6379.08	3880.61	1616.92
2020	12646	6449.44	3923.41	1634.75
2021	12785	6520.58	3966.69	1652.79
2022	12926	6592.50	4010.44	1671.02
2023	13069	6665.22	4054.67	1689.45
2024	13213	6738.73	4099.40	1708.08
2025	13359	6813.06	4144.61	1726.92
2026	13506	6888.21	4190.33	1745.97
2027	13655	6964.19	4236.55	1765.23
2028	13806	7041.00	4283.28	1784.70
2029	13958	7118.66	4330.52	1804.38
2030	14112	7197.18	4378.29	1824.29
2031	14268	7276.57	4426.58	1844.41
2032	14425	7356.83	4475.40	1864.75
2033	14584	7437.97	4524.77	1885.32
2034	14745	7520.01	4574.68	1906.11
2035	14908	7602.96	4625.13	1927.14
2036	15072	7686.82	4676.15	1948.40
2037	15238	7771.61	4727.73	1969.89
2038	15407	7857.33	4779.87	1991.61
		Total	86309.09	35962.12

Nota. Cálculo del área necesaria de relleno sanitario para satisfacer la cantidad de desechos que se estima para los siguientes 20 años. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.5.3. Selección del lugar

La ubicación del relleno sanitario atiende los factores técnicos, ambientales y económicos, dependiendo del resultado de la evaluación de estos tres factores se determina el área donde deberá construirse. Se describen estos actores para determinar el resultado

- Factor técnico: considera la monografía del terreno, el relieve y la composición del suelo, el nivel de las freáticas y la capacidad de proveer de material adecuado para la cobertura de los desechos.

Preferiblemente se recomienda la construcción en terrenos planos o ligeramente inclinados entre 2 a 12 %. Debido a que el espacio contiguo a la planta de tratamiento presenta cierta pendiente, se recomienda la implementación de taludes para aprovechar el espacio disponible.

Previo a la construcción debe evaluarse que las fuentes de agua o corrientes de agua naturales y las ocasionadas en época de invierno no estén en un rango de 150 a 300 metros a la redonda. Además, debe verificarse que la capa freática se encuentre a una profundidad entre 3 a 10 metros, se considera muy profunda cuando se encuentra a 40 metros.

Dentro del material que favorece la elección del terreno para la construcción de rellenos sanitarios sobresale aquellos que tienen altos porcentajes de arcilla.

En lo referente a la capacidad del terreno de proveer de material para cubrir los desechos, no tiene la cantidad suficiente en el área. Los costos de acarreo de estos materiales se considerarán en los costos del proyecto.

- Factor ambiental: dentro de este se evalúa la protección de las aguas superficiales, el valor ecológico del terreno, el clima y la proximidad al área poblada del municipio.

En el caso del área donde se construyó la planta de tratamiento no se tienen aguas superficiales en las cercanías y las escorrentías que ocasionan las lluvias en temporada de invierno son canalizadas por el muro perimetral de esta.

El terreno donde se encuentra la construcción no es de interés ecológico y se encuentra a una distancia aceptable del lago de Atitlán y las reservas ecológicas del municipio, mínimo 300 metros. Su geolocalización en la ruta que conduce hacia el municipio de Santiago Atitlán garantiza que no existen hogares en las cercanías del área, el terreno se encuentra entre lomas por lo que se genera una barrera natural que evita que este a la vista de la población que transita el área y que los malos olores que se generan lleguen a la población.

- Factor económico: este evalúa los aspectos relacionados a la distancia de la procedencia de los desechos, la propiedad del terreno las dimensiones del terreno y finalmente el acceso al terreno.

Para el traslado de los desechos se considera que el viaje de ida y vuelta debe durar 30 minutos, con una distancia máxima de 3.2 kilómetros al centro de gravedad de procedencia. La planta de tratamiento se localiza a 4.5 kilómetros del centro del municipio, realizando el recorrido en aproximadamente 25 minutos.

El área del terreno que tiene la municipalidad para poder extender las instalaciones de la planta de tratamiento permite la construcción del relleno sanitario, con el fin de hacer una inversión que reduzca la búsqueda de terreno y el costo de la infraestructura necesaria.

En cuanto a los accesos al terreno, se cuenta con una carretera de pavimento a lo largo de todo el recorrido, cumpliendo con dos aspectos muy importantes, primero que el camión recolector pueda llegar hasta el área de descarga de los desechos sólidos y segundo que no existe la necesidad de construir o mejorar las vías de acceso al lugar.

Debido a que el terreno en el que se pretende construir el nuevo relleno sanitario no es plano y considerando que el método de operación será manual, se recomienda la construcción de celdas en terrazas, para eliminar la posibilidad de derrumbes por acumulación vertical de los desechos sólidos y para extraer los lixiviados con la pendiente natural del área.

3.5.4. Aguas lixiviadas

Los elementos que influyen de forma directa en la generación de lixiviados son la precipitación, el área del relleno, el método de operación y el tipo de basura que se deposita en el relleno sanitario. Se recomienda:

- Evitar construir el relleno sanitario en terrenos completamente planos o en trincheras, elegir preferiblemente terrazas o terrenos ligeramente inclinados que permitan que las corrientes de agua de lluvia se desagüe sin escurrirse en las celdas de desechos sólidos.
- Cubrir las celdas terminadas con tierra y de ser posible plantar vegetación que permita que la tierra se seque.
- Construir y brindar mantenimiento a los drenajes para evitar que el agua se filtre en las celdas de desechos sólidos.

3.5.5. Cierre técnico del relleno sanitario actual

Para evitar que el cierre del actual relleno sanitario ocasione contaminación y buscando fortalecer las normativas del proyecto para el manejo responsable de los desechos sólidos, este será un proceso gradual donde se realizara la clausura definitiva del lugar, pero con todas las medidas de prevención necesarias para evitar impacto ambiental por lo menos 20 años.

En el proceso de cierre, el plan de trabajo consiste en lo siguiente:

- Se debe restringir el acceso a la zona
- Construcción y mantenimiento de garita de vigilancia
- Utilizar el equipo adecuado para desarrollar el trabajo
- Obras complementarias
- Establecer el monitoreo
- Mantenimiento

La presente propuesta de manejo se orienta a los procesos establecidos para el cierre técnico del relleno sanitario actual en funcionamiento, debido a que la infraestructura seguirá siendo utilizada para la implementación de un nuevo relleno.

Este plan contiene una serie de medidas y acciones, que procuran minimizar los impactos ambientales negativos y maximizar los positivos que pudieran darse en los diferentes componentes ambientales: físicos, bióticos y socioeconómicos, durante el cierre del relleno sanitario.

Para ello se desarrollan los objetivos siguientes:

- Establecer medidas adecuadas que permitan prevenir y mitigar los impactos ambientales negativos que se presenten durante la ejecución de las actividades previstas en la etapa de cierre del relleno.
- Aplicar mecanismos de seguridad para que los impactos adversos se solucionen, se introduzcan medidas de prevención y en caso de ser estas insuficientes, identificar rápidamente los ajustes o mejoras necesarias para evitar los daños al medio ambiente.
- Para el alcance de los objetivos descritos se aplicarán las medidas.
- Prohibir el depósito de tierra, desechos sólidos o líquidos cerca o sobre fuentes de agua cercanos, Lago de Atitlán.
- Mantener un control de las características del lixiviado que se genera por la descomposición de los residuos.
- Evitar enviar los lixiviados a un cuerpo de agua sin previo tratamiento de estos.

Cada una de estas medidas se alcanza mediante el desarrollo de las fases siguientes:

- Mantenimiento del área: impermeabilizar el área de descarga de los lixiviados tratados para evitar que estos puedan infiltrarse y afectar aguas subterráneas.
- Control del relleno sanitario posterior al sellado: para detectar la presencia de hundimientos como resultado de la descomposición de los desechos, en caso de presentarse, proceder a arreglar las superficies inmediatamente utilizando nuevo material de cobertura, con la finalidad de evitar fisuras, la infiltración del agua lluvia y el deterioro del estado final de la celda.
- Mantener la cerca viva en el perímetro del relleno sanitario: para evitar que se produzca una afectación al paisaje de la zona.

- Aplicar la revegetación con las especies sugeridas considerando que las plantas seleccionadas deben tener raíces superficiales que no sobrepasen la cobertura de la última capa de cobertura del relleno. La cobertura final y el drenaje de gases son importante considerarlos para mantener la vida vegetal sobre el relleno.
- Realizar mantenimientos de las cunetas de coronamiento para garantizar su funcionalidad, y evitar taponamientos.
- Aplicar trimestralmente programas de control de roedores, moscas y otro tipo de animales o vectores.

Finalmente se requiere la implementación de medidas de mitigación para la etapa de cierre y cobertura final del relleno sanitario, que permita reducir, minimizar y muchas veces evitar los impactos ambientales asociados al tipo de obra que se está ejecutando.

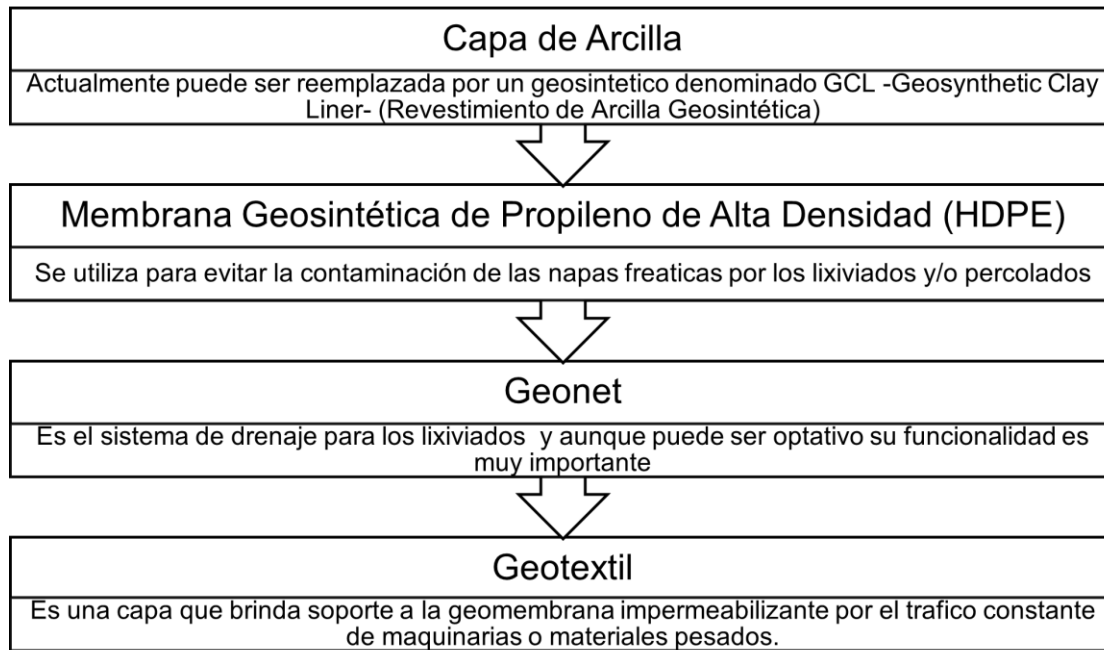
Las medidas de mitigación que han sido contempladas en el diseño de ingeniería del proyecto del relleno sanitario están enfocadas precisamente a reducir los posibles impactos actuales y futuros dentro de un criterio general de protección ambiental. Estas medidas son:

- Mantenimiento del muro perimetral: revisión del muro cada seis meses para controlar su estado físico.
- Supervisión del procedimiento de impermeabilización de cada celda por parte de un ingeniero civil.

El objetivo de la impermeabilización es el de crear un depósito estanco para la disposición final de los desechos, de modo que estos y sus subproductos queden totalmente aislados del medio circundante. El orden de estas capas es el siguiente:

Figura 41.

Procedimiento de impermeabilización



Nota. Definición de las capas que se requieren en un relleno según el procedimiento de impermeabilización. Elaboración propia, realizado con Visio.

- Supervisar que la laguna de evaporación, la conducción y evacuación de los lixiviados estén cumpliendo con su objetivo, realizando un programa de control cada tres meses.
- Supervisar que se cumpla un plan de mantenimiento preventivo para todos los vehículos que se utilizan en el tren de aseo municipal.
- El monitoreo de lixiviados es un indicativo del proceso de estabilización de los residuos confinados en el sitio, nos determina el nivel de contaminación sobre los elementos agua y aire, debidas a emanaciones tóxicas generadas por los mismos. Las muestras se extraen directamente de la fosa séptica antes de pasar por el pozo de absorción. Los reportes de

laboratorio deben incluir la interpretación de resultados en términos de degradación de residuos.

- Monitoreo del acuífero: tiene como objetivo fundamental conocer la calidad del agua subterránea, aguas arriba y aguas debajo del relleno, con los parámetros conocidos en estos dos puntos se realiza una comparación entre ambos, debiendo ser similares sus caracterizaciones, lo contrario sería un indicativo de filtraciones o escorrentías provenientes de los lixiviados que están provocando contaminación del manto subterráneo de agua. La ubicación de los pozos de monitoreo del acuífero es: aguas arriba y aguas abajo. Para ello se empleará el siguiente formato:

Figura 42.

Monitoreo de la calidad del agua

	Coliformes totales¹	%	<i>Escherichia coli</i>	%	Sin contaminación	Número de muestras²
Tanque	1	100	0	0	0	1
Xesaqaman						
Tanque San	1	100	0	0	0	1
Marcos						
Tanque	1	100	0	0	0	1
Apecan						
Tanque de	1	100	0	0	0	1
distribución						
Cantón	3	75	0	0	1	4
Tzanjay						
Cantón	4	80	1	20	1	5
Chuasanahi						
Cantón	1	20	0	0	4	5
Chuacante						
Cantón	3	75	0	0	1	4
Pacuchá						
TOTAL	15		1		7	

¹Número de muestras positivas para coliformes totales

²Número de muestras muestreadas

Nota. Resultados del monitoreo de la calidad del agua que se distribuye en San Pedro La Laguna. Elaboración propia, basado en el informe final de la Cohorte 2 del 2019 del programa EPSUM, realizado con Excel.

Registro del cumplimiento de los procedimientos por departamento:

Figura 44.

Formato para la inspección de procedimientos en planta de tratamiento



INSPECCIÓN DE PROCEDIMIENTOS EN PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS

FECHA: _____
 RESPONSABLE: _____
 OBSERVACIONES: _____

No.	TIPO DE DESECHO	OPERARIO	FASES	VARIABLES	TIEMPO	VOLUMEN/ CANTIDAD

Nota. Propuesta de formato para la inspección de los procedimientos que se desarrollan en cada una de las estaciones que conforman la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Formato para el monitoreo de la generación de desechos sólidos hospitalarios, propensos a ingresar a la planta de tratamiento.

Figura 45.

Formato para el registro de generación de desechos sólidos hospitalarios



INSPECCIÓN DE GENERACIÓN DE DESECHOS PELIGROSOS

RESPONSABLE: Claudia Dorall Mérida Cano
EPESISTA DE LA CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

No.	ENTIDAD O NEGOCIO	HORARIO DE ATENCIÓN	ENCARGADO (A)	CANTIDAD DE DESECHOS GENERADOS POR MES			TRATAMIENTO ACTUAL DE LOS DESECHOS	OBSERVACIONES
				FARMACEUTICOS	QUIMICOS	BIOINFECCIOSOS		

Nota. Propuesta de formato para la inspección de generación de desechos peligrosos en el municipio por entidad o negocio que lo genera. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.7. Estudio económico financiero

En el estudio de los factores competentes al manejo de desechos sólidos en San Pedro La Laguna, surge la necesidad de analizar los costos generados, para analizar si es provechosa la inversión de la municipalidad y en caso contrario determinar las alternativas de solución. Ya que, como municipalidad, se busca generar un sistema sustentable y proveer un servicio de calidad.

3.7.1. Ingresos

Según los datos proporcionados por la DIGAM, los ingresos generados por el manejo de desechos sólidos están divididos en dos grupos, el primero corresponde al pago que realizan los usuarios al tren de aseo y centro de acopio. El segundo ingreso corresponde a la venta de reciclables y abono orgánico, cobros por transporte de desechos y el cobro por la recepción de los desechos que son trasladados por los usuarios hasta la planta de tratamiento.

A continuación, se ilustran los ingresos registrados en la Tesorería Municipal en el año 2019, divididos en función del ente que registra el ingreso.

Tabla 73.

Ingresos obtenidos en la planta de tratamiento

Mes	Venta de productos reciclables	Venta de abono orgánico	Transporte de desechos sólidos	Multas (Acuerdo municipal 111-2016)	Desechos entregados en la planta
Enero	Q 2,209.15	Q 0.00	Q 0.00	Q 0.00	Q 15.00
Febrero	Q 8,310.45	Q 0.00	Q 30.00	Q 0.00	Q 0.00
Marzo	Q 3,210.10	Q 40.00	Q 240.00	Q 0.00	Q 0.00
Abril	Q 3,874.25	Q 0.00	Q 210.00	Q 0.00	Q 25.00
Mayo	Q 2,673.95	Q 625.00	Q 150.00	Q 0.00	Q 30.00
Junio	Q 3,154.05	Q 990.00	Q 120.00	Q 0.00	Q 18.00
Julio	Q 3,991.35	Q 0.00	Q 30.00	Q 0.00	Q 0.00
Agosto	Q 3,192.50	Q 0.00	Q 150.00	Q 0.00	Q 0.00
Septiembre	Q 2,685.30	Q 0.00	Q 330.00	Q 0.00	Q 0.00
Octubre	Q 3,353.25	Q 0.00	Q 0.00	Q 600.00	Q 15.00
Noviembre	Q 3,128.70	Q 0.00	Q 180.00	Q 0.00	Q 0.00
Diciembre	Q 5,627.15	Q 0.00	Q 0.00	Q 0.00	Q 0.00
Total	Q 45,410.20	Q 1,655.00	Q 1,440.00	Q 600.00	Q 103.00

Nota. Detalle de ingresos obtenidos por el manejo de desechos en la PTDS para el año 2019. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 74.*Ingresos del servicio de recolección*

Mes	Camión KIA y Franja Turística	Camión HINO y centro de acopio	Ingreso total
Enero	Q 7,165.00	Q 7,076.00	Q 14,241.00
Febrero	Q 4,893.00	Q 5,772.50	Q 10,665.50
Marzo	Q 4,100.00	Q 5,274.00	Q 9,374.00
Abril	Q 4,700.00	Q 5,840.00	Q 10,540.00
Mayo	Q 6,800.00	Q 6,240.50	Q 13,040.50
Junio	Q 4,164.00	Q 4,456.50	Q 8,620.50
Julio	Q 5,700.00	Q 6,654.00	Q 12,354.00
Agosto	Q 6,800.00	Q 7,650.50	Q 14,450.50
Septiembre	Q 7,715.00	Q 7,072.50	Q 14,787.50
Octubre	Q 10,472.00	Q 6,201.50	Q 16,673.50
Noviembre	Q 7,977.50	Q 8,212.00	Q 16,189.50
Diciembre	Q 8,289.50	Q 8,071.50	Q 16,361.00
	Q 78,776.00	Q 78,521.50	Q 157,297.50

Nota. Detalle de ingresos obtenidos por la recolección de desechos para el año 2019. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 75.*Ingreso total por el manejo de desechos*

	Planta de tratamiento	Servicio de recolección	Total
Enero	Q 2,224.15	Q 14,241.00	Q 16,465.15
Febrero	Q 8,340.45	Q 10,665.50	Q 19,005.95
Marzo	Q 3,490.10	Q 9,374.00	Q 12,864.10
Abril	Q 4,109.25	Q 10,540.00	Q 14,649.25
Mayo	Q 3,478.95	Q 13,040.50	Q 16,519.45
Junio	Q 4,282.05	Q 8,620.50	Q 12,902.55
Julio	Q 4,021.35	Q 12,354.00	Q 16,375.35
Agosto	Q 3,342.50	Q 14,450.50	Q 17,793.00
Septiembre	Q 3,015.30	Q 14,787.50	Q 17,802.80
Octubre	Q 3,968.25	Q 16,673.50	Q 20,641.75

Continuación de tabla 76.

	Planta de tratamiento	Servicio de recolección	Total
Noviembre	Q 3,308.70	Q 16,189.50	Q 19,498.20
Diciembre	Q 5,627.15	Q 16,361.00	Q 21,988.15
Total	Q 49,208.20	Q 157,297.50	Q 206,505.70

Nota. Detalle de ingresos obtenidos por el manejo y recolección de desechos para el año 2019. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.7.2. Costos

Analizando los registros de la DIGAM, en cuanto a los egresos por el mantenimiento y funcionamiento del tren de aseo municipal, centro de acopio, servicio de recolección especial en la planta de tratamiento y planta de tratamiento, con cada una de las estaciones de trabajo que la conforman.

Los costos se distribuyen específicamente entre el personal operativo que se requiere en cada puesto asignado por la DIGAM, el mantenimiento y reparación de la maquinaria y equipos empleados en la operación en planta y los vehículos que se emplean en las rutas de recolección a nivel municipal.

Adicional, lo temas de obligaciones laborales que se adquieren como el pago de prestaciones para el personal administrativo y operativo del sistema de para la gestión de desechos sólidos a nivel municipal.

Tabla 76.*Gastos en servicio de recolección*

Descripción	Monto	Total
Sueldos de personal por contrato	Q 297,000.00	
Complementos al personal temporal	Q 34,500.00	
Aporte patronal al IGSS	Q 31,687.07	
Aporte para clases pasivas	Q 29,590.00	
Aguinaldo	Q 25,585.47	
Bonificación anual (bono14)	Q 23,107.99	Q 441,470.53
Arrendamiento de maquinaria	Q 5,000.00	
Mantenimiento de transporte	Q 64,094.20	
Primas y gastos de seguros y fianzas	Q 21,482.54	
Productos agroforestales, madera	Q 2,070.00	
Llantas y neumáticos	Q 23,568.00	
Combustibles y lubricantes	Q 52,050.00	
Productos medicinales y de farmacia	Q 2,907.66	
Accesorios y repuestos en general	Q 16,484.20	Q 187,656.60
		Q 629,127.13

Nota. Detalle de egresos ocasionados por la recolección de desechos durante el año 2019.
Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 77.*Gastos en planta de tratamiento*

Descripción	Monto	Total
Sueldos de personal por contrato	Q 357,270.24	
Complementos al personal temporal	Q 39,000.00	
Jornales	Q 2,340.00	
Aporte patronal al IGSS	Q 37,971.27	
Aporte para clases pasivas	Q 35,456.97	
Aguinaldo	Q 30,077.03	
Bonificación anual (bono14)	Q 29,860.84	Q 531,976.35
Energía eléctrica	Q 1,107.00	
Fletes	Q 78,800.00	
Arrendamiento de maquinaria y equipo de construcción	Q 15,250.00	

Continuación de tabla 78.

Descripción	Monto	Total
Mantenimiento y reparación de maquinaria y equipo	Q 2,268.14	
Estudios y/o servicios	Q 18,420.00	
Impuestos, derechos y tasas	Q 1,480.00	
Alimentos para personas	Q 3,106.00	
Piedra, arcilla y arena	Q 3,520.00	
Artículos de caucho	Q 9,056.50	
Combustibles y lubricantes	Q 200.00	
Insecticidas, fumigantes y similares	Q 3,486.00	
Productos plásticos, nylon, vinil y PVC	Q 1,415.00	
Cemento	Q 3,431.00	
Productos de metal y sus aleaciones	Q 14,015.50	
Herramientas menores	Q 496.00	
Materiales, productos y accesorios eléctricos, cableado y estructurado de redes informáticas	Q 4,125.00	Q 160,176.14
		Q 692,152.49

Nota. Detalle de egresos ocasionados por el manejo de desechos en la PTDS durante el año 2019. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8. Análisis de costos

Es importante realizar el análisis de los costos que genera el manejo de los desechos sólidos a la administración municipal para garantizar la continuidad del proyecto, definir los precios de los servicios que conlleva la recolección, transporte, manejo y disposición final de los materiales. Los costos que se presentan representan la inversión mínima para el funcionamiento y mejoras al sistema de recolección y planta de tratamiento.

3.8.1. Inversión de infraestructura y maquinaria

Con las instalaciones que se tienen actualmente, lo que se requiere son reparaciones, modificaciones y ampliaciones, con esto se reduce el costo de inversión inicial a la infraestructura y maquinaria.

Tabla 78.

Inversión requerida en infraestructura y maquinaria

Unidades	Descripción	Inversión Inicial
	Reparaciones a la infraestructura actual	Q 60,000.00
1	Banda transportadora	Q 39,760.00
1	Hidro lavadora	Q 5,000.00
3	Estructura metálica para la palangana de los camiones recolectores.	Q 12,000.00
	Total	Q 116,760.00

Nota. Detalle del monto de inversión requerida en infraestructura y maquinaria de la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.2. Herramientas y suministros

Las herramientas que se consideraran tienen como objetivo facilitar el trabajo que realizan los operarios en sus actividades diarias. La inversión es anual.

Tabla 79.*Inversión en herramienta y suministros*

Medida	Cantidad	Herramienta/equipo	Costo unitario	Costo total
Unidades	20	Suach de 4 dientes	Q 60.00	Q 1,200.00
Unidades	10	Machetes	Q 28.00	Q 280.00
Unidades	20	Azadones	Q 50.00	Q 1,000.00
Rollos	50	Pita plástica	Q 105.00	Q 5,250.00
Unidades	1000	Costales de un quintal	Q 2.75	Q 2,750.00
Pares	80	Guantes resistentes al corte	Q 47.50	Q 3,800.00
Unidades	20	Overoles con bandas reflectivas	Q 300.00	Q 6,000.00
Unidades	10	Soporte lumbar de cuero	Q 113.00	Q 1,130.00
Caja	2	Respirador de un filtro de aire	Q 235.00	Q 470.00
Unidades	10	Chaleco reflectivo tipo malla	Q 15.00	Q 150.00
Unidades	4	Carretas de mano	Q 450.00	Q 1,800.00
Unidades	20	Capas impermeables	Q 30.00	Q 600.00
Pares	20	Botas con plantilla de acero	Q 150.00	Q 3,000.00
Unidades	4	Rodillo con relleno de piedra u hormigón	Q 80.00	Q 320.00
				Q 27,750.00

Nota. Detalle del monto de inversión requerida en herramienta y suministros del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.3. Mobiliario y útiles

Debido a la necesidad de registrar las actividades que se desarrollan en la administración de la planta de tratamiento y que actualmente se desarrollan en la oficina de la DIGAM, se hace necesario equipar el área de administración con

los insumos necesarios, ya que solo cuenta con las instalaciones y mobiliario y equipo básico. La inversión representada es anual.

Tabla 80.

Inversión en mobiliario y equipo

Cantidad	Mobiliario y equipo	Costo unitario	Costo total
1	Silla secretarial	Q 800.00	Q 800.00
2	Sillas de espera	Q 150.00	Q 300.00
1	Computadora	Q 5,000.00	Q 5,000.00
1	Impresora	Q 750.00	Q 750.00
1	Timbre	Q 300.00	Q 300.00
10	Resmas de papel	Q 40.00	Q 400.00
	Suministros	Q 500.00	Q 500.00
1	Teléfono de línea fija	Q 1,000.00	Q 1,000.00
			Q 9,050.00

Nota. Detalle del monto de inversión requerida en mobiliario y equipo de la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Dentro de los recursos necesarios para garantizar el funcionamiento de la planta de tratamiento y servicio de recolección se compone de los siguientes elementos:

Tabla 81.

Total inversión inicial

CONCEPTO	INVERSIÓN INICIAL
Infraestructura y maquinaria	Q 116,760.00
Herramienta y equipo	Q 27,750.00
Mobiliario y útiles	Q 9,050.00
TOTAL INVERSIÓN	Q 153,560.00

Nota. Detalle del monto de inversión total requerida en el servicio de recolección y la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.4. Costos de Operación

Son costos que se requieren para mantener y operar los activos fijos. Se analizaron 2 tipos de costos de operación, los costos fijos que incluye el pago de planillas y los costos variables en donde está incluido el pago del consumo de la energía eléctrica, agua potable, materiales necesarios para la producción, entre otros, que a pesar de que se incurre cada mes en dichos costos, algunas veces en monto defiere de mes a mes.

3.8.4.1. Costos fijos

Los operarios tanto del servicio de recolección como los que laboran en la planta de tratamiento son necesarios diariamente, para se cubra una ruta diferente cada día y que los desechos recolectados sean tratados como corresponde, evitando su contaminación.

Las jornadas actuales de los operarios están regidas por el Código de Trabajo, garantizando que no excedan las horas establecidas y que las condiciones laborales sean las adecuadas. Los costos por mano de obra se presentan a continuación:

Tabla 82.*Costos por mano de obra*

Área de trabajo	Cantidad	Puesto de trabajo	Sueldo mensual	Sueldo anual
Administración	1	Director DIGAM	Q 3,500.00	Q 42,000.00
	1	Secretaria DIGAM	Q 3,000.00	Q 36,000.00
Planta de tratamiento	1	Administrador Planta	Q 3,000.00	Q 36,000.00
	4	Encardados de desechos orgánicos	Q 2,500.00	Q 20,000.00
	1	Separador de papel y cartón	Q 2,500.00	Q 30,000.00
	1	Separador de plástico	Q 2,500.00	Q 30,000.00
	1	Separador de metales	Q 2,500.00	Q 30,000.00
	1	Separador de vidrio	Q 2,500.00	Q 30,000.00
Seguridad	1	Policía de seguridad	Q 2,600.00	Q 31,200.00
Relleno sanitario	3	Operarios del relleno sanitario	Q 2,500.00	Q 90,000.00
Tren de aseo	3	Chofer de camión	Q 2,800.00	Q 100,800.00
	5	Recolectores	Q 2,500.00	Q 150,000.00
Centro de acopio	1	Encargado del centro de acopio	Q 2,300.00	Q 27,600.00
	3	Barrenderos	Q 2,200.00	Q 79,200.00
Total	27		Q 36,900.00	Q 832,800.00

Nota. Descripción de la inversión que se requiere en mano de obra para la operación del sistema de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

A continuación, se detalla la proyección de salarios anual para 5 períodos, tomando un incremento anual del 4.75 por ciento según datos de los últimos incrementos al salario mínimo.

Tabla 83.

Proyección de salarios anual para 5 años

Área de trabajo	Año 1	Año 2	Año 3
Administración	Q 78,000.00	Q 81,705.00	Q 85,585.99
Planta de tratamiento	Q 276,000.00	Q 289,110.00	Q 302,842.73
Seguridad	Q 31,200.00	Q 32,682.00	Q 34,234.40
Relleno sanitario	Q 90,000.00	Q 94,275.00	Q 98,753.06
Tren de aseo	Q 250,800.00	Q 262,713.00	Q 275,191.87
Centro de acopio	Q 106,800.00	Q 111,873.00	Q 117,186.97
TOTALES	Q 832,800.00	Q 872,358.00	Q 913,795.01

Área de trabajo	Año 4	Año 5
Administración	Q 89,651.32	Q 93,909.76
Planta de tratamiento	Q 317,227.75	Q 332,296.07
Seguridad	Q 35,860.53	Q 37,563.90
Relleno sanitario	Q 103,443.83	Q 108,357.42
Tren de aseo	Q 288,263.48	Q 301,956.00
Centro de acopio	Q 122,753.35	Q 128,584.13
TOTALES	Q 957,200.27	Q 1,002,667.28

Nota. Detalle del incremento anual que se proyecta para los siguientes 5 años en mano de obra para la operación del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.4.2. Costos variables

Estos costos son en su mayoría por consumo de servicios y productos para la operación, los cuales varían su valor mes a mes.

3.8.4.2.1. Costos por operación y mantenimiento

Productos y accesorios que son empleados diariamente en el servicio de recolección y planta de tratamiento.

Tabla 84.

Costos por operación y mantenimiento

Rubro	Costo mensual	Costo anual
Combustibles y lubricantes	Q 4,350.00	Q 52,200.00
Repuestos y accesorios	Q 1,700.00	Q 20,400.00
Llantas y neumáticos	Q 2,100.00	Q 25,200.00
Seguros y fianzas	Q 2,500.00	Q 30,000.00
Reparación y mantenimiento de medios de transporte	Q 5,300.00	Q 63,600.00
Energía eléctrica	Q 170.00	Q 2,040.00
Agua purificada	Q 300.00	Q 3,600.00
Total		Q 197,040.00

Nota. Descripción de la inversión que se requiere para la operación y mantenimiento del sistema de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.4.2.2. Costos por insumos

Todos los costos que se generan para poder equipar a los operarios y áreas de trabajo.

Tabla 85.*Costos por insumos*

Unidad de medida	Unidades	Insumo	Costo unitario	Costo total
Galón	48	Desinfectante	35	Q 1,680.00
Galón	96	Jabón líquido antibacterial	40	Q 3,840.00
Bolsas	80	Detergente	15	Q 1,200.00
Galón	60	Cloro	20	Q 1,200.00
Unidad	50	Escobas de plástico	15	Q 750.00
				Q 8,670.00

Nota. Descripción de la inversión que se requiere en insumos para la operación del sistema de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Estos costos son en su mayoría por consumo de servicios y productos para la operación, los cuales varían su valor mes a mes. Se proyectan de la siguiente manera:

Tabla 86.*Proyección de costos varias para 5 años*

Concepto	Incremento anual	Año 1	Año 2	Año 3
Operación y mantenimiento	5%	Q 197,040.00	Q 206,892.00	Q 217,236.60
Insumos	2%	Q 8,670.00	Q 8,843.40	Q 9,020.27
Herramientas y suministros	2%	Q 27,750.00	Q 28,305.00	Q 28,871.10
TOTALES		Q 233,460.00	Q 244,040.40	Q 255,127.97

Continuación de tabla 87.

Concepto		Incremento anual	Año 4	Año 5
Operación mantenimiento	y	5%	Q 228,098.43	Q 239,503.35
Insumos		2%	Q 9,200.67	Q 9,384.69
Herramientas suministros	y	2%	Q 29,448.52	Q 30,037.49
TOTALES			Q 266,747.63	Q 278,925.53

Nota. Detalle del incremento anual que se proyecta para los siguientes 5 años en costos variables para la operación del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.5. Proyección por venta de materiales reciclables

La siguiente proyección, se utilizará para hacer los cálculos de ingresos por venta de material reciclado y orgánico y por el cobro del servicio de recolección de los desechos, tomando como base los porcentajes de desechos recolectados. A continuación, se muestran los datos medidos en quintales.

Tabla 87.

Proyección de materiales reciclables para los próximos 10 años

AÑO	POBLACIÓN	ORGÁNICO	INORGÁNICO	PET	PLÁSTICO
2019	12508	39,102.40	34,240.24	303.57	169.75
2020	12646	39,498.50	34,587.09	306.65	171.47
2021	12772	39,934.17	34,968.59	310.03	173.36
2022	12900	40,338.70	35,322.82	313.17	175.11
2023	13029	40,783.64	35,712.43	316.62	177.05
2024	13159	41,233.48	36,106.34	320.12	179.00
2025	13291	41,688.29	36,504.59	323.65	180.97
2026	13424	42,148.11	36,907.23	327.22	182.97
2027	13558	42,613.00	37,314.32	330.83	184.99
2028	13694	43,083.03	37,725.90	334.47	187.03

Continuación de tabla 88.

AÑO	POBLACIÓN	METAL	ALUMINIO	VIDRIO	PAPEL	TOTAL
2019	12508	168.31	18.47	1,138.73	829.78	75,971.24
2020	12646	170.01	18.66	1,150.26	838.19	76,740.82
2021	12772	171.89	18.86	1,162.95	847.43	77,587.28
2022	12900	173.63	19.05	1,174.73	856.02	78,373.23
2023	13029	175.55	19.26	1,187.69	865.46	79,237.69
2024	13159	177.48	19.48	1,200.79	875.00	80,111.68
2025	13291	179.44	19.69	1,214.3	884.65	80,995.32
2026	13424	181.42	19.91	1,227.42	894.41	81,888.69
2027	13558	183.42	20.13	1,240.96	904.28	82,791.93
2028	13694	185.44	20.35	1,254.65	914.25	83,705.12

Nota. Detalle del incremento anual que se proyecta para los siguientes 10 años en la cantidad de materiales reciclables obtenidos mediante el servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.6. Proyección de ingresos por venta de materiales reciclables

Material utilizable: se toma en cuenta el porcentaje de recuperación debido a pérdidas por diferentes motivos como contaminación cruzada de materiales, falta de reciclaje de la población, entre otros.

Por lo que del registro del último periodo se tiene un porcentaje de recuperación, por material, de la siguiente manera:

Tabla 88.*Porcentaje de recuperación de materiales reciclables*

Material	% de recuperación
PET	98%
Plástico	90%
Metal	100%
Aluminio	100%
Vidrio	99%
papel y cartón	96%
Orgánico	13%

Nota. Cálculo del porcentaje de materiales reciclables obtenidos mediante el servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Por lo que se obtiene una proyección de ingresos a partir de los precios de venta actuales para cada material, descritos en las tablas de la sección Cantidad de productos recuperados en la planta de tratamiento de este documento, de la siguiente forma:

Tabla 89.*Ingresos obtenidos por la venta de materiales reciclados recuperados*

Material	Libras Recolectadas	Reciclado	Precio por libra	Ingreso
PET	30,357.00	29,668.00	Q 0.52	Q 15,465.60
Plástico	16,975.00	15,245.00	Q 0.32	Q 4,939.35
Metal	16,831.00	16,831.00	Q 0.10	Q 1,683.10
Aluminio	1,847.00	1,847.00	Q 3.00	Q 5,541.00
Vidrio	113,873.00	112,825.00	Q 0.10	Q 11,282.50
Papel y cartón	82,978.00	79,370.00	Q 0.14	Q 11,310.25
Orgánico	3,910,240.00	488,780.00	Q 1.60	Q 782,048.00

Nota. Cantidad de ingresos generados de la comercialización de materiales reciclables obtenidos mediante el servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 90.*Proyección de ingresos por venta de materiales reciclados para 5 años*

Año	PET	Plástico	Metal	Aluminio
1	Q 15,465.60	Q 4,939.35	Q 1,683.10	Q 5,541.00
2	Q 15,640.83	Q 4,995.31	Q 1,702.17	Q 5,603.78
3	Q 15,818.04	Q 5,051.91	Q 1,721.46	Q 5,667.27
4	Q 15,997.25	Q 5,109.15	Q 1,740.96	Q 5,731.48
5	Q 16,178.50	Q 5,167.03	Q 1,760.68	Q 5,796.42

Año	Vidrio	Papel y cartón	TOTAL
1	Q 11,282.50	Q 11,310.25	Q 50,221.80
2	Q 11,410.33	Q 11,438.40	Q 50,790.81
3	Q 11,539.61	Q 11,567.99	Q 51,366.27
4	Q 11,670.35	Q 11,699.06	Q 51,948.25
5	Q 11,802.58	Q 11,831.61	Q 52,536.83

Nota. Detalle del incremento anual que se proyecta para los siguientes 5 años en venta de materiales reciclables obtenidos del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.7. Venta de Abono Orgánico

La materia orgánica está constituida por un porcentaje de humedad, lo cual hace que el producto resultante sea una cantidad menor al finalizar el proceso del compost. Se utilizará el 50 por ciento del material, para los cálculos debido a pérdidas por contaminación cruzada y otros factores.

Cálculos para el año 1:

Desechos orgánicos año 1: 39102.40 quintales recolectados

Desechos orgánicos utilizables, debido a pérdidas durante el transporte hacia la planta de tratamiento por diferentes motivos como contaminación:

$$39102.40 * 0.50 = 19,551.20 \text{ quintales}$$

Debido a que la relación de producción de compost es de 1:4 debido a la pérdida por humedad, estos son los quintales de abono producidos por año:

$$19551.20 / 4 = 4887.80 \text{ quintales}$$

Anteriormente, se ha definido el precio por libra de Q 1.60 para el abono orgánico producido por medio del método de compostaje, por lo que se obtiene:

$$4887.80 * Q 160.00 = Q 782,048.00$$

Tabla 91.

Proyección de ingresos por venta de abono orgánico para 5 años

Año	ABONO ORGÁNICO
1	Q 782,048.00
2	Q 790,908.60
3	Q 799,869.60
4	Q 808,932.12
5	Q 818,097.32

Nota. Detalle del incremento anual que se proyecta para los siguientes 5 años en producción de abono orgánico en la PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.8.8. Ingresos totales

Debido a que el servicio de recolección de los desechos sólidos tiene un valor definido en cada una de las modalidades definidas, se definen los siguientes ingresos:

Tabla 92.

Proyección de ingresos totales para 5 años

Año	Servicio de tren de aseo	Servicio de recolección en Franja Turística	Centro de Acopio	Transporte de desechos sólidos
1	Q 204,432.00	Q 23,280.00	Q 28,704.00	Q 1,440.00
2	Q 245,318.40	Q 27,936.00	Q 34,444.80	Q 2,736.00
3	Q 294,382.08	Q 33,523.20	Q 41,333.76	Q 5,198.40
4	Q 353,258.50	Q 40,227.84	Q 49,600.51	Q 9,876.96
5	Q 423,910.20	Q 48,273.41	Q 59,520.61	Q 18,766.22

Año	Multas (Incumplimiento del Acuerdo municipal 111-2016)	Desechos entregados en la planta	Total
1	Q 600.00	Q 103.00	Q 258,559.00
2	Q 1,140.00	Q 195.70	Q 311,770.90
3	Q 2,166.00	Q 371.83	Q 376,975.27
4	Q 4,115.40	Q 706.48	Q 457,785.69
5	Q 7,819.26	Q 1,342.31	Q 559,632.01

Nota. Detalle del incremento anual que se proyecta para los siguientes 5 años en venta de materiales obtenidos del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

3.9. Análisis de recuperación de la inversión

El primer paso para el análisis de la recuperación de inversión es estimar los flujos de efectivo para el proyecto. Teniendo esta información, se analizaron dos métodos, el valor presente neto y la tasa beneficio/costo.

3.9.1. Valor Presente Neto

Este análisis se trabajará por medio de la evaluación del flujo de caja, junto con el Valor Presente Neto. Se utilizará una tasa de interés del 24 por ciento tomando como referencias los datos de los financiamientos bancarios.

$$VP = VF * 1 / (1+i) ^n$$

$$VP = Q 1,153,470.32 * 1 / (1+0.24) ^ 1$$

$$VP = Q 879,700.65$$

Tabla 93.

Valor presente para 5 años

Año	INGRESOS	EGRESOS	V.P. INGRESOS	V.P. EGRESOS
1	Q 1,090,828.80	Q 1,066,260.00	Q 930,218.00	Q 900,321.29
2	Q 1,153,470.32	Q 1,116,398.40	Q 990,492.86	Q 760,225.66
3	Q 1,228,211.14	Q 1,168,922.97	Q 1,063,440.37	Q 641,945.08
4	Q 1,318,666.06	Q 1,223,947.89	Q 1,153,440.45	Q 542,570.35
5	Q 1,430,266.16	Q 1,282,752.29	Q 1,267,424.43	Q 458,579.53

Nota. Cálculo del VPN para los siguientes 5 años en ingresos y egresos del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Valor Presente Neto:

$$VPN = - I + (VP \text{ ingresos} - VP \text{ egresos})$$

$$VPN = - Q 153,560.00 + (Q 5,405,016.10 - Q 3,303,641.90)$$

$$VPN = Q 1,947,814.20$$

Finalizando la evaluación financiera para determinar el rendimiento de la inversión, se obtiene un Valor Presente Neto de Q 1947,814.20 con una tasa de descuento del 24 por ciento anual. Por ser un resultado positivo, se considera una buena alternativa para invertir.

3.9.2. Tasa de Beneficio/Costo

El coste beneficio, es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido. Aquellos dónde los beneficios superan el coste son exitosos, caso contrario fracasan.

La razón beneficio/costo se calcula dividiendo, el valor presente de los beneficios entre el valor presente de los costos. Al utilizar este criterio se requiere que la razón sea mayor que uno, para que el proyecto sea aceptable.

$$\text{Tasa beneficio/costo} = \frac{\text{Valor presente de los beneficios}}{\text{Valor presente de los costos}}$$

$$\text{Tasa beneficio/costo} = \frac{Q 5,405,016.10}{Q 3,303,641.90}$$

Tasa beneficio/costo = Q 1.64

Si se obtiene una tasa de Q 1.64 se concluye que por cada quetzal invertido se recupera Q 0.64.

4. PLAN DE REGULACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS CENTROS EDUCATIVOS DEL CANTÓN CHUASANAHI

4.1. Diagnóstico del consumo energético en los centros educativos

El uso adecuado y la generación de responsabilidad de consumo energético es una de las prácticas que permite reducir los costos por pago del servicio de energía eléctrica y permite prolongar la vida útil de los elementos que conforman la red de distribución del sistema eléctrico en los establecimientos.

El objetivo es determinar las herramientas y accesorios con los que cuenta cada establecimiento educativo, cómo son utilizados actualmente y cuál es el consumo que se tiene actualmente. Posteriormente se definirán acciones que mejoren las deficiencias encontradas, esto para reducir los costos que genera a la municipalidad de San Pedro La Laguna la cobertura de este servicio para los centros educativos que se analizarán en este apartado.

Debido a que la mayoría de los centros educativos fueron construidos por contratos realizados mediante el Ministerio de Educación, los accesorios fueron proporcionados de forma única y no se dio un mantenimiento o equipamiento con las tecnologías de iluminación actuales, eso hace que la mayoría de las luminarias de los centros educativos sean de tipo tubo y que varias de ellas hayan dejado de funcionar desde hace tiempo.

Los centros educativos que entrarán en evaluación son los siguientes: IMEBDC Luisa y Benjamín Paúl, E.O.R.M. Profesor Guillermo Batz González,

E.O.R.M. Pachanay y E.O.R.M. Chuasanahí, todos están localizados en el cantón Chuasanahí del municipio de San Pedro La Laguna y están bajo la responsabilidad de la administración municipal para el pago del servicio de energía eléctrica.

4.1.1. Condición actual

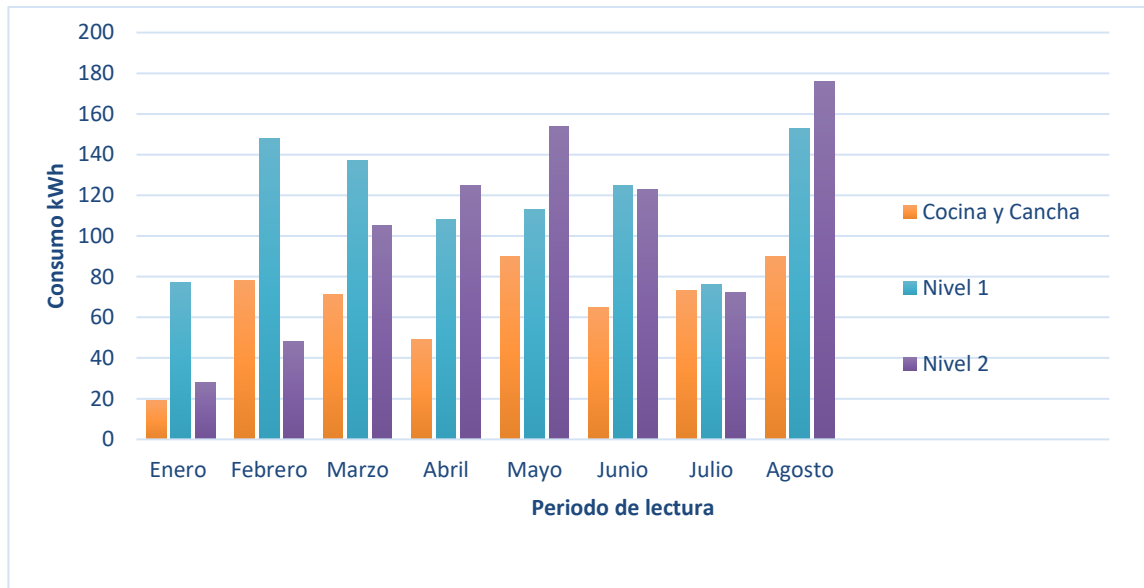
Los establecimientos cuentan con iluminación natural, pero debido a la extensión territorial del municipio, las construcciones tienen muy poca o nula distancia entre sí. Lo que en el caso del IMEBDC y escuela Pachanay impide que pueda aprovecharse la luz natural en todas sus aulas, haciendo necesaria la iluminación artificial.

Se muestra el consumo histórico de cada uno de los contadores que se localizan en el IMEBDC Luisa y Benjamín Paul en el último semestre, esto con base en las facturas emitidos por ENERGUATE. Para validar el consumo del centro que será objeto de estudio en el plan piloto.

En la figura 46, se puede validar que el consumo energético en el centro educativo es constante con un costo promedio de Q 900.00, de los cuales Q 60.00 corresponden a la Tasa por Alumbrado Público, cobro municipal, sin IVA, Q 20.00, que puede disminuirse al unificar los 3 contadores actuales a uno solo.

Figura 46.

Consumo energético IMEBDC Luisa y Benjamín Paul



Nota. Histórico del consumo energético en las instalaciones del IMEBDC de enero a agosto del 2019 con base en las facturas de ENERGUATE. Elaboración propia realizado con Excel.

La iluminación natural es la ideal debido a que reproduce perfectamente los colores y evita la fatiga visual, pero en ocasiones es necesaria la iluminación artificial, para ello, al elegir el tipo de lámpara es necesario conocer muy bien las características de cada una de ellas. Es muy importante seleccionar la lámpara que más se acerque a nuestras exigencias, sea la más rentable y consuma menos.

Durante el monitoreo de los centros educativos se contabilizaron las luminarias empleadas, y se obtuvo la descripción de consumo que describe el fabricante de cada una de ellas, estos datos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 94.*Monitoreo de iluminación artificial*

NOMBRE	LUMINARIA UTILIZADA		OBSERVACIONES GENERALES
	TIPO	CANTIDAD	
E.O.R.M. CHUASANAHI	Tubo	50	Es utilizada actualmente por los alumnos de la escuela central y por la extensión de la USAC.
	Faltantes	2	
E.O.R.M. PACHANAY	Reflector	4	El edificio principal no tiene energía eléctrica. Por el acceso libre a la cancha, la durabilidad de las luminarias es muy corta.
	Espiral	25	
	Tubo	28	
	Redonda	1	
	Led	4	
	Faltantes	8	
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ GONZALEZ	Tubo	278	En el establecimiento hay 7 aulas que no se usan. El equipo de computación esta costado por el MINEDUC. 3 aulas son usadas por la Universidad Mariano.
	Espiral	4	
	Faltantes	7	
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	Led	20	Tienen equipo en cocina: 2 refrigeradoras, 1 microondas, 1 licuadora y 1 batidora. Cuenta con 49 computadoras
	Espiral	4	
		6	
		2	
		6	
	Reflectores	6	
Faltantes	15		

Nota. Descripción de los tipos de luminarias que se utilizan en las instalaciones de los centros educativos del cantón Chuasanahí. Elaboración propia, realizado con Excel.

De la información anterior se realizó un cuadro resumen donde se describe la cantidad de luminarias y el tipo de tecnología con la que se cuenta,

adicionalmente con el uso de un multímetro y un circuito en paralelo armado con cable y un platillo se determinó el consumo real de las luminarias.

Tabla 95.

Tipo de tecnología actual

Centro Educativo	Lámparas de tubo fluorescente	Reflectores	Lámpara fluorescente compacta			
	40W		50W	25W	45W	65W
E.O.R.M. CHUASANAHI	50	0	0	0	0	0
E.O.R.M. PACHANAY	28	4	25	0	0	0
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ	278	0	4	0	0	0
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	0	6	0	4	6	2
Total	356	10	29	4	6	2

Centro Educativo	Lámparas de tubo circular	Lámparas de tecnología led				Faltantes
	25W	9W	12W	15W		
E.O.R.M. CHUASANAHI	0	0	0	0	2	
E.O.R.M. PACHANAY	1	0	0	4	8	
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ	0	0	0	0	7	
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	0	20	0	0	15	
Total	1	20	0	4	32	

Nota. Detalle del consumo por tipo de luminaria que se utiliza actualmente en las instalaciones de los centros educativos del cantón Chuasanahí. Elaboración propia, realizado con Excel.

Adicional a las luminarias se determinó que en cada uno de los establecimientos se cuenta con área de cocina equipada con refrigeradora, microondas y licuadora. EL salón de computación de los centros educativos está funcionando únicamente en el IMEBDC y escuela Pachanay.

Cada establecimiento tiene jornadas de estudio diferentes o es utilizado por otras organizaciones educativas, por lo que en algunos se emplea durante más tiempo el sistema de iluminación artificial. La tabla siguiente muestra las jornadas y actividades que se desarrollan en cada uno.

Tabla 96.

Jornadas y actividades desarrolladas en los centros educativos

Centro educativo	Jornada de estudio	Nivel académico	Entidad educativa	Días de la semana
E.O.R.M. Chuasanahí	Matutina	Primaria	E.O.R.M. Chuasanahí	Lunes a viernes
	Verpertina	Primaria	E.O.R.M. Humberto Corzo Guzmán, Central	Lunes a viernes
E.O.R.M. Pachanay	Matutina	Primaria	E.O.R.M. Pachanay	Lunes a viernes
E.O.R.M. Prof. Guillermo Batz González	Matutina	Primaria	E.O.R.M. Prof. Guillermo Batz González	Lunes a viernes
	Matutina y vespertina	Licenciatura	Universidad Mariano Gálvez	Viernes y sábados
IMEBDC Luisa y Benjamín Paul	Matutina	Básico	IMEBDC “Luisa y Benjamín Paul”	Lunes a viernes
	Matutina	Básico	IMEBDC “Luisa y Benjamín Paul”	Lunes a viernes

Nota. Descripción de las actividades y jornadas en que operan los centros educativos del cantón Chuasanahí. Elaboración propia, realizado con Excel.

El uso de las instalaciones de la escuela de Chuasanahí por los alumnos de la escuela central se debe a que están modificando las instalaciones de esta última, por lo que es un proceso transitorio.

Todos los centros educativos tienen cancha polideportiva, con instalación de reflectores, pero en el caso de la escuela Guillermo y Pachanay no están en funcionamiento.

4.1.2. Mantenimiento actual

Dentro de las acciones que se realizan para el mantenimiento del servicio de energía eléctrica, según indicaciones de los directores de los centros educativos, lo han manejado mediante el comité de padres de familia, pero solo se realizan acciones correctivas cuando alguna herramienta o insumo deja de funcionar.

En términos generales se evidencia que no existe un encargado de dar el mantenimiento necesario, lo que ocasiona que las lámparas utilizadas actualmente estén sucias y se reduzca su capacidad lumínica.

Dentro de la red de distribución, resalta el uso de cables exteriores para extender la distribución eléctrica a las áreas que se construyen o adaptan posteriormente a la construcción del centro educativo.

En este caso, el mantenimiento es de tipo correctivo y se realiza únicamente cuando ya se tiene detectada una avería o anomalía en las instalaciones eléctricas. Una vez aplicadas las modificaciones necesarias, el servicio se encuentra preparado para retomar sus condiciones normales de funcionamiento.

Por tanto, la reparación puede ser instantánea, si el fallo se encuentra bien localizado, o en diferido. Esta última conlleva una pausa en el suministro eléctrico hasta comprender el origen del problema y encontrar los repuestos necesarios.

Derivado de lo anterior, se coordinó en el encargado del servicio de alumbrado público de la municipalidad, la realización de un mantenimiento correctivo en las instalaciones de la escuela Pachanay ya que no cuenta con energía eléctrica en la planta principal.

El resultado de la evaluación del cableado y canalizaciones y bornes de conexión dio como resultado la detección de un corto circuito, ocasionado por el desgaste de los cables que están expuestos a la intemperie, esos fueron cambiados y cubiertos con canaletas de plástico para garantizar el cuidado de estos.

Pero esta acción es un mantenimiento correctivo que puede generar daños mayores, como incendios, cortes eléctricos, bajas o subidas de tensión y sobre todo costos elevados en materia de reparaciones. Por ello se recomienda la aplicación de mantenimientos del tipo preventivo, que se describe a continuación.

4.1.3. Mantenimiento preventivo de las instalaciones eléctricas

Tanto en espacios públicos como privados, lo primero que se debe respetar es la normativa vigente de instalaciones eléctricas. En ella, se recoge toda la información relativa a su mantenimiento y reparación, en caso de que esta sea necesaria. En nuestro país no existe un plan de prevención o mantenimiento por parte de los proveedores del servicio de energía eléctrica, sino que la responsabilidad recae íntegramente sobre los propietarios e inquilinos de las

viviendas y edificios. Ellos tienen que ser los encargados de detectar cualquier problema y ser plenamente conscientes para garantizar la seguridad de quienes habitan el lugar.

Un mantenimiento preventivo bien desarrollado contribuye a minimizar costosos apagones o fallas no programados, pero sobre todo evitar la suspensión del suministro eléctrico. Además, existen otras ventajas que se detallan a continuación.

- Reducción del peligro de incendio: según las estadísticas, alrededor del 23 % de los incendios que se producen tienen que ver con deficiencias en las instalaciones eléctricas.
- Disminución de los cortes eléctricos: en alguna ocasión, e incluso, en más de una, se presentan este tipo de fallas, que hacen que caiga el suministro de energía eléctrica y dejan sin funcionamiento las instalaciones, los aparatos y todo aquel equipo o herramienta que requiere corriente eléctrica para su funcionamiento.
- Subidas y bajadas de tensión: también es muy frecuente haber experimentado subidas o bajadas de tensión en una determinada instalación eléctrica. De las cuales, es posible que ningún aparato o elemento conectado haya resultado dañado, aunque en ocasiones sucede todo lo contrario.
- Menos costos por reparación: todas las incidencias de los puntos anteriores, como es comprensible, suponen una serie de costos imprevistos, destinados a reparar los daños causados. Sin embargo, en los últimos años ha cobrado fuerza la alternativa de mantenimiento preventivo como servicio destacado para detectar con antelación determinadas ineficiencias que ocasionarían fallas en el suministro energético.

En general, las tareas de prevención suelen ser, sobre todo, de limpieza. Lo habitual es que se lleven a cabo cada dos años, aunque pueden ser adelantadas si existe alguna incidencia no contemplada.

Sin embargo, otros puntos destacados de las instalaciones eléctricas también merecen la misma dedicación. Es el caso de los tableros de corriente, cuya conexión de puesta a tierra debe ser totalmente segura y sus tornillos estar correctamente ajustados.

De igual manera, el cableado de la instalación eléctrica también se incluye en el mencionado mantenimiento preventivo.

La lista de verificaciones contiene varios apartados: canalizaciones y accesorios, desgaste de los cables, bornes de conexión, carga de cada línea. Además, también se deben ajustar las luminarias, controlando los focos y tubos fluorescentes.

Al finalizar el mantenimiento preventivo se aplican las correcciones necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de las instalaciones y salvaguardar la integridad de quienes habitan las residencias o establecimientos.

4.1.4. Consumo actual en función de las luminarias

Para reducir el consumo de energía eléctrica en los centros educativos hay que determinar el consumo de cada uno de ellos, este historial de consumo se obtendrá de los gráficos que nos ofrecen los recibos del cobro por el servicio prestado de la DEOCSA de los cuales se lleva un registro en costos por la Tesorería Municipal, que es la encargada de realizar los pagos correspondientes.

- Lámparas de tubo fluorescente:

$$356\text{lámp} * 40\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{1424000\text{wattsh/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 1424\text{kWh/mes}$$

- Reflectores:

$$10\text{lámp} * 50\text{watts} * 3\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{30000\text{wattsh/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 30\text{kWh/mes}$$

- Lámpara fluorescente compacta:

$$29\text{lámp} * 25\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{72500\text{wattsH/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 72.5\text{kWh/mes}$$

$$4\text{lámp} * 45\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{18000\text{wattsH/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 18\text{kWh/mes}$$

$$6\text{lámp} * 65\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{39000\text{wattsH/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 39\text{kWh/mes}$$

$$2\text{lámp} * 105\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{21000\text{wattsH/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 21\text{kWh/mes}$$

- Lámparas de tubo circular:

$$1\text{lámp} * 25\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{2500\text{wattsH/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 2.5\text{kWh/mes}$$

- Lámparas de tecnología led:

$$20\text{lámp} * 9\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{18000\text{wattsH/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 18\text{kWh/mes}$$

$$4\text{lámp} * 15\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{6000\text{wattsH/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 6\text{kWh/mes}$$

Consumo total con la tecnología actual: 1631kWh/mes

Tabla 97.

Consumo energético actual por centro educativo

Centro Educativo	Lámparas de tubo fluorescente	Reflector	Lámpara fluorescente compacta			
	40W	50W	25W	45W	65W	105W
E.O.R.M. CHUASANAHI	200000	0	0	0	0	0
E.O.R.M. PACHANAY	112000	12000	62500	0	0	0
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ	1112000	0	10000	0	0	0
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	0	18000	0	18000	39000	21000
Total en kWh/mes	1424	30	72.5	18	39	21

Continuación de tabla 98.

Centro Educativo	Lámparas de tubo circular	Lámparas de tecnología led			Faltantes	Total
	25W	9W	12W	15W		
E.O.R.M. CHUASANAHI	0	0	0	0	80	200
E.O.R.M. PACHANAY	2500	0	0	6000	8	195
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ	0	0	0	0	7	1122
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	0	18000	0	0	15	114
Total en kWh/mes	2.5	18	0	6	110	1631

Nota. Resumen del consumo energético de cada uno de los centros educativos del cantón Chuasanahí. Elaboración propia, realizado con Excel.

4.2. Tecnología propuesta

En la municipalidad se han desarrollado proyectos relacionados al uso adecuado y moderado de la energía eléctrica, con dichos proyectos se pretende dar un enfoque ambientalmente responsable al municipio, que a nivel nacional es conocido como el municipio ecológico. Es por ello, que uno de los últimos proyectos relacionados con el uso responsable de la energía eléctrica consistió en el cambio de las luminarias del alumbrado público por luminarias de tecnología LED, por tal razón ya existe un precedente sobre el ahorro que la utilización de este tipo de tecnología genera.

Con base en lo anterior, se propone la implementación de tecnología LED en cada uno de los establecimientos educativos del cantón Chuasanahí que dependen económicamente de la municipalidad para sufragar este servicio.

4.2.1. Consumo de la tecnología propuesta

Para comprobar que se obtendrá un ahorro económico al reducir el consumo, pero sin afectar la cantidad de lúmenes requeridos por cada uno de los salones de los centros educativos, se realiza el cálculo correspondiente:

- Lámpara de tecnología led:

$$272\text{lámp} * 12\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{326400\text{wattsh/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 326.4\text{kWh/mes}$$

$$4\text{lámp} * 15\text{watts} * 5\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{6000\text{wattsh/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 6\text{kWh/mes}$$

- Reflectores

$$10\text{lámp} * 50\text{watts} * 3\text{hrs/día} * 20\text{días/mes} = \frac{30000\text{wattsh/mes}}{1000 \text{ kl/watts}} = 30\text{kWh/mes}$$

Consumo total con tecnología led: 362.4kWh/mes

Tabla 98.

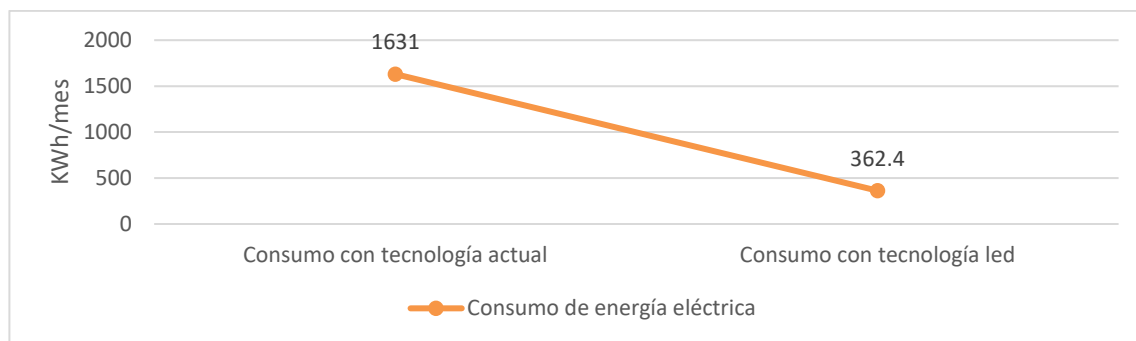
Consumo energético propuesto por centro educativo

Centro Educativo	Reflectores	Lámparas de tecnología led			Total
	50W	9W	12W	15W	
E.O.R.M. CHUASANAHI	0	0	32400	0	32400
E.O.R.M. PACHANAY	12000	0	62400	0	74400
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ GONZALEZ	0	0	175200	6000	181200
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	18000	0	56400	0	74400
Total en kWh/mes	30	0	326.4	6	362.4

Nota. Resumen del consumo proyectado con el cambio de luminarias en los centros educativos del cantón Chuasanahí. Elaboración propia, realizado con Excel.

Figura 47.

Consumo de energía eléctrica en los centros educativos del cantón Chuasanahí



Nota. Comparativa del consumo energético en los centros educativos a partir del cambio de luminarias. Elaboración propia, realizado con Excel.

En la presente gráfica se puede observar el consumo de energía eléctrica en los centros educativos del cantón Chuasanahí con la tecnología tradicional es de 1,631KWh/mes, con la aplicación de cambio a lámparas led es de 362.4KWh/mes. El detalle por centro educativo se muestra a continuación:

Tabla 99.

Ahorro en consumo energético por centro educativo

Centro Educativo	Actual kWh/mes	Propuesto kWh/mes	Diferencia kWh/mes
E.O.R.M. CHUASANAHI	200	32.4	167.6
E.O.R.M. PACHANAY	195	74.4	120.6
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ GONZALEZ	1122	181.2	940.8
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	114	74.4	39.6
Total en kWh/mes	1631	362.4	1268.6

Nota. Resumen por centro educativo del consumo energético actual versus el propuesto y el detalle de la reducción esperada. Elaboración propia, realizado con Excel.

Obteniendo un ahorro de consumo de 1,268.6kWh/mes que corresponde a un 78 % menos del consumo actual.

A partir de ello podemos inferir que el proyecto no solo nos genera un ahorro en consumo energético, sino también un ahorro económico ya que la factura del servicio tendrá una baja considerable. Además, si bien, la inversión inicial para el cambio de las luminarias es un poco elevada, se evidencia que la recuperación de la inversión se da en muy poco tiempo debido a que el consumo se reduce más de la mitad del histórico generado.

Beneficio económico obtenido al implementar lámparas de tecnología led.

Partiendo del hecho de que la reducción de consumo energético disminuye el costo del servicio, se realiza la comparativa de los montos cancelados por el consumo eléctrico en los establecimientos educativos.

Tabla 100.

Ahorro en pago mensual por centro educativo

Centro Educativo	Actual	Propuesto	Diferencia
	Pago/mes	Pago/mes	Pago/mes
E.O.R.M. CHUASANAHI	Q 406.12	Q 65.79	Q 340.33
E.O.R.M. PACHANAY	Q 395.97	Q 151.08	Q 244.89
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ GONZALEZ	Q 2,278.35	Q 367.95	Q 1,910.40
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	Q 231.49	Q 151.08	Q 80.41
Total en Pago/mes	Q 3,311.93	Q 735.90	Q 2,576.04

Nota. Comparativa en ahorro económico obtenido a partir del cambio de luminarias en los centros educativos del cantón Chuasanahí. Elaboración propia, realizado con Excel.

- Ahorro en la demanda

Actual:

$$1631\text{kWh/mes} * 2.030616 \text{ Q/kWh} = \text{Q } 3, 311.93$$

Propuesta:

$$362.4\text{kWh/mes} * 2.030616 \text{ Q/kWh} = \text{Q } 735.90$$

- Ahorro económico

$$\text{Q } 3,311.93 - \text{Q } 735.90 = \text{Q } 2,576.03$$

Con estos datos, se demuestra que el proyecto es rentable, debido a que la inversión requerida para el cambio de luminarias es menor al consumo que se generará en los próximos meses.

4.3. Determinar las emisiones de dióxido de carbono emitidas por las luminarias de los centros educativos del cantón Chuasanahí del municipio de San Pedro La Laguna, Sololá

Uno de los objetivos principales de la reducción de la contaminación en el municipio es reducir la huella ecológica que el ser humano deja en el medio ambiente, como resultado del consumo de recursos, generación de desechos y la emisión de CO₂, por tal razón este proyecto debe demostrar no solo su beneficio económico sino también ambiental.

Para ello se procede a calcular la emisión de CO₂, generada a partir del uso de iluminación artificial.

- Emisión de CO₂ actual:

$$1631\text{kWh/mes} * 0.001070\text{Ton CO}_2/\text{kWh/mes} = 1.74517\text{Ton CO}_2/\text{mes} * 12 \text{ meses} = 20.94204\text{Ton CO}_2/\text{año}$$

- Emisión de CO₂ propuesta:

$$362.6\text{kWh/mes} * 0.001070\text{Ton CO}_2/\text{kWh/mes} = 0.387982\text{Ton CO}_2/\text{mes} * 12 \text{ meses} = 4.655784\text{Ton CO}_2/\text{año}$$

Tabla 101.*Producción de CO₂ por centro educativo*

Centro Educativo	Actual	Propuesto	Diferencia
	Ton CO ₂ /año	Ton CO ₂ /año	Ton CO ₂ /año
E.O.R.M. CHUASANAHI	2.57	0.42	2.15
E.O.R.M. PACHANAY	2.50	0.96	1.55
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ GONZALEZ	14.41	2.33	12.08
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	1.46	0.96	0.51
Total en kWh/mes	20.94	4.65	16.29

Nota. Detalle de la producción de CO₂ producido por el consumo energético en cada uno de los centros educativos del cantón Chuasanahí. Elaboración propia, realizado en Excel.

Esto nos demuestra que la implementación de tecnología LED, genera una reducción de la emisión de CO₂ de 16.28 Ton CO₂/Año. Que se traduce a una reducción de hasta 82 % de contaminación al medio ambiente.

Ante la preocupación mundial por calentamiento global, el alto consumo energético, y el despilfarre los recursos no renovables, la tecnología de iluminación LED se convierte día a día en una solución que contribuirá al mejoramiento de estas condiciones ambientales. Gracias a múltiples investigaciones se ha encontrado que la utilización de las luminarias LED disminuirá los impactos ambientales de las siguientes formas:

- Contrario al otro tipo de tecnologías, le tecnología LED no emplea mercurio, plomo u otro tipo de metales pesados, los cuales son contaminantes al ser arrojados al medio ambiente después de agotada la vida útil de las lámparas.

- Las lámparas fluorescentes contienen una composición aproximada de 6 a 8 mg de vapores de mercurio, las cuales, si son eliminadas incorrectamente, se podrían convertir en una amenaza sanitaria, ya que, si este hace contacto alguno con los seres humanos, causará patologías en la piel y daños cerebrales.
- El LED se alimenta a baja tensión por lo tanto emitiendo poco calor. Los demás sistemas de iluminación en igualdad de condiciones de luminosidad emiten mucho más calor. Dada sus bajas temperaturas de funcionamiento, la tecnología LED tiene un impacto térmico mínimo en el medio ambiente.
- Como respuesta a las bajas temperaturas se encontró que los LED tienen mejor rendimiento a medida que la temperatura disminuye. Caso contrario ocurre con las lámparas de sodio en las cuales su rendimiento disminuye a bajas temperaturas.
- La Iluminación con LED reducirá notablemente la contaminación lumínica ya que permite un control directo sobre la luz emitida.

4.4. Procedimiento de aplicación

Posterior al diagnóstico se desarrolló un plan para la implementación de luminarias led en los centros educativos del cantón Chuasanahí. Debido al poco tiempo que se tiene para desarrollar el proyecto y por algunas situaciones que retardan el desarrollo de este. Tal es el caso del desabastecimiento de energía eléctrica de la escuela Pachanay, la cual llevaba más de dos meses sin energía eléctrica debió a un corto circuito que se generó en el área de la cancha, que es utilizada por los pobladores del municipio en las tardes. Se coordinó con la Oficina de Servicios Públicos, para poder solventar el inconveniente y poder continuar con el proyecto.

El establecimiento utilizado para iniciar con el plan de aplicación fue el IMEB Luisa y Benjamín Paul en el que se efectuó el cambio de luminarias y se retiraron 2 contadores de los 3 con los que contaba, para unificar el registro y reducir el pago de la tasa de alumbrado público.

Para ello se hizo necesario el apoyo del técnico de alumbrado público de la municipalidad, personal de apoyo de la oficina de Servicios Públicos y la aprobación y supervisión del director del centro educativo.

Figura 48.

Luminarias sustituidas por tecnología LED

San Pedro La laguna, Sololá
18 de febrero del año 2020.

**A: Tesorería Municipal
Municipal de San Pedro La Laguna
Presente**

De la manera más atenta me dirijo a usted para extenderle un cordial saludo, deseando que sus labores cotidianas se desarrollen de forma exitosa.

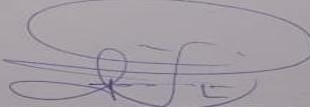
El motivo de la presente es para informarle que como parte del proyecto "Cambio de luminarias de los establecimientos del cantón Chuasanahí", se implementará un plan piloto en el establecimiento "IMEBDC Luisa y Benjamín Paúl".


A continuación se detallan los cambios realizados:

LOCALIDAD	RETIRO			INSTALO			FECHA
	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TECNOLOGÍA	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TECNOLOGÍA	
IMEBDC "Luisa y Benjamín Paúl"	4	45	Ahorrativa	4	12	LED	18-02-2020
IMEBDC "Luisa y Benjamín Paúl"	6	65	Ahorrativa	6	12	LED	18-02-2020
IMEBDC "Luisa y Benjamín Paúl"	2	105	Ahorrativa	2	12	LED	18-02-2020
IMEBDC "Luisa y Benjamín Paúl"				18	12	LED	18-02-2020

Agradeciendo su apoyo y consideraciones al caso, me suscribo de usted.

Atentamente:


 f. **Hugo Diego Tuch Petzey**
 Director del IMEBDC "Luisa y Benjamín Paúl"



Nota. Carta de recepción de luminarias para el plan protocolo de cambio de luminarias en el instituto IMEBDC Luisa y Benjamín Paul. Elaboración propia, realizado con Open Cámara.

Con la implementación de tecnología led se debe evidenciar una reducción en el recibo del mes siguiente, se realizó la comparación entre el periodo comprendido del 19 de enero al 19 de febrero y del 19 de febrero al 19 de marzo de 2020, debido a que estas son las fechas de corte en la facturación del servicio.

Tabla 102.

Monitoreo del consumo eléctrico

NIS	Mes	Consumo en kWh	Pago por consumo energético	Tasa de alumbrado público	Total a pagar
6154014	Febrero	68	Q 53.04	Q 20.00	Q 73.00
	Marzo	232	Q 290.00	Q 20.00	Q 310.00
2435656	Febrero	130	Q 153.40	Q 20.00	Q 173.40
	Marzo	0	Q 0.00	Q 20.00	Q 0.00
5554850	Febrero	130	Q 153.40	Q 20.00	Q 173.40
	Marzo	0	Q 0.00	Q 20.00	Q 0.00
Total	Febrero	328	Q 359.84	Q 20.00	Q 419.80
	Marzo	232	Q 290.00	Q 20.00	Q 310.00

Nota. Registro de consumo energético durante los meses de febrero y marzo en el IMEBDC. Elaboración propia, realizado con Excel.

Como se muestra en la tabla anterior, con el cambio de luminarias se obtuvo una disminución de 96kWh y Q 40.00 en el pago de alumbrado público, para un ahorro total mensual de Q 109.80.

Posteriormente se realiza en cambio de luminarias en los otros centros educativos y se obtiene un ahorro en consumo energético y pago por el servicio, esto se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 103.*Ahorro obtenido por la implementación de tecnología LED*

Centro Educativo	Tecnología	Consumo en kWh	Total a pagar	Ahorro Obtenido
E.O.R.M. CHUASANAHI	De origen	575.44	Q 757.00	Q 607.60
	Aplicada	101.03	Q 149.40	
E.O.R.M. PACHANAY	De origen	561.05	Q 738.50	Q 421.50
	Aplicada	232.00	Q 317.00	
E.O.R.M. PROF. GUILLERMO BATZ GONZALEZ	De origen	1,436.16	Q 1,859.30	Q 603.40
	Aplicada	965.03	Q 1,255.90	
IMEBDC LUISA Y BENJAMÍN PAUL	De origen	328.00	Q 419.80	Q 109.80
	Aplicada	232.00	Q 310.00	
				Q 1,742.30

Nota. Comparativa de consumo y costos obtenidos mediante el cambio de luminarias en el IMEBDC. Elaboración propia, realizado con Excel.

Como se muestra en la tabla anterior, con el cambio de luminarias se obtuvo un ahorro total mensual de Q 1742.30.

4.5. Campaña de concientización para el uso responsable de la energía eléctrica

Para fortalecer el proyecto de investigación, se desarrolló una campaña de concientización para el uso responsable del servicio de energía eléctrica. Se coordinaron visitas a los cuatro centros educativos involucrados en el proyecto, donde se brindaron charlas a los alumnos y docentes sobre el uso adecuado y responsable de los aparatos y equipos que consumen energía eléctrica.

En cada charla impartida a los estudiantes y docentes se desarrollaron actividades interactivas donde se demostró el costo que genera el mal uso de los aparatos electrodomésticos que se emplean de forma cotidiana, no solo en los establecimientos sino en los hogares de los involucrados.

Se colocó material visual en cada una de las aulas y se entregó a los directores una guía para el fomento de las buenas prácticas para el consumo de energía, que se describe en los anexos de este documento, los rótulos utilizados son los siguientes:

Figura 49.

Campaña de concientización



Nota. Diseño de los afiches utilizados en la campaña de concientización en los centros educativos. Elaboración propia, realizado con Canva.

5. ELABORAR UN PLAN DE CAPACITACIÓN PARA GARANTIZAR LA INTEGRIDAD DE LOS OPERARIOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

5.1. Diagnóstico de necesidad de capacitación

Entre las herramientas más usadas para detectar las necesidades de capacitación están:

- Cuestionario
- Entrevista
- Observación
- Descriptores de puestos
- Evaluación de desempeño

Para poder definir los temas en los cuales los operarios tanto del tren de aseo, centro de acopio y planta de tratamiento necesitan capacitación, se realizaron varias visitas a la planta de tratamiento para revisar los procesos desarrollados por cada operario en su puesto de trabajo.

Después de observar directamente la operación se procedió a realizar una serie de preguntas a través de entrevistas informales para determinar las necesidades de conocimiento, según los colaboradores.

Figura 50.

Encuesta al personal operativo



ENCUESTA PARA EL PERSONAL OPERATIVO DEL SISTEMA DE MANEJO DE
DESECHOS SÓLIDOS DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA,
DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

Unidad o área de trabajo a la que pertenece: _____

Instrucciones: a continuación, se le presenta una serie de preguntas, de la manera más atenta se le solicita responder de forma consciente.

1. ¿Cuál es su último año de estudios aprobado?

2. ¿Qué conocimientos o cursos adicionales posee?

3. ¿Ha laborado anteriormente en puestos similares?

Sí No ¿Cuántos años?: _____

4. ¿Qué actividades realiza?

5. ¿Cómo realiza su trabajo?

6. ¿Dónde realiza su trabajo?

7. ¿Cuánto tiempo tarda su jornada de trabajo?

8. ¿Cuenta con herramienta, equipo e insumos necesarios para desarrollar su trabajo?

Sí No

9. ¿Ha sido capacitado?, si su respuesta es afirmativa indique cada cuánto

Sí No Cada: _____

10. Para desarrollar correctamente sus actividades, ¿Qué temas necesita conocer o reforzar?

Nota. Encuesta para el diagnóstico de las necesidades del personal operativo del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Los resultados obtenidos del cuestionario efectuado se muestran en las tablas siguientes:

Tabla 104.

Respuesta pregunta 1, encuesta personal operativo

Último grado aprobado	
Respuesta	Frecuencia
Ninguno	7
Primero primaria	6
Tercero primaria	4
Sexto primaria	2
Tercero básico	3

Nota. Detalle del nivel escolar que tienen los operarios del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 105.

Respuesta pregunta 2, encuesta personal operativo

Conocimientos o cursos adicionales	
Respuesta	Frecuencia
Ninguno	2
Carpintería	8
Herrería	4
Conducción	5
Otros	3

Nota. Habilidades aprendidas por los operarios del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 106.*Respuesta pregunta 3, encuesta personal operativo*

Experiencia en puestos similares		
Respuesta	Frecuencia	Años de experiencia
No	3	0
	6	3
Sí	12	4
	1	6

Nota. Experiencia de los operarios del servicio de recolección y PTDS en puestos similares y duración en el puesto actual. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 107.*Respuesta pregunta 4, encuesta personal operativo*

Actividades realizadas	
Respuesta	Frecuencia
Barrido y limpieza de calles	2
Clasificación de desechos	4
Cobro de servicio	1
Conducir unidades recolectoras	2
Elaboración de abono orgánico	4
Elaboración de pacas de cartón	1
Elaboración de pacas de desecho	3
Recolección de desechos	4

Nota. Detalle del puesto y área de trabajo en la que opera cada uno de los colaboradores del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 108.*Respuesta pregunta 5, encuesta personal operativo*

Cómo realiza el trabajo	
Respuesta	Frecuencia
Como lo solicita el encargado de planta	8
Copiando lo que hacen los otros operarios	6
De la forma en que se indicó cuando inicio el contrato	5
Cambia según el área de trabajo asignada	3

Nota. Descripción de la instrucción del trabajo que realiza cada operario en su área asignada. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 109.*Respuesta pregunta 6, encuesta personal operativo*

Dónde realiza el trabajo	
Respuesta	Frecuencia
Centro de acopio	3
Planta de tratamiento	13
Tren de aseo	6

Nota. Segmento del servicio de recolección o PTDS donde los operarios desarrollan sus actividades diariamente. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 110.*Respuesta pregunta 7, encuesta personal operativo*

Duración jornada de trabajo	
Respuesta	Frecuencia
6 horas de lunes a viernes y 5 horas sábado y domingo	3
8 horas de lunes a viernes y 4 horas sábado y domingo	6
9 horas de lunes a viernes	13

Nota. Descripción del tiempo de operación de cada uno de los colaboradores del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 111.*Respuesta pregunta 8, encuesta personal operativo*

Cuenta con equipo, herramientas e insumos para realizar su trabajo	
Respuesta	Frecuencia
Sí	13
No	9

Nota. Situación en cuanto al equipo, herramientas e insumos con los que cuentan los colaboradores del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 112.*Respuesta pregunta 9, encuesta personal operativo*

Ha sido capacitado		
Respuesta	Frecuencia	Cada cuánto
Sí	12	6 meses
	7	1 año
No	3	

Nota. Situación en cuanto a las capacitaciones y la periodicidad que tiene los operarios. Elaboración propia, realizado con Excel.

Tabla 113.*Respuesta pregunta 10, encuesta personal operativo*

Temas para conocer o reforzar	
Respuesta	Frecuencia
Manejo de vidrio	4
Primeros auxilios	2
Enfermedades que se contraen por manejo de desechos	6
Como evitar accidentes en el lugar de trabajo	7
Equipo y herramientas para cada área de trabajo	3

Nota. Detalle de los temas de interés de los operarios del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Como componente del proceso de desarrollo del recurso humano, la capacitación implica, por un lado, una sucesión definida de condiciones y etapas orientadas a lograr la integración del colaborador a su puesto en la organización, el incremento y mantenimiento de su eficiencia, así como su progreso personal y laboral en la institución.

Por otro lado, implica un conjunto de métodos, técnicas y recursos para el desarrollo de los planes y la implantación de acciones específicas de la empresa para su normal desarrollo. En tal sentido la capacitación constituye un factor importante para que el colaborador brinde el mejor aporte en el puesto asignado, ya que es un proceso constante que busca la eficiencia y la mayor productividad en el desarrollo de sus actividades, asimismo, contribuye a elevar el rendimiento, la moral y el ingenio creativo del colaborador.

Pero si el proceso de capacitación no satisface las necesidades de los colaboradores el propósito de la capacitación no se cumple, por ello y en función de las respuestas obtenidas en el cuestionario y con la utilización de un formato para realizar el análisis de riesgos por oficio de cada uno de los puestos de trabajo se determinó como resultado que los temas en los cuales los operarios requerían formación eran:

- Responsabilidad y compromiso de cada operario en su área de trabajo
- Seguridad y salud ocupacional
- Higiene y cuidado personal
- Manejo de desechos sólidos
- Uso correcto del equipo de protección personal

5.2. Plan de capacitación

Sabiendo que el recurso más importante y valioso con el que se cuenta en la planta de tratamiento y servicio de recolección de desechos sólidos es el personal, se hace necesario capacitar al personal para garantizar su integridad física y a la vez reafirmar los compromisos obtenidos por cada operario según su puesto de trabajo.

Esto debido a que, a pesar de la dotación constante de EPP a los operarios del servicio de recolección y planta de tratamiento, los operarios se reusan a usarlo de forma permanente y adecuada, además, en varias ocasiones los operarios han desarrollado los procedimientos de forma incorrecta, reduciendo los productos finales obtenidos y afectando el trabajo de sus compañeros.

Por ello, a continuación, se detalla la propuesta para el plan de capacitación para el personal operativo del sistema de manejo de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro La Laguna, la cual incluye un programa de capacitación y un sistema de evaluación.

5.2.1. Justificación

Para una organización o entidad que se dedica a prestar servicio, donde hay un cliente al cual satisfacerle una necesidad la conducta y el rendimiento de los individuos influye directamente en la capacidad y calidad de los servicios que se brindan.

Un equipo de trabajo motivado es el pilar fundamental para que las organizaciones exitosas alcancen sus objetivos. Estos aspectos, además de construir dos fuerzas internas de gran importancia para que una organización

alcance elevados niveles de competitividad, son parte esencial de los fundamentos en que se basan los nuevos enfoques administrativos u operativos.

La particularidad de una fuerza de trabajo motivada está en la calidad del trato que recibe en sus relaciones individuales que tiene con los compañeros y superiores, en la confianza, el respeto y consideración que sus jefes les generan diariamente. Otro aspecto importante, es el ambiente laboral y la medida en que se exige a cada operario el cumplimiento de sus labores sin favoritismo o privilegios.

Por tal razón, a capacitación busca mantener, modificar o cambiar las actitudes y comportamientos de las personas dentro de las organizaciones, buscando la optimización del trabajo, mejora y garantía de un servicio al cliente de calidad.

5.2.2. Alcance

El presente plan de capacitación es de aplicación para todo el personal operativo de la planta de tratamiento, tren de aseo y centro de acopio de la municipalidad de San Pedro La Laguna.

5.2.3. Fines del Plan

- Retroalimentar los procesos que se desarrollan en cada estación de trabajo concerniente al manejo de desechos sólidos.
- Reducir las enfermedades ocupacionales y los posibles riesgos a los que se exponen los operarios diariamente.
- Minimizar los costos directos e indirectos a la municipalidad, mediante la obtención de materiales reciclables en óptimas condiciones.

- Que cada uno de los operarios conozca las obligaciones y derechos que le corresponden según su puesto de trabajo.
- Dotar al personal del equipo de protección personal acorde a las actividades que desarrolla diariamente.

5.3. Objetivos de la capacitación

- Preparar al personal para la ejecución eficiente de sus responsabilidades y tareas asignadas.
- Resguardar la integridad del personal operativo del sistema de manejo de desechos sólidos.
- Modificar actitudes para contribuir a crear un clima de trabajo satisfactorio.
- Incrementar la motivación del trabajador y hacerlo más receptivo a la supervisión y acciones de gestión.
- Proporcionar orientación e información relativa a los objetivos de la institución su organización, funcionamiento, normas y políticas.
- Proveer conocimientos y desarrollar habilidades que cubran la totalidad de requerimientos para el desempeño de puestos específicos en cada área de trabajo.
- Actualizar y ampliar los conocimientos requeridos en áreas especializadas de la actividad que realiza cada operario.
- Contribuir a elevar y mantener un buen nivel de eficiencia individual y rendimiento colectivo.
- Ayudar en la preparación de personal calificado acorde con los planes, objetivos y requerimientos de la institución.

5.4. Metas

Capacitar al 100 % del personal operativo de la planta de tratamiento, tren de aseo y centro de acopio municipal

5.5. Estrategias

- Desarrollo de trabajos prácticos que se vienen realizando cotidianamente
- Presentación de casos del área de trabajo del personal operativo
- Metodología de exposición-diálogo
- Exámenes al final de las capacitaciones para evaluar el aprendizaje obtenido por parte de los operarios

5.6. Recursos

Los recursos por utilizar para la propuesta del plan de capacitación son humanos y materiales. Los recursos humanos lo conforman:

- Participantes
- Facilitadores y expositores especializados en la materia

Entre los recursos materiales se encuentran:

- Infraestructura: ambientes adecuados, proporcionados por la municipalidad de San Pedro la Laguna.
- Mobiliario y equipo: sillas, mesas de trabajo, computadora, cañonera y televisión.
- Documentos: formatos de asistencia, hojas de evaluación, entre otros.

5.7. Resultados esperados

El resultado esperado, en general, es el de aumentar la productividad de la institución y que se haga más rentable para obtener mayores ganancias y una mejor calidad en el servicio prestado esto se logrará cuando todos los colaboradores se encuentren preparados para realizar las actividades que requieren cada puesto de trabajo con la implementación del plan de capacitación se espera cubrir varias necesidades de conocimiento que la mayoría de los colaboradores tiene se espera que los trabajadores:

- Hagan conciencia de los peligros que conlleva la manipulación y manejo de residuos y desechos, para que utilicen todo el equipo necesario para proteger su integridad.
- Conozcan y cumplan los procedimientos establecidos para el manejo y transporte de desechos sólidos.
- Conozcan los métodos de medición del trabajo que se utilizan y se esfuercen por alcanzar buenos resultados.
- Conozcan procedimientos de emergencia en general y estén preparados para cualquier situación de peligro.
- Aumenten su productividad realizando de manera eficiente sus actividades diarias.
- Se sientan satisfechos y motivados con las actividades que realizan para reducir el impacto ambiental mediante el manejo adecuado de los desechos sólidos.

5.8. Costos

Los costos por capacitación del personal operativo no son elevados debido a que se utilizarán las instalaciones de la municipalidad y de la planta de tratamiento. Se desarrollan dentro del horario laboral de los operarios, pero se eligen horarios estratégicos para no afectar sus actividades diarias e impedir costos por pago de horas extras. Pero para determinar el costo total de las capacitaciones desarrolladas, se definen los costos, tomando los siguientes parámetros:

- Gastos salariales
- Gastos directos de capacitación
- Otros gastos directos de capacitación

Iniciando con los gastos salariales, determinando el pago proporcional correspondiente al tiempo invertido por el colaborador para asistir a cada una de las capacitaciones impartidas, estos costos quedan de la siguiente forma:

Tabla 114.*Costo de hora de trabajo por colaborador*

Puesto	Mensual	Diario	Por hora
Administrador	Q 3,000.00	Q 100.00	Q 12.50
Encargado Compostaje	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Operario Compostaje	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Operario Compostaje	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Operario Compostaje	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Operario Reciclaje	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Operario Reciclaje	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Operario Reciclaje	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Operario Reciclaje	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Encargado Relleno	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Operario Relleno	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Operario Relleno	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Barrendero	Q 2,300.00	Q 76.67	Q 9.58
Barrendero	Q 2,200.00	Q 73.33	Q 9.17
Barrendero	Q 2,200.00	Q 73.33	Q 9.17
Piloto	Q 2,800.00	Q 93.33	Q 11.67
Piloto	Q 2,800.00	Q 93.33	Q 11.67
Recolector	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Recolector	Q 2,800.00	Q 93.33	Q 11.67
Recolector	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Recolector	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Recolector	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Epesista	Q 2,500.00	Q 83.33	Q 10.42
Capacitador	Q 6,000.00	Q 200.00	Q 25.00
Bombero	Q 1,500.00	Q 50.00	Q 6.25
Bombero	Q 1,500.00	Q 50.00	Q 6.25
	Q 67,100.00	Q 2,236.67	Q 279.58

Nota. Cálculo del costo que representa la capacitación del personal operativo del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Adicionalmente para cada capacitación se requieren instructores, planificación, insumos, materiales, alimentación, entre otros. Los cuales se detallan a continuación:

Tabla 115.

Costos por capacitación

Componentes de Gastos	Cursos impartidos			
	Curso 1	Curso 2	Curso 3	Curso 4
Salarios participantes	Q 127.08	Q 127.08	Q 137.50	Q 127.08
Instructores internos	Q 10.42	Q 10.42	Q 10.42	Q 10.42
Instructores externos				Q 25.00
Desarrollo curricular	Q 25.00	Q 25.00	Q 25.00	Q 25.00
Materiales	Q 30.00	Q 30.00	Q 30.00	Q 30.00
Equipos y soportes	Q 50.00	Q 50.00	Q 50.00	Q 50.00
Alquiler de equipo	Q 10.00	Q 10.00	Q 10.00	Q 10.00
Viajes y hospedajes				Q 250.00
Alimentación	Q 180.00	Q 180.00	Q 195.00	Q 260.00
Gastos administrativos	Q 83.33	Q 83.33	Q 83.33	Q 83.33
Gastos de identificación de necesidades	Q 83.33	Q 83.33	Q 83.33	Q 83.33
Computadora	Q 571.43	Q 571.43	Q 571.43	Q 571.43
Hojas de papel	Q 15.00	Q 15.00	Q 15.00	Q 15.00
Material de oficina	Q 14.29	Q 14.29	Q 14.29	Q 14.29
Impresora y tinta	Q 15.00	Q 15.00	Q 15.00	Q 15.00
Gastos totales de capacitación	Q 1,214.87	Q 1,214.87	Q 1,240.29	Q 1,569.87
Número de trabajadores	12	12	13	12
Gasto promedio por trabajador	Q 101.24	Q 101.24	Q 95.41	Q 130.82
Gasto promedio por hora de capacitación	Q 1,214.87	Q 1,214.87	Q 1,240.29	Q 1,569.87

Continuación de tabla 116.

Componentes de Gastos de Capacitación	Cursos impartidos		
	Curso 5	Curso 6	Curso 7
Sueldos participantes	Q 127.08	Q 94.17	Q 94.17
Instructores internos	Q 10.42	Q 10.42	Q 10.42
Instructores externos	Q 12.50		
Desarrollo curricular	Q 25.00	Q 25.00	Q 25.00
Materiales	Q 30.00	Q 20.00	Q 20.00
Equipos y soportes	Q 50.00	Q 50.00	Q 50.00
Alquiler de equipo	Q 10.00	Q 10.00	Q 10.00
Viajes y hospedajes	Q 100.00		
Alimentación	Q 280.00	Q 135.00	Q 135.00
Gastos administrativos	Q 83.33	Q 83.33	Q 83.33
Gastos de identificación de necesidades	Q 83.33	Q 83.33	Q 83.33
Computadora	Q 571.43	Q 571.43	Q 571.43
Hojas de papel	Q 15.00	Q 10.00	Q 10.00
Material de oficina	Q 14.29	Q 14.29	Q 14.29
Impresora y tinta	Q 15.00	Q 10.00	Q 10.00
Gastos totales de capacitación	Q 1,427.37	Q 1,116.96	Q 1,116.96
Número de trabajadores	12	9	9
Gasto promedio por trabajador	Q 118.95	Q 124.11	Q 124.11
Gasto promedio por hora de capacitación	Q 713.69	Q 1,116.96	Q 1,116.96

Nota. Resumen de la inversión requerida para el desarrollo del plan de capacitación al personal operativo del servicio de recolección y PTDS. Elaboración propia, realizado con Excel.

Con un gasto acumulado de Q 8,901.22 y un total de 22 colaboradores capacitados, se define un costo promedio por capacitación impartida de Q 1,169.65, costo que fue cubierto por la administración municipal y un colaborador como parte del desarrollo del presente proyecto de Ejercicio Profesional Supervisado.

5.9. Metodología

Debido a los horarios de trabajo de los operarios, se consideraron varios puntos para poder programar las capacitaciones, tales como: fecha de desarrollo de las capacitaciones, lugar para impartir las capacitaciones y que las capacitaciones tuvieran una duración máxima de 1 hora.

Contando con el apoyo y aprobación de la DIGAM, se coordinaron las capacitaciones dividiendo a los operarios en 2 grupos:

- Operarios de la planta de tratamiento
- Operarios del servicio de recolección.

Figura 51.

Capacitaciones



Nota. Imágenes de las sesiones realizadas con los operarios del servicio de recolección y PTDS de San Pedro La Laguna. Elaboración propia.

Las capacitaciones se desarrollaron en horarios previamente establecidos para no afectar las labores de los operarios, reuniéndose con el grupo 1 en la planta de tratamiento y con el grupo 2 en las instalaciones de la municipalidad.

Cada reunión se desarrolló con el orden siguiente:

- Bienvenida a los participantes
- Presentación del capacitador y del tema a impartir
- Ejercicio práctico
- Evaluación de los participantes sobre los conocimientos adquiridos
- Agradecimientos y refrigerio

5.10. Programación

Con base a lo expuesto por la encargada de la planta de tratamiento, donde expone que no es posible detener la operación de la planta de tratamiento, todas las capacitaciones fueron programadas el martes o jueves después del mediodía o en horarios especiales.

Con los operarios del servicio de recolección, se programaron las capacitaciones lunes o miércoles después de las 16:00 horas para evitar alterar sus actividades laborales.

Los temas impartidos y sus detalles se describen en la tabla siguiente:

Tabla 116.*Programación de capacitaciones*

Fecha	Tema	Responsable	Dirigida a:	Participantes
Octubre 10 del 2019	Higiene básica para la salud	Claudia Mérida	Grupo 1	12
Octubre 17 del 2019	Medidas de seguridad laboral	Claudia Mérida	Grupo 1	12
Octubre 24 del 2019	Enfermedades transmitidas por contacto	Claudia Mérida	Grupo 1	13
Octubre 29 del 2019	Manejo de desechos sólidos	Claudia Mérida	Grupo 1	13
Noviembre 07 del 2019	Primeros auxilios	Claudia Mérida y bomberos voluntarios	Grupo 1	12
Noviembre 11 del 2019	Seguridad y salud ocupacional	Claudia Mérida	Grupo 2	8
Diciembre 18 del 2019	Alternativas de mejora al servicio de recolección	Claudia Mérida	Grupo 2	9
Febrero 13 del 2020	Preparación y manejo del vidrio	Claudia Mérida y personal de VICAL	Grupo 1	14

Nota. Detalle de los temas impartidos en las capacitaciones al personal operativo, con el responsable asignado y el nivel de participación obtenido. Elaboración propia, realizado con Excel.

Es importante que este tipo de actividades se programen con una frecuencia no mayor a seis meses, para garantizar el conocimiento de los operarios por la rotación de personal u otras situaciones que pudieran afectar la formación de los operarios.

5.11. Evaluación de las capacitaciones impartidas

Para cada una de las capacitaciones se elaboraron presentaciones con definiciones y videos de las actividades desarrolladas en cada puesto de trabajo y las consecuencias que tiene una ejecución deficiente. Con esto, se logró que los operarios expresaran sus experiencias y conocimiento obtenido, para definir las acciones para mejorar los procesos establecidos.

En el intercambio de experiencias, destacó la capacitación sobre los primeros auxilios, donde se hizo un simulacro de herida punzocortante grave, demostrando que en ocasiones la vida de uno de los operarios puede ponerse en riesgo por malas prácticas y que el conocimiento de la correcta aplicación de torniquetes o curaciones se puede salvar la vida de un compañero de trabajo.

Luego de cada capacitación se pidió a los operarios que valoraran los métodos y contenidos impartidos, los resultados obtenidos se describen a continuación:

Figura 52.

Encuesta para el personal del servicio de recolección y PTDS



ENCUESTA PARA EL PERSONAL DEL SERVICIO DE REOLECCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA.

Instrucciones: Coloque una X en la respuesta que considere adecuada.

No.	Descripción	Deficiente	Aceptable	Bueno
1	El contenido de la capacitación es			
2	El dominio del tema por parte del capacitador es			
3	El aprovechamiento del tiempo para impartir la capacitación es			
4	Los materiales y la metodología utilizada es			
5	Los objetivos para esta actividad son			
		Si	No	Tal vez
6	Esta capacitación cumplió con lo que esperaba			
7	El contenido de esta capacitación agrega valor a sus conocimientos			
8	Le gustaría recibir más capacitaciones sobre estos temas			

Nota. Encuesta para determinar el nivel de satisfacción de los operarios en cuanto a los cursos impartidos. Elaboración propia, realizado con Word.

Los resultados obtenidos se describen en la siguiente tabla:

Tabla 117.*Resultados de las encuestas*

No.	Descripción	Deficiente	Aceptable	Bueno
1	El contenido de la capacitación es	0	0	22
2	El dominio del tema por parte del capacitador es	0	0	22
3	El aprovechamiento del tiempo para impartir la capacitación es	0	3	19
4	Los materiales y la metodología utilizada es	0	0	22
5	Los objetivos para esta actividad son	0	4	18
		Si	No	Tal vez
6	Esta capacitación cumplió con lo que esperaba	20	0	2
7	El contenido de esta capacitación agrega valor a sus conocimientos	22	0	0
8	Le gustaría recibir más capacitaciones sobre estos temas	22	0	0

Nota. Nivel de comprensión y satisfacción de los operarios en cuanto a los temas impartidos. Elaboración propia, realizado con Excel.

De los resultados anteriores se puede inferir que la totalidad de los operarios opina que el contenido de las capacitaciones es el bueno, por lo que los conocimientos obtenidos son efectivos.

El conocimiento de los temas impartidos por cada uno de los capacitadores cumple con los requerimientos por parte de los operarios.

El aprovechamiento del tiempo durante las capacitaciones según los operarios es bueno en un 86 %, el 14 % restante considera que se requieren más actividades prácticas durante las capacitaciones.

La totalidad de los operarios opina que los materiales y la metodología utiliza les ayudó a comprender el contenido de las capacitaciones de forma fácil.

En cuanto a los objetivos de las capacitaciones, los operarios consideran en un 82 % que son buenos, el 18 % restante se siente intimidado al imponerle el uso de EPP ya que se sienten seguros sin el uso de este.

El 91 % de los operarios están completamente satisfechos con los resultados obtenidos, el 9 % esperaba que durante la capacitación se le dotará de nuevo EPP y herramientas para el desarrollo de sus actividades diarias.

El 100 % de los operarios considera que los conocimientos obtenidos podrán ser aplicados en sus actividades diarias y les ayudarán a mejorar los procesos.

El 100 % de los operarios están dispuestos a recibir más capacitaciones referentes a seguridad y salud ocupacional, relacionados al manejo de desechos sólidos.

5.12. Resultados obtenidos

Dentro de los resultados obtenidos destaca que se logró la formación de los operarios en temas de seguridad y salud ocupacional, relacionada al manejo de desechos sólidos, generando un formato para el registro de incidentes y accidentes generados.

Con la capacitación que se impartió por personal de VICAL, además de los conocimientos obtenidos para el manejo correcto del vidrio, se logró la donación de EPP y accesorios para los operarios, la donación recibida consta de los siguiente:

- 2 toneles metálicos para el almacenamiento de residuos de vidrio no reciclable
- 3 pares de botas industriales (usadas)
- 15 pares de gafas de seguridad industrial transparentes
- 2 pares de guantes de cuero resistentes al corte
- 24 botellas de vidrio para uso personal de los operarios

Figura 54.

Donaciones

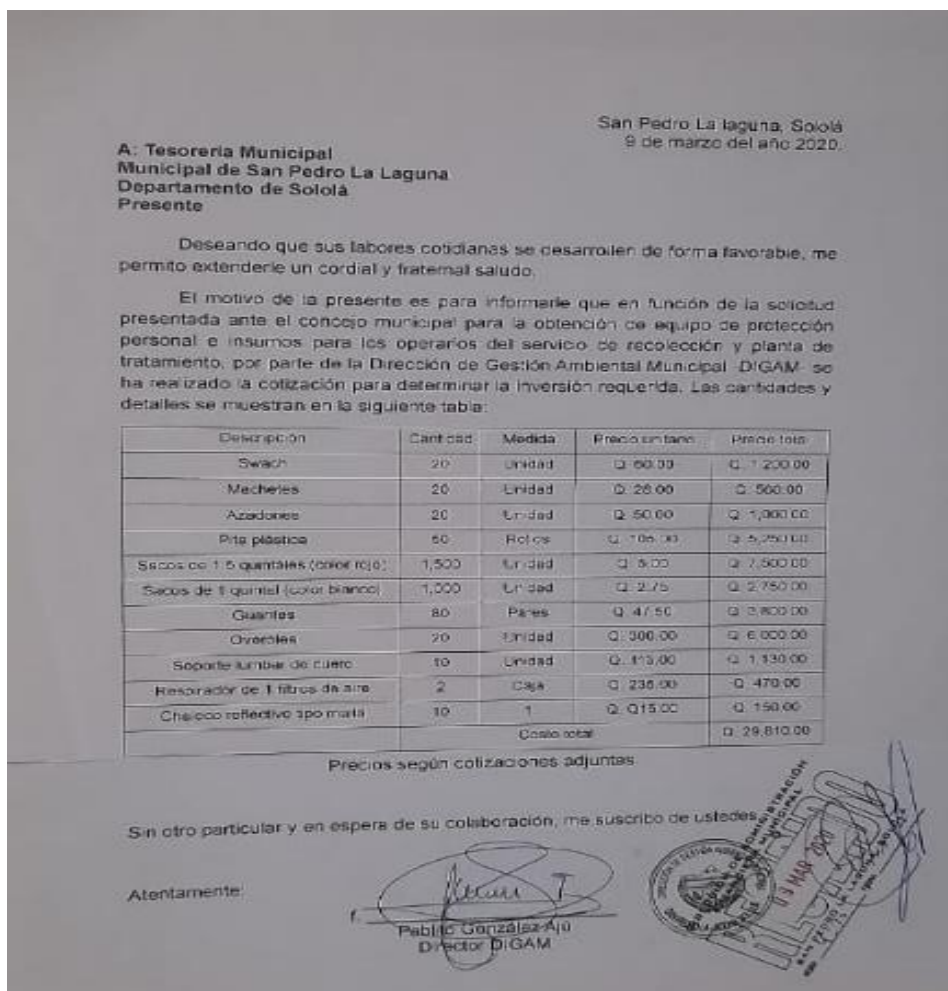


Nota. Fotografía de los operarios con las donaciones recibidas durante las capacitaciones impartidas. Elaboración propia.

Mediante la cotización con diferentes casas comerciales se gestionó la compra de equipo de seguridad y herramientas de trabajo para los operarios, con el apoyo de la DIGAM y la ejecución de la Tesorería Municipal. En la imagen siguiente se valida la orden de compra que se ejecutará por la tesorería municipal

Figura 55.

Orden de compra



Nota. Carta de aprobación de la compra de EPP y EPC para los operarios del servicio de recolección y PTDS por parte de la tesorería municipal. Elaboración propia, realizado con Open cámara.

Debido a la constante visita de estudiantes y civiles a la planta de tratamiento se requiere un registro, por lo que se propone el uso de la siguiente bitácora de registro de visitantes:

Figura 56.

Bitácora de registro de visitantes



DIRECCIÓN DE GESTIÓN
AMBIENTAL MUNICIPAL -DIGAM-
Tel: 77218207 Ext:



**Planta de tratamiento de
desechos sólidos de San Pedro La Laguna**

Registro de visitas

Fecha	Nombre	Profesión	Procedencia	Motivo de visita

Nota. Propuesta del formato para el registro de visitas que ingresan a la PTDS. Elaboración propia, realizado con Word.

5.12.1. Constancia de asistencia a las capacitaciones

Como se indicó en la metodología, los operarios se dividieron en dos grupos, el primero corresponde a la planta de tratamiento, donde se desarrollaron 5 capacitaciones de las cuales se muestra el listado de asistencia a continuación:

Figura 57.

Constancia de asistencia a las capacitaciones

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA

LISTADO DE ASISTENCIA

Capacitaciones sobre la salud y seguridad ocupacional en los empleados de la planta de tratamiento de desechos sólidos

NOMBRES	Higiene Básica 10/10/19	Medidas de Seguridad 17/10/19	Enfermedades transmitidas por contacto 24/10/19	Manejo de Desechos sólidos 29/10/19	Primeros Auxilios Noviembre
María Chavajay Méndez					
Andrea Griselda González Cotuc					
Ana Pop Sosof					
Santos Navichoc Quiacain					
Luis Miguel Caniz Pop					
Nicolas Matzar Bixcul					
Domingo Abraham Tuch Cotuc					
Manuel González					
Juan Matzar Navichoc					
Antonio Morales Quiacain					
Domingo García					
Antonio Pop					

Nota. Registro de asistencia de los operarios de la PTDS a cada una de las capacitaciones impartidas. Elaboración propia, realizado con Open Cámara.

Para validar las capacitaciones al personal del servicio de recolección se adjuntan las hojas de asistencia empleadas

Figura 58.

Hojas de asistencia

ASISTENCIA PARA EL PERSONAL DEL ÁREA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.

Fecha: 11 de noviembre de 2019
 Responsable: Claudia Doral Méndez Cano
 Actividad: Capacitación sobre Seguridad y Salud Ocupacional

No.	Nombre	Puesto	Firma
1	Nicolás Cruz Ochi	Recolector de Basura I	[Firma]
2	Felipe Coche Baran	Recolector de Basura II	[Firma]
3	Mario Cruz Chavajay	Recolector de Basura III	[Firma]
4	Vicente Méndez Quacain	Recolector de Basura IV	[Firma]
5	Félix Choy González	Barrendero I	[Firma]
6	Agustín Quien Quacain	Barrendero II	[Firma]
7	Rosalía González Pichilla	Barrendero III	[Firma]
8	Luciano Clemente Tzamal Rocché	Piloto I	[Firma]
9	Ventura Tuch Quacain	Piloto III	[Firma]
10			
11			

ASISTENCIA PARA EL PERSONAL DEL ÁREA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.

Fecha: 18 de diciembre de 2019
 Responsable: Claudia Doral Méndez Cano
 Actividad: Capacitación sobre alternativa de mejora al servicio de recolección

No.	Nombre	Puesto	Firma
1	Nicolás Cruz Ochi	Recolector de Basura I	[Firma]
2	Felipe Coche Baran	Recolector de Basura II	[Firma]
3	Mario Cruz Chavajay	Recolector de Basura III	[Firma]
4	Vicente Méndez Quacain	Recolector de Basura IV	[Firma]
5	Félix Choy González	Barrendero I	[Firma]
6	Agustín Quien Quacain	Barrendero II	[Firma]
7	Rosalía González Pichilla	Barrendero III	[Firma]
8	Luciano Clemente Tzamal Rocché	Piloto I	[Firma]
9	Ventura Tuch Quacain	Piloto III	[Firma]
10			
11			

Nota. Registro de asistencia de los operarios del servicio de recolección a cada una de las capacitaciones impartidas. Elaboración propia, realizado con Open Cámara.

CONCLUSIONES

1. El sistema de recolección separativo que se emplea en San Pedro La Laguna permite determinar la proporción de desechos sólidos que son recolectados y dispuestos en la planta de tratamiento, siendo los del tipo orgánico los más producidos con el 59 %, los inorgánicos con un 37 % y finalmente los materiales reciclados con un 4 %.
2. Documentación de los 10 procedimientos actuales en el proceso de recolección, clasificación y transformación que se desarrollan en cada una de las estaciones de trabajo de la planta de tratamiento para evitar la duplicidad de acciones en cada área.
3. Con el resultado del monitoreo de las rutas del tren de aseo municipal se determina su nivel de cobertura al 97 % de la población, definiendo la calidad de separación de los desechos sólidos, efectuando la propuesta de mejora correspondiente mediante la elaboración de mapeo de rutas actuales y las propuestas para obtener un ahorro de 16 horas y 31 minutos a la semana en los tiempos de operación.
4. Los productos recuperados en la planta de tratamiento fueron documentados para realizar las proyecciones de generación y determinar la rentabilidad del manejo de desechos sólidos que realiza la municipalidad de San Pedro La Laguna determinando un costo beneficio de 0.17, que indica que actualmente, por cada quetzal invertido la municipalidad pierde 87 centavos.

5. Se elaboraron y distribuyeron guías para el consumo responsable de la energía eléctrica y material visual para fomentar los hábitos correspondientes en los alumnos y docentes de los centros educativos del cantón Chuasanahí.
6. Se realizó un plan piloto para instalar luminarias de tecnología Led en el IMEB Luisa y Benjamín Paúl para demostrar el ahorro energético y económico que genera la correcta utilización de las instalaciones y de las nuevas tecnologías de ahorro energético, obteniendo un ahorro en consumo de 1,268.6 kWh/mes.
7. A través de capacitaciones dirigidas al personal de la planta de tratamiento y servicio de recolección, se dotó al personal del conocimiento en Primeros auxilios, respuesta ante incidentes y accidentes en su área de trabajo y se logró la implementación de EPP adecuado a cada una de las estaciones de trabajo.
8. Se coordinó la gestión de equipo de protección personal para los operarios del servicio de recolección y planta de tratamiento, obteniendo una donación por parte de VICAL.
9. Se establecieron las líneas de acción necesarias para la obtención de un servicio de tratamiento para los desechos sólidos peligrosos, mediante la adquisición de un servicio tercerizado, para garantizar la seguridad e integridad de los involucrados en el manejo de desechos sólidos a nivel municipal.

RECOMENDACIONES

1. Revisar el proceso actual del servicio mediante el uso del formato de evaluación del servicio de recolección del tren de aseo municipal, con el cálculo de la rentabilidad del manejo de desechos sólidos, determinando acciones para reorientarlo con base en el beneficio que representará para la conservación del ambiente y la salud de la población.
2. Implementar actividades de información, educación y comunicación que contribuyan a concientizar a la población respecto a su papel en la conservación del medio ambiente, a través de buenas prácticas en la eliminación de desechos y la clasificación de estos. Esto se logrará mediante la cooperación de la DIGAM, elaborando afiches, rótulos y folletos informativos que deberán ser divulgados por el área de comunicación en el idioma local Tzutujil, español e inglés para garantizar su cobertura a nivel municipal.
3. Coordinar acciones con instituciones públicas y privadas relacionadas con la conservación del ambiente, mediante la aplicación de la metodología castigo-recompensa, sancionando a quienes incumplan la normativa establecida y premiando a quienes fomenten las acciones establecidas por la DIGAM, para maximizar recursos unificando esfuerzos para garantizar la disposición final de los desechos y materiales que se recolectan actualmente por el servicio del tren de aseo.

4. Concienciar a los responsables del equipo y maquinaria al respecto de los beneficios del mantenimiento preventivo, para garantizar que se cuente con el equipo necesario para el desarrollo óptimo de sus actividades diarias. Esto mediante la actualización de los procedimientos y evaluación del rendimiento operativo en los resultados registrados por el administrador de la planta de tratamiento del trabajo hombre-máquina versus trabajo sin maquinaria.
5. Destinar recursos humano y financiero para invertir en el mantenimiento preventivo de las maquinarias y vehículos que dispone para el manejo de desechos sólidos, pero de manera urgente debe reparar la compactadora que está dañada, pues la producción de pacas de desechos es indispensable en la operación de la planta para la reducción de desechos dispuestos en el relleno sanitario. Para ello deberá implementar programas de mantenimiento preventivo y solo correctivo.
6. Coordinar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para la instalación eléctrica de los centros educativos del cantón Chuasanaí, para evitar fallas en el servicio. Adicionalmente es indispensable que se continúe con el proyecto de implementación de luminarias led para la reducción de costos del servicio.
7. Seguir el procedimiento adecuado para la dotación y capacitación de personal, realizando pruebas y entrevistas; utilizando criterios profesionales y objetivos a la hora de elegir al candidato que se encuentre mejor preparado y que cumpla los requisitos que el puesto de trabajo necesita utilizando los descriptores de puestos.

REFERENCIAS

- Acuerdo Municipal Número 111-2016. (2016). *Acuerdo para prohibir el uso, venta y distribución de bolsas plásticas, duroport, pajillas y derivados en el municipio de San Pedro La Laguna, Sololá*. 2 de septiembre de 2016.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *Manual de manejo de desechos sólidos*. Tegucigalpa: Gabriela Rischmagui
- Bravo, M. (2013). *Diseño de rutas de recolección de residuos sólidos para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos*. (Trabajo de graduación licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Orozco, J. (2013). *Desarrollo de sistemas de gestión para la recolección y planta de tratamiento de residuos sólidos en San Pedro Sacatepéquez, y para la planta de tratamiento de aguas residuales en San Antonio Sacatepéquez, San Marcos*. (Trabajo de graduación licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua española* (23ª edición). Madrid: Autor. Recuperado de <http://dle.rae.es/?w=diccionario>

APÉNDICES

Apéndice 1.

Listado de asistencia



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA



LISTADO DE ASISTENCIA

TEMA O ASUNTO DE LA REUNION:

NOMBRE	FIRMA O HUELLA DIGITAL

Nota. Formato para el registro de asistencia. Elaboración propia.

Apéndice 2.

Formato de monitoreo del tren de aseo



MONITOREO EXTRACCION DE DESECHOS SOLIDOS TREN DE ASEO



FECHA: _____ RESPONSABLE: _____


OBSERVACIONES: _____

No.	NOMBRE	PAGO TOTAL POR EL SERVICIO EN QUETZALES					Calidad de separación de los Desechos Solidos	ACUERDO 111-2016		CANTIDAD DE DESECHOS RECOLECTADOS			OBSERVACIONES GENERALES
		L	M	M	J	V		Cumple	No Cumple	O-CUBETA-	I-COSTAL-	R-COSTAL-	
1													
2													

Nota. Monitoreo de extracción de desechos sólidos por el tren de aseo. Elaboración propia.

Apéndice 3.

Control de abono orgánico producido

 MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA	PLANTA DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLA.	Formato para el registro de:	Abono Orgánico Producido	
		Proceso de Compostaje	Año:	

Operario:	Área de trabajo:	QUIEN RECIBE:	MES:
Sobrante (No aprovechable)	OBS.		TOTAL PRODUCIDO AL MES
			Bultos:

Operario:	Área de trabajo:	QUIEN RECIBE:	MES:
Sobrante (No aprovechable)	OBS.		TOTAL PRODUCIDO AL MES
			Bultos:

Operario:	Área de trabajo:	QUIEN RECIBE:	MES:
Sobrante (No aprovechable)	OBS.		TOTAL PRODUCIDO AL MES
			Bultos:

Operario:	Área de trabajo:	QUIEN RECIBE:	MES:
Sobrante (No aprovechable)	OBS.		TOTAL PRODUCIDO AL MES
			Bultos:

Operario:	Área de trabajo:	QUIEN RECIBE:	MES:
Sobrante (No aprovechable)	OBS.		TOTAL PRODUCIDO AL MES
			Bultos:

Operario:	Área de trabajo:	QUIEN RECIBE:	MES:
Sobrante (No aprovechable)	OBS.		TOTAL PRODUCIDO AL MES
			Bultos:

Operario:	Área de trabajo:	QUIEN RECIBE:	MES:
Sobrante (No aprovechable)	OBS.		TOTAL PRODUCIDO AL MES
			Bultos:

Elaborado por:	Claudia Mérida	Aprobado:	DIGAM 2020
----------------	----------------	-----------	------------

Uso	Revisión:	Control y Seguimiento:
Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos	Encargado de Planta de Tratamiento	Director DIGAM

Nota. Formato para el control de producción de abono orgánico. Elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1.

Formato para la validación de rutas del tren de aseo

Camión: _____ Ruta: _____ Día: _____ Fecha: _____						
Sobre	Desde	A	Vuelta	Tipo de recorrido	Hora	Observaciones

Nota. Detalle de las rutas diarias que realiza el tren de aseo municipal. Obtenido de la Dirección de Gestión Ambiental Municipal, San Pedro La Laguna.

Anexo 2.

Acuerdo municipal 111-2016

NÚMERO 63

DIARIO DE CENTRO AMÉRICA

Guatemala, VIERNES 7 de octubre 2016 **3**



MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO LA LAGUNA, DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ

ACUERDO MUNICIPAL NÚMERO 111-2016

EL INFRASCRITO SECRETARIO MUNICIPAL DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO LA LAGUNA, DEL DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ,

CERTIFICA:

Que para el efecto tuvo a la vista el Libro de hojas móviles de Acuerdos Municipales No. 14, en el cual se encuentra el Acuerdo Municipal Número 111-2016, que corresponde a la sesión de trabajo celebrada el día viernes dos de septiembre del año dos mil dieciséis, presidido por el señor Alcalde Municipal, Arq. Edwin Mauricio Méndez Puac, y demás miembros del Concejo Municipal, y en ella el Acuerdo que copiado literalmente dice:

ACUERDO MUNICIPAL NÚMERO 111-2016.- ALCALDÍA MUNICIPAL MUNICIPIO DE SAN PEDRO LA LAGUNA, SOLOLÁ.

El honorable Concejo Municipal del municipio de San Pedro La Laguna del Departamento de Sololá.

CONSIDERANDO:

Que la Constitución Política de la República de Guatemala establece que el Estado, las Municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo económico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico, y que además declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación.

CONSIDERANDO:

Que la Constitución Política de la República de Guatemala expresa claramente que se declara de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación. Y siendo el Lago de Atitlán un activo ambiental de relevante importancia nacional dentro de la seguridad hídrica del país, y que sufre ya una grave contaminación en sus aguas y su entorno, que requiere de acciones inmediatas para el cuidado integral del mismo que conlleve a la ejecución de programas y proyectos orientados a garantizar la preservación, conservación y protección del medio ambiente y del equilibrio ecológico del Lago de Atitlán y su entorno.

CONSIDERANDO:

Que según lo define el Código de Salud, corresponde a las municipalidades la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables. Y que el Código Municipal establece que es competencia propia del municipio el formular y coordinar políticas, planes, programas, proyectos y acciones relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final.

CONSIDERANDO:

Que es un menester y una demanda de la población del municipio de San Pedro La Laguna, Sololá, así como de los vecinos de la cuenca del Lago de Atitlán, reducir los niveles de contaminación generados por el uso de bolsas plásticas, duroport, pajillas y sus derivados, dado a que los daños que causan sobre los ecosistemas naturales del Lago y sobre la calidad de vida de las personas del municipio y la cuenca son de grandes magnitudes, dado a que estos materiales contaminan por cientos de años las aguas, los suelos y la atmósfera. Y en el contexto del cambio climático global y la adaptación y mitigación de sus efectos, es urgente que la Municipalidad de San Pedro La Laguna tome las medidas correspondientes para garantizar la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades y su territorio, a través del manejo integrado e inteligente de los desechos sólidos.

POR TANTO:

Con base a lo considerado y al tenor de lo que para el efecto establece, el Concejo Municipal con fundamento en los artículos 54, 97, 253 y 254 de la Constitución Política de la República de Guatemala, los artículos 3, 5, 9, 33, 35, 38, 40, 67, 68 y 143 del Código Municipal decreto número 12-2002 y su reforma, artículos 68 y 72 Código de Salud, la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto 88-86 del Congreso de la República, y el Reglamento Municipal del Sistema de Tratamiento de Desechos Sólidos, en consideración que el presente acuerdo es de observancia general.

ACUERDA:

- I) **Prohibir el uso, venta y distribución de bolsas plásticas, duroport, pajillas y derivados, en el municipio de San Pedro La Laguna, Sololá, a fin de minimizar los graves perjuicios que el exceso de este tipo de productos está generando en el ambiente y el Lago de Atitlán.**
- II) Toda persona individual y jurídica que haga uso de estos productos de único uso, inútiles y no reusables, pajillas, duroport y sus derivados, será sancionada con una multa de trescientos quetzales exactos (Q. 300.00).
- III) A las empresas que comercialicen y distribuyan bolsas plásticas, duroport, pajillas y derivados, dentro del municipio de San Pedro La Laguna, se le sancionará con una multa de quince mil quetzales exactos (Q15,000.00).
- IV) Para los dos casos de sanción anteriores, la reincidencia en el incumplimiento de la norma se sancionará con el doble del valor de la multa.

- V) Queda facultado el Juzgado de Asuntos Municipales emitir las sanciones y multas que se refiere al presente Acuerdo Municipal.
 - VI) Los Consejos Comunitarios de Desarrollo, como representantes de la sociedad civil del municipio de San Pedro La Laguna, serán los garantes de la aplicación y el cumplimiento de la norma en sus respectivos cantones, sectores y comunidades.
 - VII) A partir de su fecha de publicación la Municipalidad de San Pedro La Laguna, dará un periodo de gracia de 60 días calendario, para que las personas individuales y jurídicas inicien a aplicar la norma, se deshagan de las bolsas, duroport, pajillas y derivados remanentes, para lo cual la Municipalidad pondrá un centro de acopio para su recolección y posterior retiro del municipio. En ese mismo tiempo la Municipalidad, el Consejo Municipal de Desarrollo y los Consejos Comunitarios de Desarrollo reconocidos en el municipio, se sumarán a la campaña de concientización y capacitación para el no uso de bolsas, duroport, pajillas y derivados dentro del municipio.
 - VIII) El presente Acuerdo por ser de observancia general entrará en vigencia 8 días después de su publicación en el Diario Oficial.
- Dado en la Municipalidad de San Pedro La Laguna, del Departamento de Sololá, a los dos días del mes de Septiembre del dos mil dieciséis. Notifíquese y Cúmplase. Damos fe. (fs) Ilegible del señor Alcalde Municipal Arq. Edwin Mauricio Méndez Puac, seis firmas ilegibles de los miembros del Concejo Municipal e ilegible del señor Secretario Municipal Pedro Humberto Quiacain Pérez, aparecen los sellos respectivos.

Y para remitir a donde correspondiera, se extiende la presente certificación en dos hojas de papel bond tamaño oficio membretada impresa en un solo lado, en el municipio de San Pedro La Laguna departamento de Sololá, a los veinte días del mes de septiembre del año dos mil dieciséis.

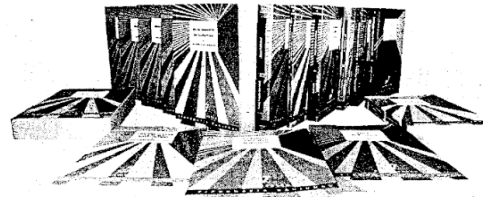
Pedro Humberto Quiacain Pérez
Secretario Municipal

Vo. Bc. Arq. Edwin Mauricio Méndez Puac
Alcalde Municipal



811421-7 octubre

Leer cuesta menos



Colección de documentos

Plantea un esfuerzo dirigido a la apertura de espacios de reflexión y crítica sobre temas de historia, política, sociedad y cultura guatemaltecas.

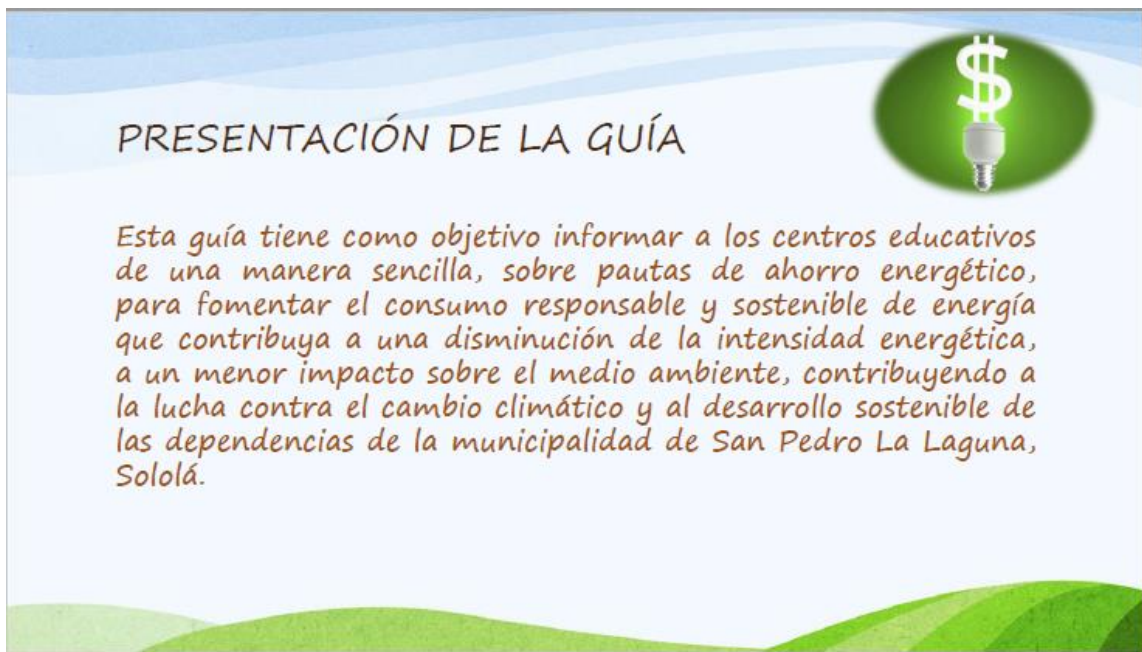
Visita nuestra sala de ventas en 18 calle 6-72 zona 1



Nota. Cuero Municipal 111-2016. Obtenido de la municipalidad de San Pedro La Laguna. Oficina de acceso a la información.

Anexo 3.

Guía para el ahorro de energía eléctrica en los centros educativos



Continuación del anexo 3.



Tipo de ambiente	Visual		Térmico		
	Niveles de iluminación recomendados según tipo de local (luxes)	Área mínima de ventanas en relación con el área de piso (iluminación natural)	Renovaciones de aire (volumen mínimo por hora)	Área mínima de apertura (ventilas) en ventanas en relación con el área de piso, por clima	
				Frío	Cálido
Dirección / subdirección	300	1/3	5	1/5	1/3
Sala de espera	150	1/3	5	1/5	1/3
Consultorio médico	300	1/3	6	1/5	1/3
Sala para educadores	300	1/3	6	1/5	1/3
Orientación vocacional	300	1/3	5	1/5	1/3
Contabilidad	300	1/3	5	1/5	1/3
Archivo y bodega administrativa	150	1/4	4	1/5	1/4
Centro de Recursos Pedagógicos (CRP)	200-400	1/3	4	1/5	1/3
Servicios sanitarios	150	1/5	10	1/5	1/5
Vestidores	150	1/4	10	1/5	1/4
Bodegas	150	1/4	4	1/5	1/4
Conserjería	200-400	1/4	10	1/5	1/4
Refacción escolar (preparación de alimentos)	200-400	1/2	10	1/4	1/2
Alacena (bodega de cocina)	150	1/4	4	1/5	1/4
Cafetería (comensales)	200	1/3	6	1/4	1/3
Guardiana	150	1/3	4	1/4	1/3
Cuarto de máquinas	200	1/4	6	1/4	1/4

Fuente: Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales. MINEDUC

Continuación del anexo 3.

AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN

ETAPAS

- Elección del nivel de iluminación
- Elección del tipo de lámpara
- Determinación del tipo de luminaria
- Verificación de resultados

- Aproveche la luz natural, evita la fatiga visual y contribuye a la comodidad en las aulas y áreas de los centros educativos.
- Apague las luces cuando no se necesitan.
- Emplee bombillas que produzcan iluminación con bajo consumo energético.

Por color

Colores	Coefficiente de reflexión	Respuesta psicológica	Color contraste
Bianco	75-85%		Negro
Beige	60-70%		
Amarillo claro	60-70%	Estimulante mental y nervioso	Morado / bermellón
AMARILLO OSCURO	50-60%		
Naranja	50-55%	Excitante emocional	Azul
Rojo claro	40-50%	Excitante emocional	Azul
Rojo oscuro	15-30%	Aumenta tensión	Verde
Bermellón	15%	Calmando	Amarillo
Verde claro	45-55%		Rojo
Verde oscuro	5-30%	Sedativo	
Azul claro	40-50%		
Azul oscuro	5-20%	Disminuye la tensión (es más activo que el verde)	Anaranjado
Azul cobalto	15%		
Pardo	12-25%		
Gris claro	40-50%		
Gris oscuro	15-25%		
Negro	5%		Bianco

De los acabados

Superficie	Tipo	Coefficiente de reflexión
Madera	Roble claro	32%
	Roble oscuro	15%
	Cedro	8%
Cemento	Natural	25%
Ladrillo	Rojo	15%

Iluminación natural

Unilateral	Bilateral	Central

REFLEXIÓN LÚMINICA

En espacios infantiles de múltiples usos, como parques, áreas de juego de mesa, bibliotecas, entre otros, se recomienda utilizar colores puros en tonalidades fuertes, de preferencia en el orden siguiente:

- a. Naranja
- b. Rojo
- c. Violeta
- d. Azul







Fuente: Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales. MINEDUC

Continuación del anexo 3.



Lámpara	Subtipo	Imagen	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Rendimiento (lm/W)	Vida Útil (horas)
Tubo fluorescente	T5		13	1150	88,46	24000
			20	1650	82,50	24000
			45	4200	93,33	24000
	T8		18	1350	75,00	20000
			36	3350	93,06	20000
			58	5200	89,66	20000
Led	Estándar		6,5	470	72,31	30000
			12	806	67,17	30000
			11	1200	109,09	40000
	Tubo		26	2500	96,15	40000
			32	3100	96,88	40000

Continuación del anexo 3.

Lámpara	Subtipo	Imagen	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Rendimiento (lm/W)	Vida Útil (horas)
Incandescente	Estándar		40	425	10,63	1000
			60	710	11,83	1000
			75	1200	16,00	1000
Halógena	Estándar		28	370	13,21	2000
			53	845	15,94	2000
			70	1190	17,00	2000
	Lineal		48	750	15,63	2000
			120	2250	18,75	2000
Fluorescente compacta (bajo consumo)	Reactancia incorporada		11	600	54,55	10000
			15	900	60,00	10000
			20	1200	60,00	10000
	Alto rendimiento		18	1215	67,50	12000
			26	1800	69,23	12000
	Compacta sin reactancia		11	900	81,82	10000

AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EQUIPOS DE OFICINA



APAGUE LOS EQUIPOS CUANDO NO LOS ESTÉ UTILIZANDO

- Tales como el ordenador, impresoras, escáner y electrodomésticos.
- Si utiliza un ordenador por varias horas, puede apagar la pantalla, que es lo que más consume energía.
- Apagar por las noches los equipos que no necesitan funcionar puede generar un ahorro del 10%.

ESCOJA LOS EQUIPOS DE MENOR CONSUMO ENERGÉTICO

- Los ordenadores portátiles y las pantallas planas consumen menos energía.
- Compruebe el etiquetado y rendimiento energético de cada equipo.
- Utilice una regleta multicontactos para facilitar dejar desconectados los equipos.

Continuación del anexo 3.

**PARA PAUSAS CORTAS
DESCONECTE LA PANTALLA DE SU
PC**

- La pantalla es la responsable de la mayor parte del consumo energético. Ahorrará energía y evitará tener que reinicializar todo el equipo.

**ACTIVE LAS FUNCIONES DE AHORRO
ENERGÉTICO**

- Esto ayudará a que el ordenador se apague de forma automática cuando detecta que no se está usando, pero asegúrese de que está bien programado.



FOTOCOPIADORA
Es un elemento de gran consumo dentro de los equipos ofimáticos habituales.

¡NO OLVIDE DESCONECTARLA!

Debe quedar apagada durante la noche y los fines de semana. No lleva más de 1 minuto realizar esta labor, y sin embargo el ahorro es importante.

SISTEMA DE "AHORRO DE ENERGÍA".
Una impresora normal puede consumir del orden de 442 W, mientras que en espera con el sistema de ahorro de energía el consumo se reduce a 45 W.

UTILICE EL CORREO ELECTRÓNICO Y LA INTRANET
Esto permite reducir el número de documentos impresos y por ende el ahorro de energía y el uso de papel.

EL MODO "AHORRO DE ENERGÍA"

Permite consumir hasta un 37% menos de energía eléctrica en cualquier equipo.



Continuación del anexo 3.



Nota. Guía para la concientización del uso adecuado de las instalaciones eléctricas en los centros educativos. Elaborado con Canva.

