



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

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN, RECICLAJE Y
DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO,
BAJA VERAPAZ**

Wennert Ernesto Soberanis Dubón

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN,
RECICLAJE Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO
DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WENNERT ERNESTO SOBERANIS DUBÓN
ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godinez Bautista
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN, RECICLAJE Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha febrero de 2012.



Wennert Ernesto Soberanis Dubón



Guatemala, 23 de mayo de 2018.
REF.EPS.DOC.416.5.18.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Wennert Ernesto Soberanis Dubón, Registro Académico No. 200517738** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN, RECICLAJE Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ.**

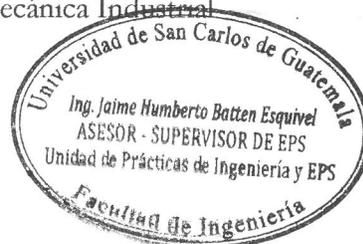
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

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, 23 de mayo de 2018.
REF.EPS.D.195.05.18

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 **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN, RECICLAJE Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Wennert Ernesto Soberanis Dubón** quien fue debidamente asesorado y supervisado 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 Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.055.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN, RECICLAJE Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario **Wennert Ernesto Soberanis Dubón**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, mayo de 2018.

/mgp

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.170.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN, RECICLAJE Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario Wennert Ernesto Soberanis Dubón, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



**Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR**

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2018.

/mgp



Universidad de San Carlos
de Guatemala

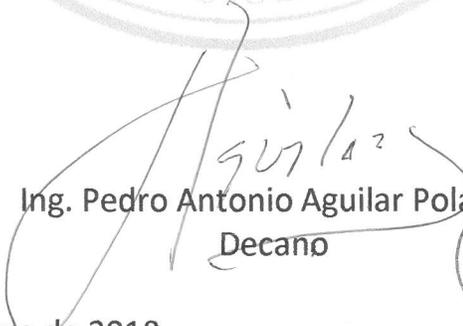


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 462.2018

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: **"ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN, RECICLAJE Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ"**, presentado por el estudiante universitario: **Wennert Ernesto Soberanis Dubón** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala noviembre de 2018.

/echm

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme dado la vida y la oportunidad de ser quien soy.
- Mis padres** Porque bajo mandato de Dios, me crearon y dieron los ejemplos adecuados para a ser un hombre de bien y me enseñaron a ser una persona responsable y perseverante.
- Mis hermanos** Por el apoyo, la confianza, el cariño y por ser ellos el objeto primordial de este logro, especialmente a mis ángeles que siempre confiaron en mí y que hoy están a mi lado.
- Mi esposa** Porque de una u otra forma siempre contribuyó en mi superación. Ella es la persona que me motivó a triunfar, a pesar de las adversidades y tropiezos de la vida.
- Mis hijos** Porque son las personas más importantes en mi vida y quiero sembrar en ellos el ejemplo de superación.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por formarme profesionalmente y ser parte de mi desarrollo, con todo el conocimiento que me fuera transmitido.
Municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz	Por brindarme su apoyo y permitirme aplicar los conocimientos adquiridos durante mi preparación académica.
Sr. Agustín Cuéllar Marroquín	Por la oportunidad que me brindó de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado en la Municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.
Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel	Por el apoyo incondicional y por compartir sus conocimientos profesionales en el desarrollo del EPS.
Ing. Marvin Karim Samayoa Bol	Por la confianza, amistad y el apoyo brindado durante mi formación profesional.
A toda mi familia	Por motivarme y darme el apoyo constante, en especial a mi tía, Reina Dubón y a mi padrino, Mynor Pazos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Ubicación y demografía	2
1.3. Visión y misión de la institución	4
1.4. Servicios que presta la Institución	5
1.5. Estructura organizacional	5
1.5.1. Organigrama.....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN, RECICLAJE Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ.....	9
2.1. Situación actual	9
2.1.1. Descripción del problema	9
2.1.2. Generación de desechos.....	10
2.1.2.1. Actividades sociales	12
2.1.2.2. Actividades domésticas	14

	2.1.2.3.	Actividades laborales	17
	2.1.2.4.	Actividades turísticas.....	19
	2.1.3.	Análisis de la situación	23
	2.1.4.	Diagrama de árbol.....	24
2.2.		Propuesta de factibilidad	25
	2.2.1.	Proceso de recolección	25
	2.2.1.1.	Tren de aseo	25
		2.2.1.1.1. Contaminación generada	26
		2.2.1.1.2. Volumen de basura generada	27
	2.2.1.2.	Estudio de mercado	27
		2.2.1.2.1. Segmentación del mercado	28
		2.2.1.2.2. Demanda.....	28
		2.2.1.2.3. Oferta	30
		2.2.1.2.4. Estrategias de marketing (las cuatro “P”)	32
	2.2.1.3.	Estudio administrativo	34
		2.2.1.3.1. Misión.....	35
		2.2.1.3.2. Visión	35
		2.2.1.3.3. Manual de funciones	36
		2.2.1.3.4. Organigrama	38
		2.2.1.3.5. Salarios	39
	2.2.1.4.	Estudio técnico	41
		2.2.1.4.1. Evaluación del transporte	41

	2.2.1.4.2.	Análisis de los diagramas de procedimientos	43
2.2.1.5.		Estudio económico	46
	2.2.1.5.1.	Inversión inicial	46
	2.2.1.5.2.	Costos mensuales	47
	2.2.1.5.3.	Beneficios mensuales	50
2.2.1.6.		Estudio financiero	51
	2.2.1.6.1.	Flujo de efectivo	52
	2.2.1.6.2.	Determinación de la tasa de descuento	66
	2.2.1.6.3.	Valor presente neto (VPN).....	67
	2.2.1.6.4.	Aplicación de indicadores financieros	70
2.2.1.7.		Estudio de impacto ambiental.....	73
2.2.2.		Proceso de reciclaje y disposición para la elaboración de un subproducto orgánico	74
	2.2.2.1.	Reciclaje por el método del compost ...	74
	2.2.2.1.1.	Análisis de insumos.....	75
	2.2.2.1.2.	Volumen de desechos disponibles.....	75
2.2.2.2.		Estudio de mercado.....	80
	2.2.2.2.1.	Demanda.....	80
	2.2.2.2.2.	Oferta	81

	2.2.2.2.3.	Estrategia de marketing	83
	2.2.2.3.	Estudio administrativo	84
	2.2.2.3.1.	Perfiles y funciones	84
	2.2.2.3.2.	Sueldos	88
	2.2.2.3.3.	Organigrama	88
	2.2.2.4.	Estudio técnico	89
	2.2.2.4.1.	Evaluación del equipo ...	89
	2.2.2.4.2.	Análisis y diagramas de flujo de procesos	94
	2.2.2.5.	Estudio económico	104
	2.2.2.5.1.	Inversión inicial.....	104
	2.2.2.5.2.	Costos mensuales.....	105
	2.2.2.5.3.	Beneficios mensuales .	107
	2.2.2.6.	Estudio de impacto ambiental	109
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ		111
3.1.	Producción más limpia		111
3.1.1.	Situación eléctrica actual de la empresa		111
3.1.1.1.	Consumo actual		113
3.1.2.	Consecuencia ambiental del consumo elevado de electricidad		116
3.1.3.	Medidas de mitigación.....		117
3.1.3.1.	Señalización		117
3.1.3.2.	Prevención		118
3.1.4.	Plan de ahorro de energía eléctrica		118

4.	FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE: INDUCCIÓN PARA FOMENTO DEL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DIRIGIDA A EMPLEADOS DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ.....	123
4.1.	Inducción	123
4.1.1.	Planificación.....	123
4.1.2.	Programación	125
4.1.3.	Metodología de capacitación	126
4.1.4.	Evaluación	128
4.1.5.	Resultados.....	129
	CONCLUSIONES	131
	RECOMENDACIONES.....	133
	BIBLIOGRAFÍA.....	135
	APÉNDICES	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de San Jerónimo, Baja Verapaz	3
2.	Organigrama municipal.....	7
3.	Flujo del procedimiento de recolección actual	11
4.	Diseño del depósito de desechos en actividades sociales	12
5.	Vehículo de recolección.....	15
6.	Volumen de depósitos en actividades laborales.....	18
7.	Volumen de depósitos en actividades turísticas	20
8.	Diagrama de árbol	24
9.	Contaminación visual	26
10.	Contaminación ambiental	27
11.	Capacidad de atención potencial.....	31
12.	Aprobación de la población al precio del servicio propuesto ...	33
13.	Perfil y funciones del encargado técnico-supervisor.....	36
14.	Perfil y funciones del piloto - operador	37
15.	Perfil y funciones del recolector - operario.....	38
16.	Organigrama del proceso de recolección de desechos urbanos.....	39
17.	Vehículo de transporte de carga.....	41
18.	Características físicas del vehículo de transporte de carga.....	42
19.	Características mecánicas del vehículo de transporte de carga.....	43
20.	Flujo del procedimiento de recolección propuesto.....	44

21.	Diagrama de procedimiento de cobro por servicio de recolección	45
22.	Flujo de efectivo del proceso de recolección reciclaje y disposición de desechos sólidos	52
23.	Diagrama de flujo de ingresos y egresos	68
24.	Diagrama de flujo de ingresos y egresos anualizados	72
25.	Clasificación de desechos en vertedero municipal.....	77
26.	Perfil y funciones del encargado técnico - supervisor	85
27.	Perfil y funciones del piloto - operador	86
28.	Perfil y funciones del recolector - operario	87
29.	Organigrama del proceso de reciclaje y disposición de desechos urbanos	88
30.	Predio para planta de tratamiento	89
31.	Ingreso a planta de tratamiento.....	90
32.	Bodega de productos en proceso	91
33.	Bodega de producto terminado	92
34.	Especificaciones maquinaria pesada	93
35.	Maquinaria pesada.....	94
36.	Diagrama de flujo del procedimiento en la producción de abono orgánico, como subproducto	98
37.	Diagrama de distribución de desechos urbanos	99
38.	Vertedero municipal de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz	100
39.	Formulario teoría de colas.....	101
40.	Diagrama de Ishikawa, situación actual	112
41.	Gráfico de consumo energético	112
42.	Equipo de A/C	114
43.	Lámparas de gas neón.....	115
44.	Equipo de cómputo	115
45.	Instalación inadecuada.....	116

46.	Señalización adecuada	117
47.	Diagrama de Gantt – Programación de capacitación	125
48.	Señalización	127
49.	Diapositiva integral utilizada en capacitación del personal de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz	127
50.	Cuestionario de capacitación dirigido al personal de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz	128
51.	Gráfica de resultados	129

TABLAS

I.	Estructura organizacional	6
II.	Generación de desechos.....	10
III.	Volumen de desechos promedio en diez observaciones aleatorias.....	13
IV.	Volumen total de desechos en actividades sociales.....	14
V.	Volumen de desechos generados en actividades domésticas	16
VI.	Volumen total de desechos generados en actividades domésticas	17
VII.	Volumen de desechos generados en actividades laborales....	18
VIII.	Volumen total de desechos generados en actividades laborales.....	19
IX.	Volumen promedio de desechos generados en actividades turísticas	21
X.	Volumen total de desechos generados en actividades turísticas por depósito.....	22
XI.	Número de días de recolección por actividad al mes	28
XII.	Clasificación de la demanda.....	29

XIII.	Localidades generadoras de desechos.....	29
XIV.	División de la demanda.....	30
XV.	Capacidad de atención a la demanda.....	31
XVI.	Clasificación de la demanda.....	33
XVII.	División de la promoción del servicio.....	34
XVIII.	Planilla laboral para la ejecución del servicio de recolección...	40
XIX.	Opciones de inversión inicial.....	46
XX.	Costo por consumo de combustible del vehículo de transporte.....	47
XXI.	Costo por el consumo de combustible de maquinaria pesada.....	48
XXII.	Costo por mantenimiento del vehículo de transporte y maquinaria pesada.....	48
XXIII.	Cálculo total de los costos mensuales.....	49
XXIV.	Beneficios mensuales.....	50
XXV.	Flujo de efectivo neto del proceso de recolección.....	53
XXVI.	Subdivisión proporcional de desechos sólidos.....	76
XXVII.	Volumen proporcional de desechos esperados.....	78
XXVIII.	Desechos generados por actividad social.....	78
XXIX.	Desechos generados por actividad doméstica.....	79
XXX.	Desechos generados por actividad laboral.....	79
XXXI.	Desechos generados por actividad turística.....	79
XXXII.	Hectáreas y pobladores beneficiados con programas forestales en Baja Verapaz.....	81
XXXIII.	Clasificación de desechos sólidos por tipo y volumen.....	82
XXXIV.	Generación de subproducto, abono orgánico debidamente envasado.....	82
XXXV.	Acceso a planta de tratamiento.....	90
XXXVI.	Opciones de inversión inicial.....	104

XXXVII.	Costo por el consumo de combustible diésel	105
XXXVIII.	Costo por mantenimiento de la maquinaria pesada	106
XXXIX.	Costo mensual de los sacos para envasar	107
XL.	Ingresos por disposición de desechos inorgánicos	108
XLI.	Tendencia de consumo eléctrico actual.....	111
XLII.	Consumo actual.....	113
XLIII.	Inversión inicial en sistemas eléctricos.....	120
XLIV.	Consumo estimado.....	121
XLV.	Planificación de capacitación.....	124
XLVI.	Resultados cuestionario de capacitación.....	129

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
μ	Atención promedio por persona
PVC	Cloruro de polivinilo, plástico
C°	Grado centígrado
h	Hora, medida de tiempo
pH	Indicador de acidez
km	Kilómetro, medida de distancia
kw	Kilowatt
kWh	Kilo watt hora, contador de servicio eléctrico
m	Metro, medida de distancia
m ³	Metro cúbico, medida de volumen
NPK	Nitrógeno, fosforo, potasio
Q	Quetzal, moneda guatemalteca
qq	Quintal, medida de peso
λ	Tasa de llegada
Lux	Unidad de iluminancia
V	Volumen, capacidad
W	Watt, medida de potencia

GLOSARIO

Abono orgánico	Fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos, restos de cultivos de hongos comestibles u otra fuente orgánica y natural.
Casco urbano	Parte antigua o tradicional de las ciudades en donde los elementos urbanos de manzanas, plazas y calles reticuladas existen. En muchos casos, estas áreas de las ciudades se crearon antes del apogeo de los automóviles, por lo que hay calles más angostas y aceras para el flujo peatonal.
COCODE	Consejos Comunitarios de Desarrollo. Son la estructura comunitaria creada para impulsar la participación de la población en la planificación del desarrollo y la gestión pública a nivel local.
Compost	Es el producto que se obtiene del compostaje. Constituye un "grado medio" de descomposición de la materia orgánica, que ya es un buen abono.
COMUDE	Consejos Municipales de Desarrollo. Se encuentran integrados por el Alcalde Municipal, quien es la persona encargada de la coordinación; los síndicos y concejales que la corporación municipal determine, y los representantes del COCODE.

Helechos	Plantas que no tienen flores y ni producen semillas, sino que se producen por esporas.
Manzana	Medida de superficie, la cual cuenta con un área de 10 000 varas cuadradas.
Tubérculos	Tallo subterráneo modificado y engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta.

RESUMEN

El estudio de factibilidad del proceso de recolección, reciclaje y disposición de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, está diseñado para incrementar la calidad del servicio de recolección en la comunidad, generar abono orgánico como parte del proceso de reciclaje y una disposición de desechos orgánicos e inorgánicos debidamente clasificados, para reducir el impacto al medio ambiente por la falta de tratamientos apropiados.

Dentro de las generalidades de la institución y las características del municipio en el capítulo uno se menciona la ubicación geográfica, la densidad poblacional, los servicios que presta la institución y su estructura organizacional.

En el capítulo dos, se desarrolla el proceso de recolección de desechos urbanos, diseñado para atender la demanda poblacional del casco urbano, mediante la implementación de procedimientos que optimicen la captación de desechos sólidos y reduzcan la generación de basureros ilegales en el casco urbano.

Además, se presenta la propuesta del proceso de reciclaje y disposición de desechos, a través de una planta de tratamiento en el municipio que permita el reciclaje de desechos orgánicos mediante el proceso de compost. El abono orgánico producido será almacenado para ser distribuido con los desechos inorgánicos debidamente clasificados.

Incluye además las evaluaciones de factibilidad que respaldan la rentabilidad y autosostenimiento de los procesos.

En el capítulo tres se analiza la situación eléctrica actual de la institución, se plantean medidas de concienciación, mitigación y prevención para reducir el consumo energético en las instalaciones de la comuna. Además, da a conocer las características de los accesorios y el equipo tecnológico utilizado en la actualidad y se propone un plan de ahorro para disminuir el importe económico generado por el consumo de energía eléctrica.

En el capítulo cuatro, se da a conocer lo correspondiente a la inducción impartida al personal de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, en relación a la optimización de los recursos, principalmente el uso adecuado de la energía eléctrica.

OBJETIVOS

General

Determinar la factibilidad del proceso de recolección, reciclaje y disposición de desechos urbanos, mediante procedimientos adecuados y sistematizados que garanticen la reducción del impacto ambiental generado por el tratamiento inadecuado de los desechos.

Específicos

1. Diseñar los procedimientos adecuados que permitan implementar el proceso de recolección en el casco urbano.
2. Reducir la cantidad de basureros ilegales en el municipio y, a la vez, el impacto visual que generan.
3. Inducir en la población el hábito de clasificar los desechos urbanos generados, para que sean tratados adecuadamente y así reducir la contaminación del medio ambiente.
4. Desarrollar un servicio económicamente accesible para la población, que sea rentable y autosostenible para la comuna.
5. Fomentar en la población el hábito de reciclar mediante campañas educativas e informativas. Proporcionar guías de selección de desechos e

incentivar a la población a actuar de manera responsable, dándole a conocer los posibles riesgos a los que esta propensa.

6. Reducir las emisiones de dióxido de carbono para minimizar el impacto ambiental que provocan los gases de efecto invernadero y así contribuir en la conservación de la flora y fauna de la región.
7. Sistematizar la producción de abono orgánico mediante el desarrollo del proceso de reciclaje y disposición de desechos, y facilitar el acceso a estos productos a la población dedicada a las actividades agrícolas y forestales.

INTRODUCCIÓN

El objeto del estudio propuesto es disminuir la contaminación que generan los basureros ilegales y el inadecuado tratamiento de desechos en vertederos municipales.

El estudio de factibilidad del proceso de recolección, reciclaje y disposición de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, garantizará el adecuado proceso de recolección en el casco urbano, así como el desarrollo del proceso de reciclaje y disposición de desechos en las instalaciones de una planta de tratamiento en el municipio.

El estricto control en el proceso minimizará el daño generado en áreas verdes y calles del casco urbano. Se dará a los desechos el tratamiento correspondiente, que permita un aprovechamiento óptimo mediante la generación de abono orgánico con el método del compost. La clasificación de desechos inorgánicos permitirá la óptima disposición de estos.

La evaluación de los procesos, las opciones de inversión, la evaluación de los costos y de los ingresos, permiten determinar la factibilidad técnica y financiera del proyecto e incentiva a las autoridades municipales a realizar una recolección ordenada, sincronizada que garantice su rentabilidad y autofinanciamiento.

En virtud del cumplimiento del ejercicio, se instruyó a los empleados municipales en relación a la producción más limpia dentro del municipio, con un

enfoque directo al aprovechamiento, cuidado y conservación de los recursos nacionales estratégicos nacionales.

1. GENERALIDADES DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ

1.1. Antecedentes

El Consejo Municipal ha delegado al Concejal I como presidente de la Comisión de Fomento Económico, Turismo, Ambiente y Recursos Naturales. Debido al cambio de gobierno en el 2008, se encuentra en vías de fortalecimiento.

El sistema de gobierno municipal se conforma de la siguiente manera:

- Consejo Municipal de Desarrollo (COMUDE): integrado por los distintos sectores en el municipio, como organizaciones no gubernamentales, organizaciones gubernamentales, representantes del Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE). Es presidido por el Alcalde Municipal. Celebra reuniones el segundo martes de cada mes.
- Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE): está integrado por los representantes de las distintas comisiones de trabajo de la misma comunidad. Realiza reuniones mensuales, con apoyo de la Municipalidad.
- Con respecto al presupuesto municipal, es elaborado por el Consejo Municipal, con base en los informes de la Oficina Municipal de Desarrollo y la Tesorería municipal.

Las instituciones gubernamentales presentes en el municipio son:

- Ministerio de Educación, a través de su Oficina de Supervisión Municipal.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, con el Centro de Salud.
- Organismo Judicial.
- Policía Nacional Civil.
- Sub-Regional de INAB, San Jerónimo.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.

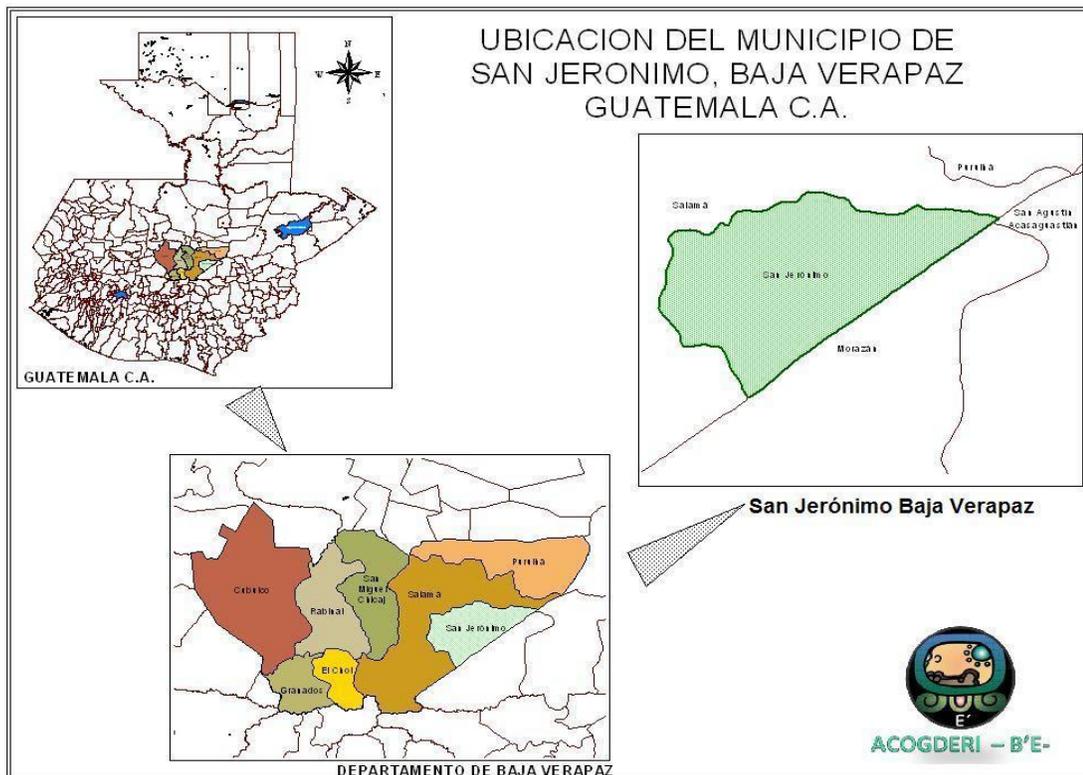
1.2. Ubicación y demografía

- Ubicación

El municipio de San Jerónimo, departamento de Baja Verapaz, de conformidad con el Código Municipal, es considerado un municipio de cuarta categoría. Situado a 15°, 03' y 40" latitud norte 90°, 14', 25" longitud oeste, está a 940 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con el municipio de Salamá, al sur con el municipio de Morazán, El Progreso; al este con los municipios de San Agustín Acasaguastlán y Morazán del departamento de El Progreso, y al lado poniente con el municipio de Salamá. Se encuentra a una distancia de 151 km de la ciudad capital de Guatemala y a 10 kilómetros de la cabecera departamental de Baja Verapaz.

Constituido por una extensión de 464 kilómetros cuadrados, integrado por 17 aldeas, 22 caseríos y un área urbana dividida en dos barrios (Barrio Arriba y Barrio Abajo) su topografía es netamente quebrada y montañosa (ver figura 1).

Figura 1. **Ubicación de San Jerónimo, Baja Verapaz**



Fuente: Municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.

- **Demografía**

El XI Censo de Población y Habitación, realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), indica que el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, cuenta con una población de 17 469 habitantes (8 617 hombres y 8 852 mujeres). El 25 % reside en el área urbana (4 367 personas). Derivado de la estandarización poblacional realizada por el INE, una familia está constituida por 5,32 personas, lo que equivale a 820,86 familias en el casco urbano del municipio.

1.3. Visión y misión de la institución

- Visión

“Queremos que San Jerónimo sea un municipio con mejor índice de desarrollo, manteniendo su identidad cultural y tradiciones, preservando su medio ambiente, con una estrategia definida y reglamento para la conservación de su centro histórico, que tenga una estructura vial básica y compromisos de mantenimiento asegurado, que preste servicios eficientes y la infraestructura de apoyo que la población demande, promoviendo el aprovechamiento de sus altos potenciales forestales y ecoturísticos que conllevan a mejorar la calidad de vida de sus habitantes”.¹

- Misión

“Promover alternativas viables y oportunidades en la atención a las comunidades con énfasis en los sectores de planificación estratégica de salud, educación, organización comunitaria, infraestructura y servicios, medio ambiente y recursos naturales, desarrollo económico local, con la participación y fortalecimiento de los distintos sectores institucionales, organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, así como de la sociedad civil, logrando una mejora sustantiva de la calidad de vida de la población, especialmente de la que vive en situaciones de pobreza y extrema pobreza”.²

¹ Unidad de acceso a la información pública de la Municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.

² Ibid

1.4. Servicios que presta la Institución

- Agua potable

Servicio prestado al casco urbano, mediante sistemas de distribución por el método de gravedad. Hay una represa en un afluente natural que alimenta la planta de purificación.

- Técnico pecuario

Dentro de los servicios pecuarios que presta la municipalidad a las comunidades, está la evaluación de casos clínicos sobre aves, porcinos, caninos, bovinos y equinos.

- Ordenamiento urbano

A raíz de la implementación del Museo Regional del Trapiche, el gobierno local de San Jerónimo ha llevado a cabo proyectos de ordenamiento urbano que mejoran sustantivamente la imagen del Centro Histórico. Este ha logrado una integración arquitectónica que lo hace agradable y sugerente a los ojos del turista, que puede reconocer en sus calles la presencia silenciosa de un Fray Bartolomé de Las Casas que vela por la riqueza de un mestizaje que le otorga identidad a Las Verapaces.

1.5. Estructura organizacional

La municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, está liderada por el Concejo Municipal, el cual posee una estructura organizacional de tipo comité

combinada con la de tipo lineal-staff, encabezada por el alcalde, seguido de sus síndicos y concejales (ver tabla I).

Tabla I. **Estructura organizacional**

Cargo	Nombre
Alcalde	Agustín Cuellar Marroquín
Síndico I	Oscar Abel Tejeda Enríquez
Síndico II	Luis Arturo Guevara Beltetón
Síndico Suplente	Santos Cruz Catalán
Concejal I	Lester Oliverio Salvatierra Ruiz
Concejal II	Henry Moisés Garcia Galván
Concejal III	Roberto René Morales Gonzales
Concejal IV	Moisés Román Canahui Morente
Concejal Suplente I	Ronald Abilio Ortiz Catalán
Concejal Suplente II	Nicholson Arnoldo Soriano Valdez

Fuente: Municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.

1.5.1. Organigrama

La estructura del organigrama empleado por la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, es de tipo general con representación de direccionamiento mixto, como se muestra continuación (ver figura 2).

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL PROCESO DE RECOLECCIÓN, RECICLAJE Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ

2.1. Situación actual

La contaminación en el municipio ha incrementado notablemente, ya que no cuenta con un sistema de recolección de desechos urbanos adecuado y una planta de tratamiento específica para reciclaje y disposición de desechos urbanos.

2.1.1. Descripción del problema

La municipalidad cuenta con un sistema de recolección inadecuado. Posee un vehículo de recolección, personal y un predio apto para el proceso de reciclaje. Busca mejorar su sistema o implementar uno nuevo que le permita maximizar el reúso de los desechos y brindar un mejor servicio a la población.

Los desechos urbanos recolectados por el servicio municipal durante dos días consecutivos a la semana (lunes y martes), son generados por 400 familias, distribuidas en dos barrios del área urbana (Barrio Arriba y Barrio Abajo). Según el INE, el servicio es utilizado por el 50 % de la población urbana. Un porcentaje del resto utiliza servicios privados de recolección, además de basureros ilegales y artesanales (quema de desechos dentro de la residencia).

El impacto es de carácter negativo para la sociedad y el medio ambiente, por la contaminación que provoca.

En la actualidad, los desechos urbanos recolectados por el tren de aseo son depositados en el vertedero municipal de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz, el cual genera un gasto adicional a la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz. Lo anterior da lugar a que estos incrementen y los desechos no sean reutilizados, mismos que generan un impacto negativo al medio ambiente porque en dicho vertedero no se da el tratamiento correspondiente.

2.1.2. Generación de desechos

Las actividades diarias (sociales, domésticas, laborales y turísticas) realizadas por la población en el casco urbano generan un promedio de 47,8 m³ de desechos sólidos, como se observa en la Tabla II. La subdivisión porcentual de desechos sólidos se muestra en la sección 2.2.2.1.2, De proceso de reciclaje, tabla XXVI.

Tabla II. **Generación de desechos**

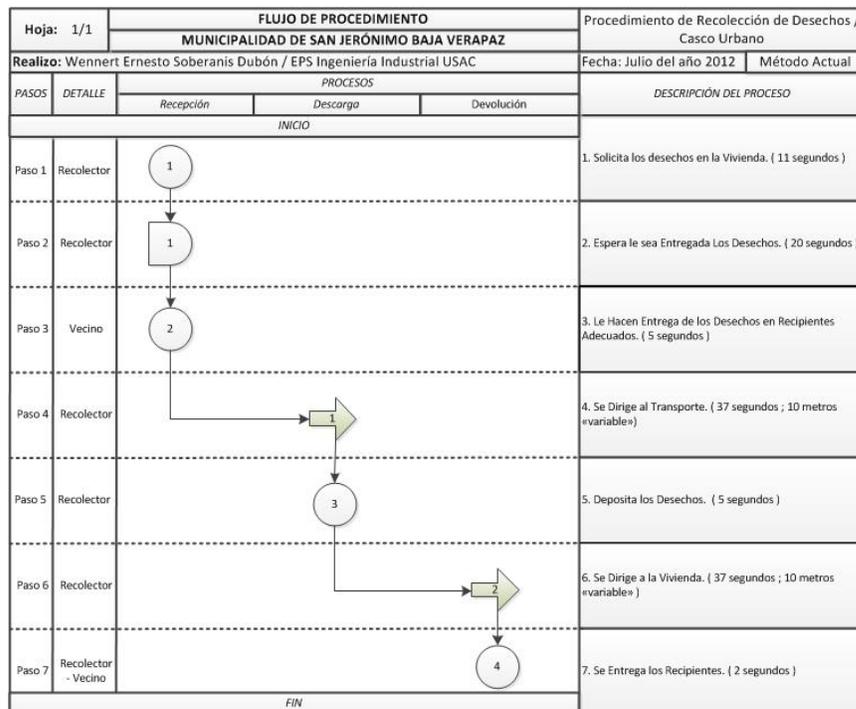
Tipo de actividad	Total en m³ por semana	Total en m³ por mes
Social	0,17	0,6760
Doméstica	10,47	41,8880
Laboral	0,83	3,3303
Turística	0,48	1,9061
Volumen de desechos generados	11,95	47,8004

Fuente: Municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.

- Diagrama de flujo del procedimiento de recolección actual

Con base en la verificación del procedimiento empleado en el servicio del tren de aseo, se comprobó que carecía de documentación que lo respalda, lo cual será implementado para optimizar la funcionalidad del mismo (ver figura 3).

Figura 3. Flujo del procedimiento de recolección actual



SIMBOLOGÍA			
Símbolo	Distancia	Tiempo	Descripción
1	-----	8 segundos	Demora
4	-----	----	Operación
2	20 metros	31 segundos	Traslado

Fuente: elaboración propia.

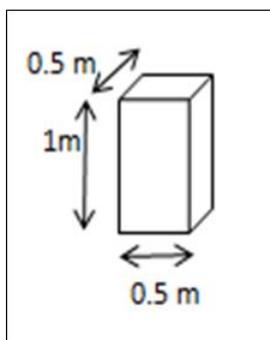
2.1.2.1. Actividades sociales

Se observó que en dos áreas sociales del municipio (parque central y parque de recreación del cementerio municipal), se encuentran ubicados dos depósitos para recolección de desechos, respectivamente, para un total de 4 depósitos que son atendidos una vez por semana por el servicio de recolección municipal.

Se realizó la inspección y medición de cada uno de estos, los cuales poseen características y dimensiones idénticas. Continuamente se determinó la capacidad de los mismos, para un volumen total de $0,25 \text{ m}^3$, como se observa en la figura 4.

Además, se evaluó el volumen promedio de desechos en diez observaciones aleatorias durante diez días y cinco semanas escalonadas por un período de cinco meses. Asimismo, se cuantificó la solidez de desechos generados por día, semana y mes, como se aprecia en las tablas III y IV.

Figura 4. **Diseño del depósito de desechos en actividades sociales**



Fuente: elaboración propia, parque municipal.

Capacidad máxima por depósito

$V=?$

$$V= 1 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 0,5 \text{ m} = 0,25 \text{ m}^3$$

Capacidad máxima (4 depósitos)

$$V_t= 0,25 \text{ m}^3 * 4$$

$$V_t= 1 \text{ m}^3$$

Tabla III. **Volumen de desechos promedio en diez observaciones aleatorias**

Mes	Semana	Día	Constante en m			Total m ³ / depósito
			L	A	Z	
Mes 1	Semana 1	Día 1	0,5	0,5	0,23	0,0575
		Día 2	0,5	0,5	0,18	0,0450
Mes 2	Semana 2	Día 3	0,5	0,5	0,1	0,0250
		Día 4	0,5	0,5	0,2	0,0500
Mes 3	Semana 3	Día 5	0,5	0,5	0,15	0,0375
		Día 6	0,5	0,5	0,1	0,0250
Mes 4	Semana 4	Día 7	0,5	0,5	0,05	0,0125
		Día 8	0,5	0,5	0,1	0,0250
Mes 5	Semana 5	Día 9	0,5	0,5	0,08	0,0200
		Día 10	0,5	0,5	0,5	0,1250
						0,0423

Fuente: elaboración propia.

- Desechos generados/depósito = área del depósito * altura de los desechos en el depósito
- Desechos generados/día = desechos generados/depósito * # de depósitos
- Desechos generados/semana = desechos generados/día * # de días a la semana
- Desechos generados/mes = desechos generados/semana * # de semanas

Tabla IV. **Volumen total de desechos en actividades sociales**

	0,0423 m ³ por depósito			# de depósitos
Vt=	0,0845	m ³	Al día	2
Vt=	0,1690	m ³	A la semana	4
Vt=	0,6760	m ³	Al mes	16

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2. Actividades domésticas

Mediante el proceso de observación y verificación, se constató que el vehículo empleado por la municipalidad específicamente para el servicio del tren de aseo del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz posee una capacidad de 4,2 m³ (ver figura 5).

Figura 5. **Vehículo de recolección**



Fuente: elaboración propia, predio municipal.

Capacidad

¿V=?

$$V = 3,5 \text{ m} * 1,6 \text{ m} * 0,75 \text{ m} = 4,2 \text{ m}^3$$

Para determinar el volumen de desechos generados por la actividad doméstica en un día, semana y mes, se cuantificó el volumen promedio por viaje empleado por el vehículo recolector en este tipo de actividad, durante dos días por semana y cinco semanas escalonadas.

La cantidad de traslados realizados por el vehículo recolector durante un día de servicio prestado, permitió determinar el volumen promedio de desechos por viaje, día, semana y mes. Este fue de 2,618 m³ por viaje, como se muestra en las tablas V y VI.

Tabla V. **Volumen de desechos generados en actividades domésticas**

Mes	Semana	Día	# de Viajes	Constante en m			Total m ³ por viaje
				Largo	Ancho	Alto	
Mes 1	semana 1	Día 1	1	3,5	1,6	0,45	2,5200
			2	3,5	1,6	0,53	2,9680
		Día 2	1	3,5	1,6	0,48	2,6880
			2	3,5	1,6	0,53	2,9680
Mes 2	semana 2	Día 3	1	3,5	1,6	0,42	2,3520
			2	3,5	1,6	0,58	3,2480
		Día 4	1	3,5	1,6	0,59	3,3040
			2	3,5	1,6	0,33	1,8480
Mes 3	semana 3	Día 5	1	3,5	1,6	0,46	2,5760
			2	3,5	1,6	0,6	3,3600
		Día 6	1	3,5	1,6	0,45	2,5200
			2	3,5	1,6	0,43	2,4080
Mes 4	semana 4	Día 7	1	3,5	1,6	0,34	1,9040
			2	3,5	1,6	0,56	3,1360
		Día 8	1	3,5	1,6	0,49	2,7440
			2	3,5	1,6	0,45	2,5200
Mes 5	semana 5	Día 9	1	3,5	1,6	0,37	2,0720
			2	3,5	1,6	0,48	2,6880
		Día 10	1	3,5	1,6	0,34	1,9040
			2	3,5	1,6	0,47	2,6320
							2,6180

Fuente: elaboración propia.

- Desechos generados/viaje = área del vehículo * altura
- Desechos generados/día = desechos generados/viaje * # de viajes
- Desechos generados/semana = desechos generados/día * # de días a la semana
- Desechos generados/mes = desechos generados/semana * # de semanas

Tabla VI. **Volumen total de desechos generados en actividades domésticas**

	2,6180	m³ por viaje	# Viajes
Vt=	5,2360	m ³ al día	2
Vt=	10,4720	m ³ a la semana	4
Vt=	41,8880	m ³ al mes	16

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.3. Actividades laborales

La capacidad de los depósitos de recolección ubicados en comercios, talleres y áreas de trabajo poseen dimensiones variables, como se observa en la figura 6. Además, el volumen de desechos generados en este tipo de actividad se obtuvo mediante un cálculo aleatorio por establecimiento, durante dos días semanales y cinco semanas escalonadas. Se registró una cantidad de desechos promedio por área laboral de 0,1387 m³ y se obtuvo así el total por día, semana y mes, como se muestra en las tablas VII y VIII.

Figura 6. **Volumen de depósitos en actividades laborales**



Fuente: elaboración propia, comercios locales.

Tabla VII. **Volumen de desechos generados en actividades laborales**

Mes	Semana	Día	Constante en m			Volumen en m ³
			Largo	Ancho	Alto	
1	1	1	0,5	0,6	1	0,3000
		2	0,5	0,55	0,75	0,2063
2	2	3	0,35	0,5	0,35	0,0613
		4	0,25	0,45	0,5	0,0563
3	3	5	0,6	0,6	0,75	0,2700
		6	0,4	0,35	0,8	0,1120
4	4	7	0,45	0,75	0,35	0,1181
		8	0,5	0,7	0,25	0,0875
5	5	9	0,25	0,45	0,5	0,0563
		10	0,6	0,4	0,5	0,1200
						0,1388

Fuente: elaboración propia.

- Desechos generados/establecimiento = área del depósito * altura de los desechos en el depósito
- Desechos generados/día = desechos generados/establecimiento * # de establecimientos
- Desechos generados/semana = desechos generados/día * # de días a la semana
- Desechos generados/mes = desechos generados/semana * # de semanas

Tabla VIII. **Volumen total de desechos generados en actividades laborales**

	0,1388	m ³ por establecimiento		# establecimientos
Vt=	0,4163	m ³	al día	3
Vt=	0,8326	m ³	a la semana	6
Vt=	3,3303	m ³	al mes	24

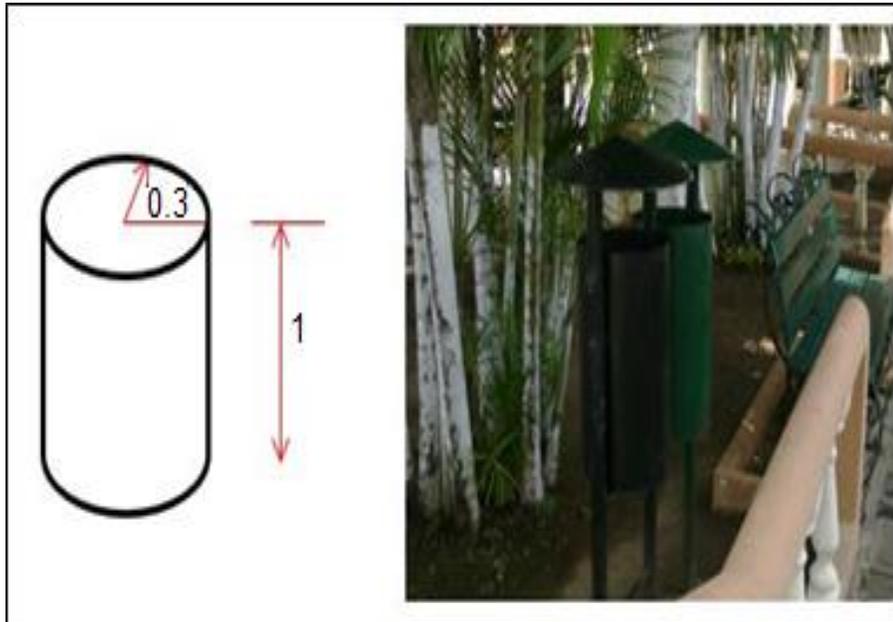
Fuente: elaboración propia.

2.1.2.4. Actividades turísticas

El municipio cuenta con un área turística en el casco urbano (Museo Nacional El Trapiche), el cual posee un conjunto de depósitos destinados a la colocación de desechos, producto de esta actividad.

Se observó un total de seis depósitos de recolección ubicados en parejas, con una distribución estratégica en lugares donde se registra mayor permanencia de los turistas, con capacidad máxima de 0,3 m³, como se observa en la figura 7.

Figura 7. **Volumen de depósitos en actividades turísticas**



Fuente: elaboración propia, parque municipal.

Capacidad

$V = ?$

$V = \pi r^2 h$

$V = \pi * 0,3^2 \text{ m} * 1 \text{ m} = 0,3 \text{ m}^3$

Según los datos calculados en relación a la capacidad de los depósitos y el volumen de desechos generados por este tipo de actividad, se verificaron los seis depósitos utilizados para este tipo de actividad, durante un día por semana escalonada. El servicio prestado a esta actividad equivale a un día por semana, para un promedio total de $0,0794 \text{ m}^3$ por depósito. También se presenta el volumen por día, semana y mes (ver tablas IX y X).

Tabla IX. **Volumen promedio de desechos generados en actividades turísticas**

Mes	Semana	día	# de recipientes	Constante en m			Total m ³
				n	radio = 0,3 r ²	Altura h	
Mes 1	Semana 1	1	1	3,1416	0,09	0,27	0,075
			2	3,1416	0,09	0,40	0,113
			3	3,1416	0,09	0,27	0,075
			4	3,1416	0,09	0,35	0,098
			5	3,1416	0,09	0,00	0,000
			6	3,1416	0,09	0,54	0,151
Mes 2	Semana 2	2	1	3,1416	0,09	0,48	0,136
			2	3,1416	0,09	0,43	0,122
			3	3,1416	0,09	0,00	0,000
			4	3,1416	0,09	0,35	0,098
			5	3,1416	0,09	0,27	0,075
			6	3,1416	0,09	0,21	0,060
Mes 3	Semana 3	3	1	3,1416	0,09	0,54	0,151
			2	3,1416	0,09	0,38	0,106
			3	3,1416	0,09	0,27	0,075
			4	3,1416	0,09	0,40	0,113
			5	3,1416	0,09	0,24	0,068
			6	3,1416	0,09	0,14	0,038
Mes 4	Semana 4	4	1	3,1416	0,09	0,27	0,075
			2	3,1416	0,09	0,14	0,038
			3	3,1416	0,09	0,19	0,053
			4	3,1416	0,09	0,32	0,090
			5	3,1416	0,09	0,00	0,000
			6	3,1416	0,09	0,27	0,075

Continuación Tabla IX.

Mes	Semana	día	# de recipientes	n	radio = 0,3	r ²	Altura h	Total m ³
Mes 5	Semana 5	5	1	3,1416	0,09	0,19	0,053	
			2	3,1416	0,09	0,32	0,090	
			3	3,1416	0,09	0,27	0,075	
			4	3,1416	0,09	0,14	0,038	
			5	3,1416	0,09	0,54	0,151	
			6	3,1416	0,09	0,32	0,090	
								0,080

Fuente: elaboración propia.

- Desechos generados/depósito = área del depósito * altura de los desechos en el depósito
- Desechos generados/día = desechos generados/depósito * # de depósitos
- Desechos generados/semana = desechos generados/día * # de días a la semana
- Desechos generados/mes = desechos generados/semana * # de semanas

Tabla X. **Volumen total de desechos generados en actividades turísticas por depósito**

	0,0794	m³ por depósito	# depósitos
Vt=	0,4765	m ³ al día	6
Vt=	0,4765	m ³ a la semana	6
Vt=	1,9061	m ³ al mes	24

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Análisis de la situación

Según las evaluaciones realizadas, se determinó que el proceso de recolección de desechos urbanos (tren de aseo), empleado por la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, posee debilidades que le impiden optimizar el servicio. Se obtuvo información de primera mano, mediante una encuesta realizada a la población del casco urbano (ver anexo 1). Al respecto, se identificó lo siguiente:

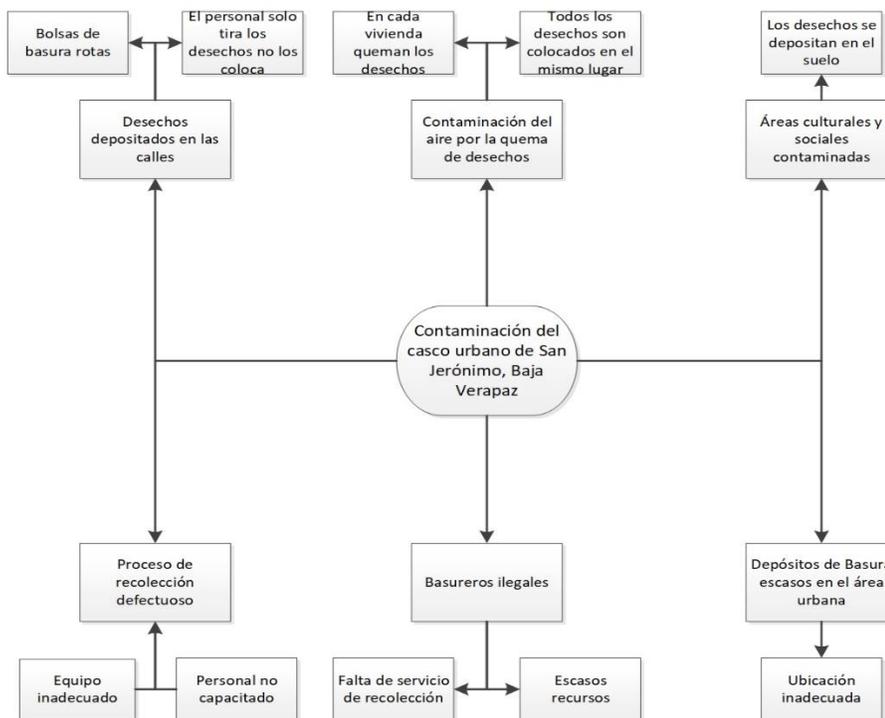
- El manejo inadecuado de los desechos genera contaminación en el casco urbano del municipio.
- El costo por servicio es de Q 3,00 por día de servicio (impide continuidad en la recolección, por falta de compromiso de la población ya que es un servicio opcional por la forma de pago).
- El vehículo utilizado tiene en avanzado deterioro físico su estructura.
- El personal a cargo del tren de aseo, no utiliza equipo de protección personal y desconoce si existen procedimientos preventivos ante una eventualidad.
- Los depósitos de basura ubicados en áreas sociales y turísticas se encuentran en mal estado debido a la falta de mantenimiento y daños causados por pobladores.
- Las autoridades municipales están conscientes del proceso inadecuado y el mal manejo de desechos urbanos, ya que se utilizan vertederos municipales sin el debido tratamiento, lo que provoca un impacto directo al medio ambiente.
- La ausencia de una planta de tratamiento municipal evita el aprovechamiento de los desechos urbanos para el desarrollo socioeconómico del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

- Existe un servicio privado de recolección que atiende aproximadamente a 375 familias por un costo de Q 30,00 mensuales.

2.1.4. Diagrama de árbol

Mediante entrevistas no formuladas, se obtuvo información de empleados y autoridades de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, acerca de residentes que utilizan el servicio y pobladores que hacen uso de fosas para incinerar los desechos sólidos. Con base en esa información se elaboró un diagrama de árbol, el cual se muestra en la figura 8.

Figura 8. Diagrama de árbol



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.2. Propuesta de factibilidad

La propuesta consiste en aprovechar al máximo los desechos urbanos generados por las distintas actividades de los pobladores y visitantes del municipio, empleando dos procesos (el de recolección y el de reciclaje y disposición de desechos urbanos). Se considera utilizar la maquinaria, vehículos y un predio municipal destinado para el tratamiento de desechos por parte de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.

La evaluación de factibilidad se determinará mediante los criterios económicos, técnicos y ambientales. Se planea reestructurar los procesos de recolección y cobro del servicio, así como, implementar procesos de reciclaje y disposición, al clasificar previamente los desechos por su categoría (orgánicos e inorgánicos). Se aplicará el método de compostaje para la generación de abono orgánico y posterior envasado en sacos sintéticos, para su distribución conjunta.

2.2.1. Proceso de recolección

A continuación, se desarrolla el estudio de factibilidad correspondiente al proceso de recolección de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz. Se sistematiza el servicio actual e implementan un proceso de reciclaje y disposición de desechos para la generación de un subproducto, el cual se detalla en la sección 2.2.2, mismo que está inmerso en la evaluación de factibilidad del proceso de recolección.

2.2.1.1. Tren de aseo

Es el sistema de recolección de desechos urbanos empleado por la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, el cual presta servicio los días

lunes y martes de cada semana. El municipio está subdividido en dos barrios, “Barrio Arriba y Barrio Abajo”. Dicho servicio se distribuye de la siguiente manera: lunes, realiza su recorrido en Barrio Arriba y martes, en Barrio Abajo.

Paralelamente al proceso de recolección se cobra el servicio prestado a cada uno de los usuarios, por día de servicio.

2.2.1.1.1. Contaminación generada

Dado al manejo inadecuado del servicio prestado por el tren de aseo, se genera alta contaminación visual y ambiental, como se muestra en la figura 9. Afecta directamente las áreas verdes, las microcuencas, la producción agrícola y forestal del municipio y sus alrededores, como se muestra en la figura 10.

Figura 9. **Contaminación visual**



Fuente: elaboración propia, vertederos comunales.

Figura 10. **Contaminación ambiental**



Fuente: elaboración propia, predio municipal.

2.2.1.1.2. Volumen de basura generada

El volumen de desechos urbanos, generados por las actividades realizadas en el municipio en un período de un mes, equivale a 47,8 m³, según el servicio prestado a cada actividad y la cantidad de días empleados para la recolección en los mismos, como se muestra en la tabla II.

2.2.1.2. Estudio de mercado

Mediante la información recabada con la técnica de observación, encuestas y entrevistas no formuladas, se identificó un potencial en la generación de desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz. Las principales actividades generadoras de desechos de la población, se clasifican principalmente en sociales, domésticas, laborales y turísticas, como se había detallado con anterioridad.

2.2.1.2.1. Segmentación del mercado

El servicio se encuentra segmentado en cuatro tipos de usuarios, clasificados por las actividades que desarrollan. La distribución de los días empleados por el tipo de actividad se describe en la tabla XI.

Tabla XI. **Número de días de recolección por actividad al mes**

Actividad	# de días
Social	8
Domestica	8
Laboral	8
Turística	4

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.2.2. Demanda

Los datos estadísticos proporcionados por la Unidad de Planificación Municipal de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, reflejan que el servicio prestado por el tren de aseo da cobertura al 48,72 % de la población urbana, aproximadamente 400 familias de un total de 821 que la integran (ver tabla XII).

Tabla XII. **Clasificación de la demanda**

Demanda		
Tipo de población	Cantidad de familias	% por localidad
Población atendida por tren de aseo (# Usuarios)	400	48,72
Población atendida por empresa privada (# Usuarios)	375	45,68
Población insatisfecha (# Usuarios)	46	5,60

Fuente: elaboración propia.

La evaluación del tren de aseo permitió determinar que existen tres tipos de localidades generadoras de desechos sólidos, además de los usuarios descritos en la tabla XII, como se muestra en la tabla XIII.

Tabla XIII. **Localidades generadoras de desechos**

Otras localidades generadoras de desechos	
Depósitos en áreas sociales	4
Depósitos en áreas Turísticas	6
Centros laborales con necesidad de servicio	6

Fuente: elaboración propia.

La clasificación de la demanda, según el servicio de recolección de desechos sólidos prestado por la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz y la empresa privada TREDASAN, permite determinar la demanda potencial de 775 usuarios y la demanda insatisfecha de 46 usuarios, como se muestra en la tabla XIV.

Tabla XIV. **División de la demanda**

Clasificación de la demanda	
Demanda potencial (# familias)	775
Demanda insatisfecha (# familias)	46

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.2.3. Oferta

La optimización del servicio de recolección de desechos sólidos prestado por la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, la expansión de los períodos de atención y con base en la capacidad del equipo utilizado, permite dar una atención óptima a la población actualmente atendida por el tren de aseo municipal y los servicios prestados por la empresa privada. Se emplea el servicio de atención por cuatro días a la semana para cumplir la demanda actual de 775 usuarios (ver tabla XV).

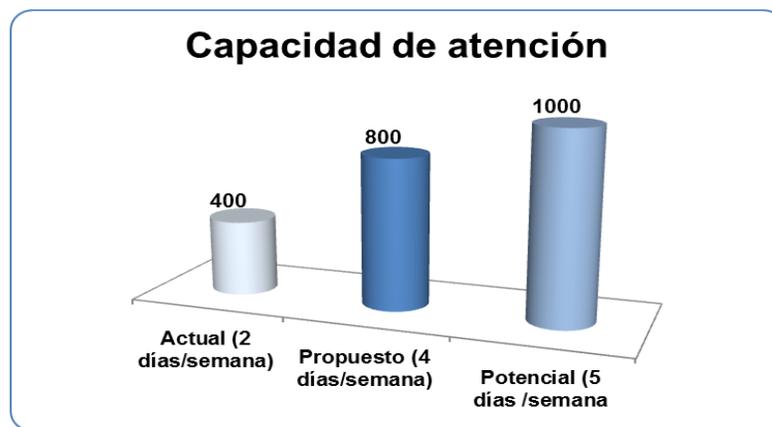
Tabla XV. **Capacidad de atención a la demanda**

Oferta	
Tipo de población y capacidad de atención	Usuarios
Población atendida por tren de aseo actual (En 2 días por semana)	400
Propuesta de atención de población (en 2 días adicionales por semana)	400
Población insatisfecha del total de la población del casco urbano	21

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, con el objetivo de dar atención a la población actualmente insatisfecha y potencializar el servicio ante el inminente incremento población en el casco urbano de este municipio, se establece una oferta de atención hasta de 1 000 usuarios, en 5 días a la semana, como se muestra en la figura 11.

Figura 11. **Capacidad de atención potencial**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel.

2.2.1.2.4. Estrategias de marketing (las cuatro “P”)

- **Producto**

La optimización del servicio de recolección de desechos sólidos del casco urbano de municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, conocido como tren de aseo, permitirá dar mejor atención a los usuarios demandantes. El proceso de recolección se realizará de manera ordenada e incrementará la confianza de los usuarios en el servicio.

- **Plaza**

El servicio de recolección estará distribuido geográficamente en los dos barrios que constituye el casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz (Barrio Arriba y Barrio Abajo), así como comunidades aledañas de fácil acceso. Se implementarán cuatro días semanales para la atención de usuarios, sectorizados geográficamente. Así mismo, el servicio será directo entre empleados municipales y usuarios.

- **Precio**

Con base en el costo de producción el cual se detalla en la tabla XVI, que involucra el costo del proceso de recolección y el proceso de reciclaje como generación de subproducto se estimó el precio por la prestación del servicio de recolección de desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz. Se tomó en cuenta el porcentaje de rentabilidad sugerido por las autoridades municipales (20 %) y el criterio de la población y se fijó el precio del servicio en Q 25,00 mensuales.

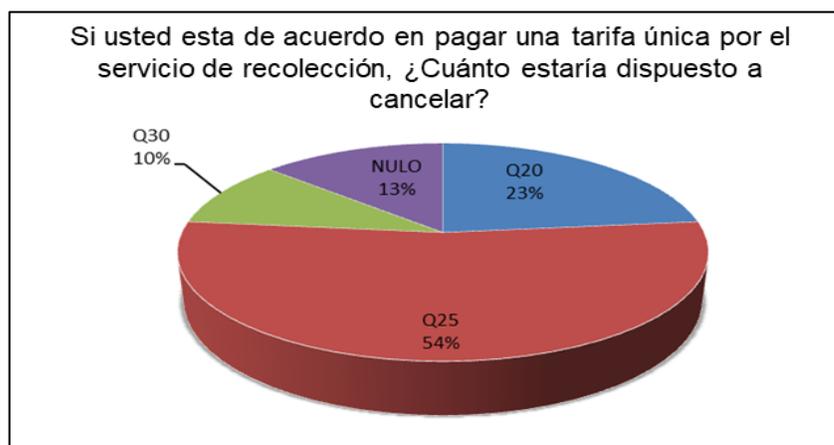
Tabla XVI. **Clasificación de la demanda**

		Costo mensual unitario (Quetzales)	Rentabilidad %	Precio Unitario (Quetzales)
Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	16 071,12	20,73693	20	25,36
Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	3 700,00	0,397849		
		21,13		

Fuente: elaboración propia.

Para decidir fue de suma importancia la evaluación del precio sugerido por la población, mediante una encuesta formulada (ver anexo 1). El resultado está representado por un 54 % de aceptación del precio en Q 25,00 mensuales, lo cual se expresa en la figura 12.

Figura 12. **Aprobación de la población al precio del servicio propuesto**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel.

- Promoción

El servicio de recolección estará antecedido por una campaña de concienciación sobre el manejo adecuado de desechos sólidos. Además, se dará a conocer la ejecución del servicio de recolección denominado tren de aseo, los beneficios y tarifas de funcionamiento, mediante pautas publicitarias en medios radiales y manas vinílicas distribuidas estratégicamente en el casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz (ver tabla XVII).

Tabla XVII. **División de la promoción del servicio**

	Cantidad	Precio (Quetzales)	Total (Quetzales)
Pautas publicitarias	43	75,00	3 225,00
Mantas vinílicas de (2 m * 5 m) a Q45/m2 = (10 m2 * Q45/m2)	5	450,00	2 250,00
			5 475,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.3. Estudio administrativo

El proceso de recolección de desechos sólidos del casco urbano se llevará a cabo los días lunes, martes, miércoles y jueves, en referencia a la necesidad de atención a los usuarios demandantes, debido que el servicio posee la capacidad de atención promedio de 200 usuarios por día. Se cuantifican dos días a la semana para cada barrio (Barrio Arriba y Barrio Abajo) del casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

2.2.1.3.1. Misión

Proporcionar un servicio que se adapte a las necesidades de la población. Crear en los usuarios la cultura del manejo adecuado de desechos sólidos y disminuir gradualmente los vertederos ilegales y minimizar el impacto ambiental.

2.2.1.3.2. Visión

Ser el modelo y el más reconocido servicio de recolección a nivel regional. Recopilar el mayor porcentaje de desechos generados en el casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

- Herramientas utilizadas

Para el planteamiento de la misión y la visión, se tomaron en cuenta los dos conjuntos de interrogantes, indispensables para la formulación de las mismas:

Misión	Visión
¿Quiénes somos?	¿Cuál es la imagen deseada de nuestro negocio?
¿Qué buscamos?	¿Cómo seremos en el futuro?
¿Qué hacemos?	¿Qué haremos en el futuro?
¿Dónde lo hacemos?	¿Qué actividades desarrollaremos en el futuro?
¿Por qué lo hacemos?	
¿Para quién trabajamos?	

2.2.1.3.3. Manual de funciones

La clasificación de puestos y salarios en la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, regulada por el Manual de Clasificaciones Presupuestarias para el Sector Público, establece la disponibilidad de personal contratado bajo el reglón presupuestario 031 (Jornales), para la prestación del servicio de recolección de desechos sólidos. A continuación se detalla el perfil y las funciones del recurso humano que tendrá a cargo la prestación del servicio (ver figuras 13, 14 y 15).

Figura 13. **Perfil y funciones del encargado técnico-supervisor**



• **Encargado II de operaciones y maquinaria de equipo**
(Encargado Técnico-Supervisor)

Perfil

- o Estudios universitarios: Sexto semestre de la carrera de Agronomía, Ingeniería Forestal, Ingeniería Ambiental o carrera a fin.
- o Poseer experiencia mínima de un año, en el manejo de personal.
- o Poseer conocimientos del proceso de reciclaje y disposición de desechos, preferentemente el método de compost.
- o Poseer conocimientos avanzados en el manejo de Office.
- o Conocimientos administrativos y del manejo de personal.

Funciones

- o Supervisar el servicio de recolección y funcionamiento la planta de tratamiento.
- o Encargado de establecer metodologías apropiadas para el manejo de desechos.
- o Verificar constantemente la calidad del abono orgánico, producido mediante el compostaje.
- o Participar en otras labores o actividades que la institución le requiera dentro del campo de su experiencia (manejo de desechos urbanos, Tratamiento, preparación y calidad de los procesos de reciclaje y disposición).

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Perfil y funciones del piloto - operador**



• **Encargado I de operaciones y maquinaria de equipo**
(Piloto – operador)

Perfil

- Tener aprobado sexto grado del nivel primario.
- Mayor de 18 años.
- Poseer licencia de conducir (tipo A), indispensable.
- Conocimientos en manejo de desechos urbanos, no indispensable.
- Conocimiento en el manejo de documentos contables (facturas, recibos y vales, no indispensable).

Funciones

- Encargado de conducción transporte pesado y operación de maquinaria.
- Asistir al encargado, en actividades relacionadas al proceso.
- Participar en otras labores o actividades que la institución le requiera dentro del campo de su experiencia (clasificación de desechos en planta de Tratamiento, preparación y mantenimiento de piletas de reciclaje).

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Perfil y funciones del recolector - operario**



Peón (Recolector – operario)

Perfil

- o Tener aprobado sexto grado del nivel primario.
- o Mayor de 18 años.
- o Conocimientos en manejo de desechos urbanos, no indispensable.
- o Conocimiento en el manejo de documentos contables (facturas, recibos y vales, no indispensable).

Funciones

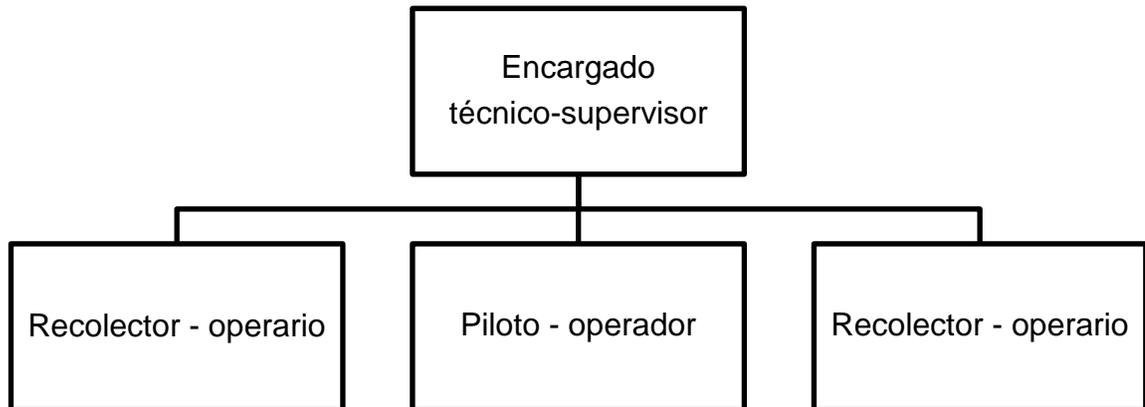
- o Encargado de recolectar los desechos urbanos generados en actividades, sociales, domésticas, laborales y turísticas, del municipio.
- o Asistir al encargado, en actividades relacionadas al proceso.
- o Participar en otras labores o actividades que la institución le requiera dentro del campo de su experiencia (clasificación de desechos en planta de Tratamiento, preparación y mantenimiento de piletas de reciclaje).

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.3.4. Organigrama

En el organigrama se dan a conocer los niveles de mando y sus responsabilidades. El organigrama planteado es de tipo suplementario con una estructura lineal, debido que existe un responsable en el proceso del servicio de recolección. Asimismo, representa las funciones de cada miembro, lo cual se muestra en la figura 15.

Figura 16. **Organigrama del proceso de recolección de desechos urbanos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.2.1.3.5. Salarios

Para dar la atención adecuada y fortalecer el funcionamiento del servicio de recolección, con base en el Manual de Clasificaciones Presupuestarias para el Sector Público, el personal a cargo del servicio debe ser contratado bajo el reglón presupuestario 031, debido a la disponibilidad de rubros laborales asignados a la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.

Los salarios por día laborado están sujetos a lo regulado en el Acuerdo Gubernativo 52-2012, en los que se establece el monto mínimo a devengar por jornal.

La planilla laboral está constituida en base al personal a cargo del servicio de recolección, las funciones y días empleados para la ejecución del servicio (ver tabla XVIII).

Tabla XVIII. **Planilla laboral para la ejecución del servicio de recolección**

Puesto	Salario / día (Quetzales)	Días Laborados	Base (Quetzales)	IGSS Patronal (10,67 %) (Quetzales)	Bonificación Ley (Quetzales)	Costo Laboral (Quetzales)	Salario a devengar (Quetzales)
Encargado I de operaciones y maquinaria de equipo Piloto - operador	90,00	30	2 700,00	288,09	250,00	3 238,09	2 819,59
Peón Recolector - operario	70,00	30	2 100,00	224,07	250,00	2 574,07	2 248,57
Peón Recolector - operario	70,00	30	2 100,00	224,07	250,00	2 574,07	2 248,57
Encargado II de operaciones y maquinaria de equipo Encargado Técnico-supervisor	100,00	15	1 500,00	160,05	125,00	1 785,05	1 552,55
			8 400,00	896,28	875,00	10 171,28	8 869,28

Inversión neta en planilla (Quetzales)	10 171,28
---	------------------

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.4. Estudio técnico

El estudio técnico describe el transporte empleado, los procedimientos aplicados y el recorrido realizado por el equipo encargado de brindar el servicio de recolección de desechos, a usuarios del casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

2.2.1.4.1. Evaluación del transporte

La municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, posee un vehículo de transporte de carga marca Mitsubishi Canter, modelo 1 998, con un rendimiento de 25 km/galón de combustible (ver figura 17), utilizado en el actual servicio de recolección de desechos (tren de aseo). Este posee las características que se detallan en las figuras 18 (capacidad) y 19 (características mecánicas).

Figura 17. **Vehículo de transporte de carga**



Fuente: elaboración propia, predio municipal.

Figura 18. **Características físicas del vehículo de transporte de carga**

FUSO CANTER 4.0 TON
2 puertas
3 espejos exteriores
Doble llanta en eje trasero
Llanta de repuesto
Ancho: 1,995 mm
Distancia entre ejes: 3,350 mm
Capacidad tanque combustible: 26.4 galones
Radio mínimo de giro: 6.0 mts
Limpiaparabrisas delantero con intermitente
Llantas 7.00R1612PR
Tapa tanque combustible con llave
Largo: 6,030 mm
Altura: 2,200 mm
Cabina al final del chasis: 4,305 mm
Distancia mínima al suelo: 200 mm

Fuente: Excel automotriz, Mitsubishi.

Figura 19. **Características mecánicas del vehículo de transporte de carga**

FUSO CANTER 4.0 TON
3,907cc, combustible Diesel
4 cilindros en línea
Par motor: 240Nm a 1,800rpm
Alternador de 24V, 50 amperios
Embrague hidráulico
Frenos hidráulicos
Separador de agua
Capacidad de carga de 4 toneladas
Suspensión delantera con capacidad de 2,300kg.
Amortiguadores hidráulicos en los ejes delanteros y traseros
Sistema de inyección directa
Potencia: 102HP a 3,200rpm
Sistema eléctrico de 24 voltios
Transmisión mecánica de 5 velocidades
2 baterías de 52 y 65 amperios
Freno de escape
Compensador de altura
Suspensión delantera y trasera de hojas de resorte
Suspensión trasera con capacidad de 4,200kg

Fuente: Excel automotriz, Mitsubishi.

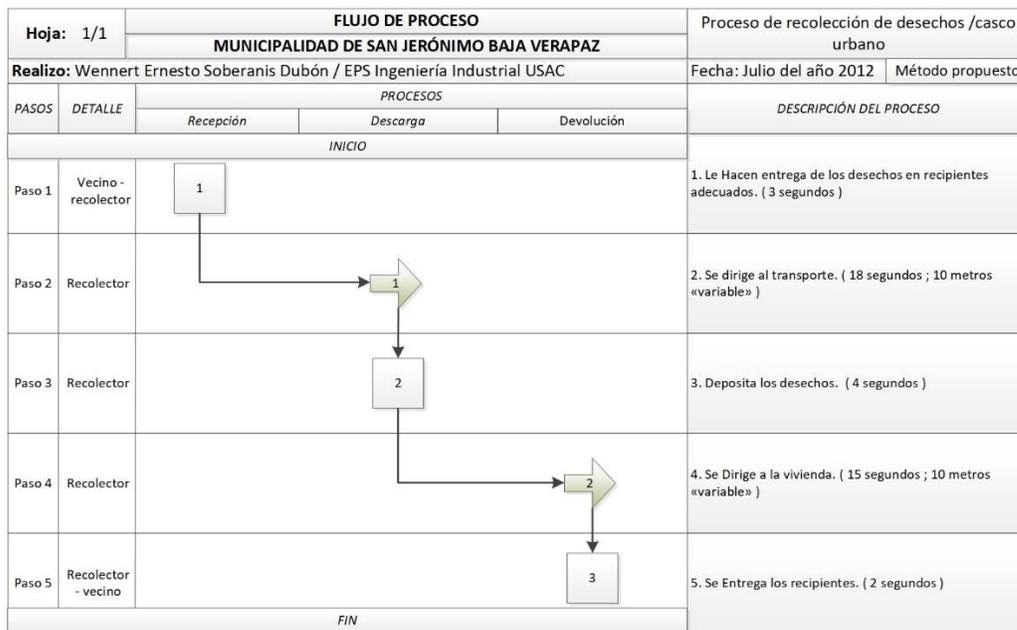
2.2.1.4.2. Análisis de los diagramas de procedimientos

El servicio de recolección de desechos urbanos en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, denominado tren de aseo, se integra por un proceso de recolección y un proceso de cobro por el servicio.

- Diagrama de flujo del procedimiento de recolección

El procedimiento de recolección actual es realizado de una manera extensa, por ende, se propone un nuevo procedimiento en el cual se optimiza el tiempo y espacio. Se elimina la operación que consisten en solicitar los desechos en las viviendas y la espera de los mismos, para agilizar de esta manera la recolección de desechos sólidos (ver figura 20).

Figura 20. Flujo del procedimiento de recolección propuesto



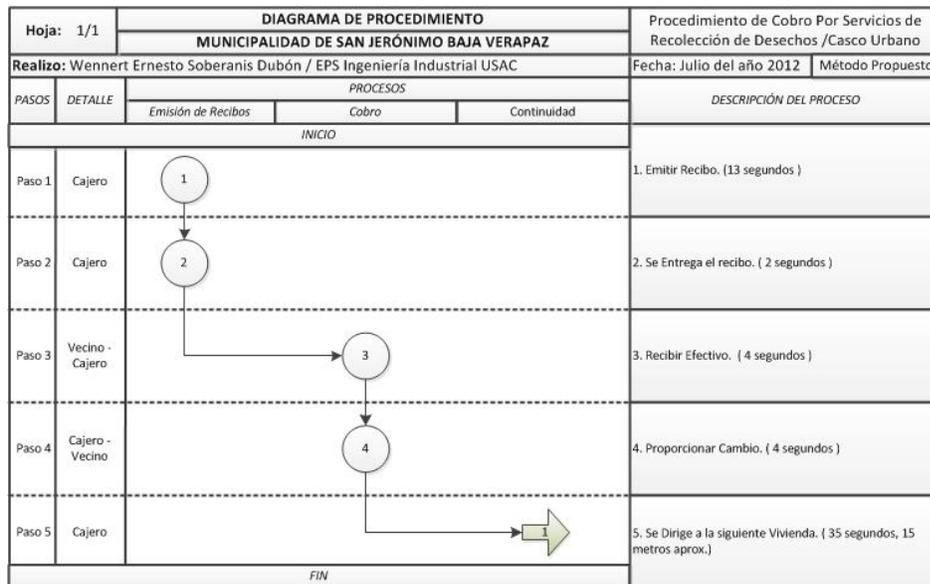
SIMBOLOGÍA			
Simbolo	Distancia	Tiempo	Descripción
3	----	----	Proceso
2	10 metros	15 segundos	Traslado

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

- Diagrama de flujo del procedimiento de cobro por el servicio

El servicio de recolección contempla el procedimiento de cobro, el cual se desarrollará durante los primeros días hábiles del mes. Dicho pago se realizará de manera anticipada a la prestación del servicio, para garantizar el compromiso y cumplimiento de los usuarios. El procedimiento de cobro estará a cargo del responsable del servicio y se detalla en la figura 21.

Figura 21. **Diagrama de procedimiento de cobro por servicio de recolección**



SIMBOLOGÍA			
Símbolo	Distancia	Tiempo	Descripción
4	----	----	Proceso
→ 1	15 metros	35 segundos	Traslado

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.2.1.5. Estudio económico

La integración de los costos y beneficios, en relación a la prestación del servicio de recolección de desechos sólidos, está detallado desde la inversión inicial hasta los costos y gastos por ejecución.

2.2.1.5.1. Inversión inicial

La evaluación de las condiciones del equipo y transporte, utilizado para el proceso de recolección de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz y la disponibilidad de recursos por parte de la municipalidad, permitió establecer las mejores opciones de inversión inicial para el servicio de recolección de desechos urbanos del municipio (ver tabla XIX).

Tabla XIX. Opciones de inversión inicial

Opción A		Opción B	
Descripción	Inversión (Quetzales)	Descripción	Inversión (Quetzales)
Modificación de la carrocería del vehículo de transporte y preparación mecánica	45 000,00	Sustitución del vehículo de transporte	250 000,00
Promoción del nuevo servicio	5 475,00	Promoción del nuevo servicio	5 475,00
Equipo de protección personal	1 000,00	Equipo de protección personal	1 000,00
Herramientas de remoción	500,00	Herramientas de remoción	500,00
TOTAL	51 975,00	TOTAL	256 975,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.5.2. Costos mensuales

- Determinación del costo por el uso del vehículo de transporte y maquinaria pesada

El registro de los recorridos diarios y el desplazamiento del vehículo de recolección por cada trayectoria, permite determinar el consumo de combustible mensual y el costo de mantenimiento del mismo, como se detalla en las tablas XX, XXI y XXII.

Tabla XX. **Costo por consumo de combustible del vehículo de transporte**

Descripción	Distancia km	No. Recorridos	Total km/día
Recorrido urbano	2	2	4
Recorrido hacia planta de tratamiento	46	2	92
Recorrido total diario			96
Consumo de combustible km/gl	25	Precio por Galón de combustible (Quetzales)	Total (Quetzales)
Consumo de combustible gl/día	4		
Días empleados al mes	16		
Consumo mensual de combustible gl (diésel)	61	36,00	2 211,84

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Costo por el consumo de combustible de maquinaria pesada**

Descripción	Gal	Horas / semana	Gal / semana
Consumo / hora	2	6	12
Consumo semanal			12
Semanas / mes	4	Precio por galón de combustible (Quetzales)	Total (Quetzales)
Consumo mensual de combustible gal (diésel)	48	36,00	1 728,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Costo por mantenimiento del vehículo de transporte y maquinaria pesada**

Vehículo	Tipo	Costo mensual (Quetzales)	Costo anual (Quetzales)	Cantidad / año	Costo anual total (Quetzales)	Costo mensual total (Quetzales)
Vehículo de recolección	menor	700,00		12	8 400,00	700,00
	mayor		1 500,00	1	1 500,00	125,00
Maquinaria pesada	menor	800,00		12	9 600,00	800,00
	mayor		2 200,00	1	2 200,00	183,33
					21 700,00	1 808,33

Fuente: elaboración propia.

- Determinación total de los costos mensuales

En la tabla XXIII se muestra el detalle de los costos mensuales, aplicados al servicio de recolección y el proceso de reciclaje y disposición de desechos. Dichos costos son indispensables para el funcionamiento del proceso de recolección, reciclaje y disposición de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

Tabla XXIII. **Cálculo total de los costos mensuales**

Costos mensuales de funcionamiento	
Descripción	Valor (Quetzales)
Costo mensual por consumo de combustible maquinaria pesada	1 728,00
Costo mensual por consumo de combustible transporte de recolección	2 211,84
Costo mensual por adquisición de sacos para abono orgánico	460,00
Costo mensual por mantenimiento mayor y menor, a vehículo de transporte y maquinaria pesada	1 808,33
Mano de obra	10 171,28
TOTAL	16 379,45

Fuente: elaboración propia.

La integración de los costos detallados en la tabla XXII incluye el valor mensual proporcional de los costos anuales asignados al mantenimiento mayor del vehículo de recolección y maquinaria pesada, ya que el mantenimiento mayor posee una programación única de periodicidad anual dentro del proyecto.

2.2.1.5.3. Beneficios mensuales

En cumplimiento de la demanda potencial, detallada en la sección 2.2.1.2.2, de este documento (775 usuarios), si se aplica un cobro de Q. 25,00 por servicio prestado, el cual se establece en la sección 2.2.1.2.4, se prevé un ingreso mensual de Q. 19 375,00, como se muestra en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Beneficios mensuales**

Ingresos mensuales por recolección	
Usuarios	775
Costo por servicio (Quetzales)	25,00
Ingreso mensual / recolección (Quetzales)	19 375,00

Fuente: elaboración propia.

Beneficio mensual = Ingresos mensuales – costos mensuales

Beneficio mensual = Q. 19 375,00 – Q. 16 379,45

Beneficio mensual = Q. 2 995,55

Incluye la distribución proporcional de los costos por mantenimiento mayor

Beneficios menos costos y gastos mensuales

Beneficio mensual = Q. 19 375,00 – Q. 16 209,28

Beneficio mensual = Q. 3 165,72

El beneficio económico mensual, por la ejecución del proceso de recolección de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, será aproximadamente de tres mil ciento sesenta y cinco quetzales con setenta y dos centavos (Q. 3 165,72).

2.2.1.6. Estudio financiero

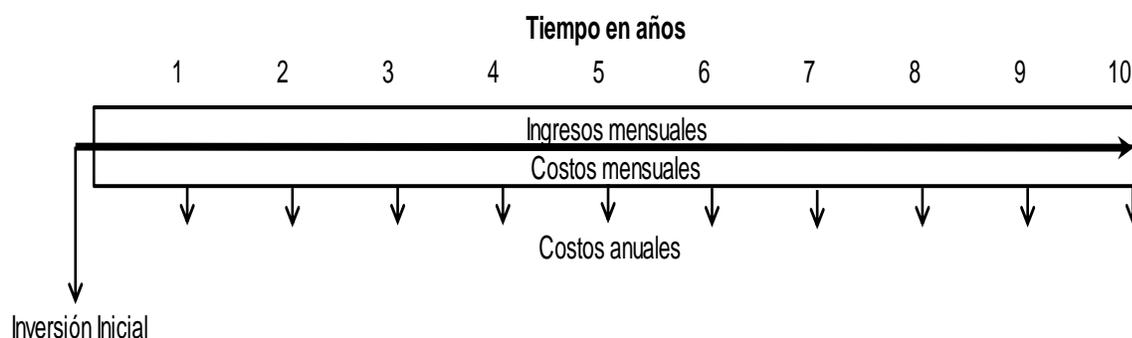
Para determinar la factibilidad financiera, en esta sección se involucran rubros financieros asignados al proceso de recolección de desechos urbanos; asimismo, al proceso de reciclaje y disposición de desechos (generación de subproducto) correspondiente a la sección 2.2.2 de este documento.

En la tabla XIV se da a conocer el flujo de efectivo referente a la inversión inicial aceptada por las autoridades de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, la cual se detalla en la tabla XVIII de la sección 2.2.1.5.1, y en la tabla XXXIII de la sección 2.2.2.5, correspondientes al estudio económico de ambos procesos. También se presenta la aplicación de indicadores financieros para la evaluación de dicha inversión.

2.2.1.6.1. Flujo de efectivo

El flujo de efectivo para el proceso de recolección está relacionado con la inversión inicial, costos fijos mensuales, anuales e ingresos fijos mensuales para un período de diez años, como se muestra en la figura 22.

Figura 22. **Flujo de efectivo del proceso de recolección reciclaje y disposición de desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

En relación a la evaluación técnica del vehículo de transporte, maquinaria pesada, necesidad del equipo de protección personal y herramientas de remoción para el personal a cargo del proceso recolección, reciclaje y disposición de desechos, se determinó una inversión inicial de Q. 320 525,00 integrada por los rubros de inversión inicial de los procesos de recolección (Q. 51 975,00), reciclaje y disposición de desechos (Q. 268 550,00).

El flujo de efectivo para un período de diez años se muestra en la tabla XXV, con su respectiva clasificación de ingresos y egresos.

Tabla XXV. Flujo de efectivo neto del proceso de recolección

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
0	320 525,00					320 525,00
1		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
2		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
3		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
4		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
5		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
6		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
7		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
8		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
9		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
10		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
11		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
12		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72
13		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
14		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
15		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
16		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
17		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
18		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
19		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
20		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
21		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
22		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
23		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
24		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72
25		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
26		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
27		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
28		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
29		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
30		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
31		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
32		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
33		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
34		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
35		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
36		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72
37		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
38		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
39		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
40		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
41		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
42		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
43		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
44		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
45		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
46		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
47		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
48		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72
49		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
50		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
51		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
52		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
53		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
54		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
55		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
56		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
57		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
58		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
59		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
60		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72
61		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
62		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
63		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
64		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
65		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
66		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
67		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
68		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
69		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
70		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
71		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
72		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72
73		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
74		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
75		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
76		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
77		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
78		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
79		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
80		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
81		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
82		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
83		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
84		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72
85		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
86		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
87		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
88		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
89		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
90		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
91		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
92		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
93		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
94		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
95		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
96		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72
97		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
98		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
99		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
100		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
101		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
102		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
103		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
104		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
105		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
106		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
107		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
108		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72
109		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
110		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
111		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
112		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
113		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
114		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
115		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
116		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72

Continuación Tabla XXV.

Egresos				Ingresos		
Mes	Inversión inicial (Quetzales)	Costos mensuales de funcionamiento (Quetzales)	Costos anuales de funcionamiento (Quetzales)	Ingresos mensuales por prestación de servicio de recolección (Quetzales)	Ingresos alternativos por disposición de productos inorgánicos (Quetzales)	Flujo de efectivo neto (Quetzales)
117		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
118		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
119		16 071,12		19 375,00	1 635,84	4 939,72
120		16 071,12	3 700,00	19 375,00	1 635,84	1 239,72

Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel.

2.2.1.6.2. Determinación de la tasa de descuento

Como registro histórico en proyectos de inversión municipal y a consideración de las autoridades encargadas de gestión de proyectos en la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, se establece una tasa de descuento del 10 %, justificable en partidas presupuestarias asignadas al

financiamiento otorgado por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), para la ejecución de obras municipales históricas.

Tasa de descuento = 10 %

Al aplicar la teoría del interés simple, donde la tasa de descuento indica la cantidad de dinero que se debe cancelar en un lapso determinado y es directamente proporcional al capital, tiempo e interés, se procede a calcular la tasa de descuento mensual, para fines analíticos en el flujo de inversión.

Se aplica la regla de tres para el cálculo de la tasa de descuento mensual:

Tasa de descuento $X = 10 \%$

Tiempo aplicable $t = 1 \text{ año (12 meses)}$

1 año ----- 12 meses

t ----- 1 meses (período aplicable)

$t = 1/12 = 0,083 \text{ años}$

$I = X * t$

$I = 10 \%/año * 0,083 \text{ años}$

$I = 0,833 \%$ mensual

2.2.1.6.3. Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto (VPN) de un flujo de ingresos y egresos en un período determinado, se comprende como el traslado de los valores futuros esperados a la actualidad. Se discrimina los valores positivos y negativos para constituir un solo valor que permita verificar el objetivo básico financiero de maximizar la inversión.

La aplicación del VPN en un proyecto de inversión puede reflejar tres opciones de evaluación según sus características, denotadas como:

VPN = Positivo, el proyecto es rentable

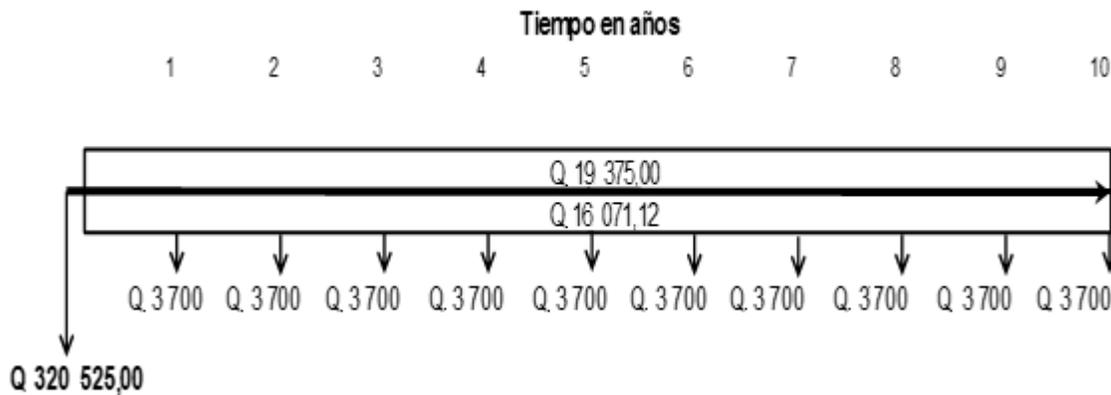
VPN = 0, la rentabilidad es equivalente a la obtenida en una inversión alterna, con una tasa de interés similar a la tasa de descuento aplicada.

VPN = Negativo, el proyecto no es rentable y debe rechazarse

- Valor presente neto para la inversión

El valor de la tasa de descuento por utilizar es del 10 % anual, equivalente al 0,833 % mensual. La evaluación de la inversión mediante el VPN se realizó como se muestra a continuación (ver figura 23):

Figura 23. **Diagrama de flujo de ingresos y egresos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Dado que se tienen valores uniformes, se procede a calcular el VPN en dos secciones (por anualidades):

VPN1: $A_1 = Q. 19\,375,00$
 $A_2 = Q. 16\,071,12$

$A_x = A_1 - A_2$ (se operan entre sí, debido que poseen el mismo período de anualidad)

$A_x = Q. 19\,375,00 - Q. 16\,071,12 = Q. 3\,303,88$

$i = 0,833\% = 0,00833$ (interés mensual)

$T = 120$ meses

$VPN1 = A_x \frac{((1+i)^n - 1)}{i(1+i)^n}$

$VPN1 = Q. 3\,303,88 \frac{((1+0,00833)^{120} - 1)}{0,00833(1+0,00833)^{120}}$

$VPN1 = Q. 3\,303,88 \frac{((1+0,00833)^{120} - 1)}{0,00833(1+0,00833)^{120}}$

$VPN1 = Q. 3\,303,88 \cdot 1,7059678 / 0,0225407$

$VPN1 = Q. 250\,050,348$

VPN2: $A = Q. 1\,635,84$

$i = 0,833\% = 0,00833$ (interés mensual)

$T = 120$ meses

$VPN2 = Q. 1\,635,84 \frac{((1+0,00833)^{120} - 1)}{0,00833(1+0,00833)^{120}}$

$VPN2 = Q. 1\,635,84 \cdot 1,7059678 / 0,0225407$

$VPN2 = Q. 123\,806,73$

VPN3: $A = Q. 3\,700,00$

$i = 10\%$

$T = 10$ años

$VPN3 = - A_x \frac{((1+i)^n - 1)}{i(1+i)^n}$

$$VPN3 = -Q. 3\,700 \frac{((1+0,10)^{10}-1)}{[0,1(1+0,1)]} \cdot 10$$

$$VPN3 = -Q. 3\,700 \cdot 1,59374/0,259374$$

$$VPN3 = -Q. 22\,734,898$$

$$VPN = \text{Inversión} + (VPN1 + VPN2) + VPN3$$

$$VPN = -320525,00 + 250\,050,348 - 22\,734,898 + 123\,806,73$$

$$\mathbf{VPN = Q. 30\,597,18}$$

- Análisis de rentabilidad

Si se obtuvo un VPN positivo, el proceso puede llevarse a cabo mediante esta opción de inversión, debido a su rentabilidad.

2.2.1.6.4. Aplicación de indicadores financieros

Los indicadores financieros nos permiten determinar la factibilidad financiera de una inversión y la rentabilidad de ejecución de un proyecto. La combinación de criterios planteados por el análisis beneficio-costos y la tasa interna de retorno, orientan al inversor para una adecuada toma de decisión.

- Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de descuento que iguala el VPN de una inversión a cero. Se considera que una inversión es recomendable si la TIR es equivalente o superior a la tasa de descuento utilizada para la evaluación del flujo de efectivo. La TIR correspondiente a la inversión integrada del proceso de recolección fue calculada con herramientas de cómputo, mediante el programa Microsoft Excel:

Tasa interna de retorno = 12,27 %

$$\text{VPN1} = \text{Q. } 3\,303,88 \frac{((1+\text{TIR}/12)^{120}-1)}{[\text{TIR}/12 (1+\text{TIR}/12)]^{120}} + \text{Q. } 1\,635,84 \frac{((1+\text{TIR}/12)^{120}-1)}{[\text{TIR}/12 (1+\text{TIR}/12)]^{120}} - \text{Q. } 3\,700 \frac{((1+\text{TIR})^{10}-1)}{[\text{TIR}(1+\text{TIR})]^{10}} - 320\,525,00$$

$$0 = \text{Q. } 3\,303,88 \frac{((1+\text{TIR}/12)^{120}-1)}{[\text{TIR}/12 (1+\text{TIR}/12)]^{120}} + \text{Q. } 1\,635,84 \frac{((1+\text{TIR}/12)^{120}-1)}{[\text{TIR}/12 (1+\text{TIR}/12)]^{120}} - \text{Q. } 3\,700 \frac{((1+\text{TIR})^{10}-1)}{[\text{TIR}(1+\text{TIR})]^{10}} - 320\,525,00$$

TIR = 12,27 %

La TIR obtenida para la evaluación de la inversión es del 1,02 % mensual (12,27 % anual). Es mayor a la tasa de descuento utilizada 0,833 % mensual (10 % anual), la ejecución del proceso es factible y sostenible.

- Análisis beneficio costo (B/C)

El análisis beneficio-costos (B/C), es un indicador que permite determinar la rentabilidad de una inversión, denotado por los criterios siguientes: si el B/C es mayor o igual a uno, el proyecto es rentable; por el contrario, si la relación B/C es inferior a uno, este no será rentable debido a la inconsistencia de recuperación de la inversión. Además, si el B/C fuere igual a uno, podemos determinar una recuperación de la inversión; por aparte, si fuere mayor a uno, el proyecto permitirá recuperar la inversión y obtener un ingreso adicional (ver figura 24).

Figura 24. Diagrama de flujo de ingresos y egresos anualizados



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Beneficios:

$$\text{VPN1} = \text{Q. } 250\,050,348$$

$$\text{VPN1} + \text{VPN2}$$

$$\text{VPN2} = \text{Q. } 123\,806,73$$

$$\text{Beneficio} = \text{Q. } 373\,857,078$$

Costos:

$$\text{Inversión inicial} = \text{Q. } 320\,525,00$$

$$\text{VPN 3} = \text{Q. } 22\,734,898$$

$$\text{Costo} = \text{Q. } 343\,259,898$$

$$\text{B/C} = \text{Q. } 373\,857,078 / \text{Q. } 343\,259,898$$

$$\text{B/C} = 1,09$$

Si el indicador de B/C obtenido es mayor a uno, por criterio y definición, el proceso puede llevarse a cabo, ya que refleja rentabilidad y recuperación de la inversión en el período evaluado; además, se podría obtener un leve ingreso adicional al invertido.

2.2.1.7. Estudio de impacto ambiental

La generación de desechos urbanos en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, están divididos en desechos orgánicos e inorgánicos.

- Evaluación de impacto

La ausencia o la aplicación incorrecta de un proceso de recolección incita a la población a generar basureros ilegales en el casco urbano y depósitos residenciales sin un tratamiento adecuado. Esto se observó por la inestabilidad en la recolección de desechos, ya que los usuarios no realizaban la actividad de manera constante y periódica, como efecto de la debilidad del servicio por la modalidad de cobro, la cual no genera compromiso de la población.

- Medición del impacto poblacional

El manejo inadecuado de desechos incrementa la contaminación en la región, provocando el deterioro indirecto de las reservas ecológicas ubicadas en la misma.

- Impacto al medio ambiente

El aumento de la contaminación en el municipio favorece al calentamiento global, el cual genera condiciones climáticas variantes y extremas. Afecta la

actividad agrícola y forestal; y disminuye la actividad turística en la región, debido que en el casco urbano se ubica el Museo Regional del Trapiche.

2.2.2. Proceso de reciclaje y disposición para la elaboración de un subproducto orgánico

A continuación se desarrolla el estudio de factibilidad correspondiente al proceso de reciclaje y disposición de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, como un nuevo proceso. El objetivo del mismo es generar un subproducto que sea de beneficio para la población y, al mismo tiempo, autosostenible y amigable al medio ambiente, mediante la combinación de ingresos obtenidos en el proceso de recolección.

La edificación de una planta de tratamiento básica le sumará importancia a este subproducto, el cual será generado mediante el proceso de reciclaje con la metodología de compostaje para la generación de abono orgánico. De esta manera el producto podrá ser distribuido entre pobladores adscritos a programas ambientales (Pinpep y Pinfor), como incentivo para la conservación de la cobertura forestal, así como para la ejecución de programas forestales municipales.

2.2.2.1. Reciclaje por el método del compost

El reciclaje de desechos por el método del compost es un proceso de transformación de la materia orgánica. Puede ser empleado en cualquier tipo de materia natural, preferiblemente vegetal. El período estimado para su producción óptima es de cuatro meses, con iluminación y humedad adecuada.

2.2.2.1.1. Análisis de insumos

Las materias primas de mayor efectividad para el proceso de reciclaje con el método de compost. son:

- Restos de cosechas: restos vegetales jóvenes como hojas, frutos, follajes o tubérculos, que son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Aunque los restos vegetales más adultos como troncos, ramas y tallos, son menos ricos en nitrógeno.
- Restos de cocina: restos de frutas y hortalizas.
- Estiércol animal: destaca el estiércol de vaca, aunque otros muy usados son la gallinaza, estiércol de conejo, de caballo, de oveja, cerdo y los purines.
- Complementos minerales: son necesarios para corregir las carencias de ciertas tierras. Como por ejemplo, las enmiendas rocas calizas y magnésicas, la roca fosfórica, rocas ricas en potasio y rocas silíceas.

2.2.2.1.2. Volumen de desechos disponibles

La disponibilidad está relacionada al volumen de desechos generados por la población del casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, los cuales serán trasladados a la planta de tratamiento mediante el proceso de recolección, anteriormente definido.

La implementación de este servicio permitirá un mayor recaudo de desechos y reducir las malas prácticas para el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos. La evaluación estimada por volumen de desechos en el vertedero municipal del municipio de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz, durante cuatro días, cuatro semanas y cuatro meses distintos, reflejó las proporciones que se muestran en la tabla XXVI y figura 25.

Tabla XXVI. **Subdivisión proporcional de desechos sólidos**

Tipo de desecho	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		% promedio
	Día 2		Día 1		Día 2		Día 1		
	Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		
	m ³	%	m ³	%	m ³	%	m ³	%	
Orgánico	2,9	93,97	2,856	95,01 0	2,89	98,43	3,4	96,386	96,0
Vidrio	0,052	1,685	0,08	2,661	0,012	0,409	0,035	0,992	1,4
Plástico	0,05	1,620	0,035	1,164	0,012	0,409	0,033	0,936	1,0
Metal	0,011	0,356	0	0,000	0,001	0,034	0,0005	0,014	0,1

Continuación Tabla XXVI.

Tipo de desecho	Mes 1		Mes 2		Mes 3		Mes 4		% promedio
	Día 2		Día 1		Día 2		Día 1		
	Semana 2		Semana 3		Semana 4		Semana 5		
	m ³	%							
Caucho	0,05	1,620	0	0,000	0	0,000	0,011	0,312	0.5
Papel	0,023	0,745	0,035	1,164	0,021	0,715	0,048	1,361	1.0
	3,086		3,006		2,936		3,5275		

Fuente: elaboración propia, con Microsoft Excel.

Figura 25. **Clasificación de desechos en vertedero municipal**



Fuente: elaboración propia, predio municipal.

Con base en los registros obtenidos sobre el volumen de desechos cuantificados en el proceso de recolección y la implementación del servicio, para dar atención a la demanda potencial de 775 usuarios, se prevé un incremento del volumen de desechos, lo cual se detalla en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Volumen proporcional de desechos esperados**

Tipo de actividad	Total en m ³ por semana	Total en m ³ por mes
Social	0,17	0,6760
Domestica	20,94	83,7760
Laboral	0,83	3,3303
Turística	0,48	1,9061
Volumen de desechos generados	22,42	89,6884

Fuente: elaboración propia.

El volumen de desechos recolectados según su actividad, los cuales serán procesados y distribuidos en la planta de tratamiento, se describe en las tablas XXVIII, XXIX, XXX y XXXI.

Tabla XXVIII. **Desechos generados por actividad social**

	0,04225	m ³ por depósito	# depósitos
Vt=	0,0845	m ³ al día	2
Vt=	0,1690	m ³ a la semana	4
Vt=	0,6760	m ³ al mes	16

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Desechos generados por actividad doméstica**

	2,6180	m³ por viaje		# Viajes
Vt=	5,2360	m ³	al día	2
Vt=	20,9440	m ³	a la semana	8
Vt=	83,7760	m ³	al mes	32

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Desechos generados por actividad laboral**

	0,1388	m³ por establecimiento		# establecimientos
Vt=	0,4163	m ³	al día	3
Vt=	0,8326	m ³	a la semana	6
Vt=	3,3303	m ³	al mes	24

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Desechos generados por actividad turística**

	0,0794	m³ por depósito		# depósitos
Vt=	0,4765	m ³	al día	6
Vt=	0,4765	m ³	a la semana	6
Vt=	1,9061	m ³	al mes	24

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.2. Estudio de mercado

Mediante la técnica de la entrevista no formulada, se determinó que el abono orgánico puede ser utilizado por los pobladores de la región, principalmente por todos aquellos agricultores inscritos en los programas de reforestación del PINPEP y PINFOR, promovidos por el Instituto Nacional de Bosques (INAB) en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz y sus alrededores.

Además, el subproducto generado con base en el proceso de reciclaje puede ser utilizado por la administración municipal para la promoción de proyectos de reforestación, derivado de la pérdida boscosa por tala ilegal y la recurrencia de incendios forestales.

2.2.2.2.1. Demanda

Durante el período 2012 – 2013, el INAB registró en el departamento de Baja Verapaz un total de 5 840 hectáreas en fase de reforestación, beneficiando a 10 347 personas.

El mercado objetivo se inclina hacia los beneficiarios de estos programas sociales, debido que el subproducto generado puede ser distribuido sin ningún costo, ya que la ejecución del mismo está contemplada en la evaluación financiera del proceso de recolección de desechos (ver tabla XXXII).

Tabla XXXII. Hectáreas y pobladores beneficiados con programas forestales en Baja Verapaz

BAJA VERAPAZ	PINFOR	PINPEP	Total Área (ha)
	Área (ha)	Área (ha)	
	2 992	2 848	5 840

Fuente: Instituto Nacional de Bosques.

2.2.2.2. Oferta

La recolección de desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, que serán ingresados a la planta de tratamiento para su debido proceso de reciclaje y disposición, permitirá generar el subproducto denominado abono orgánico, el cual será procesado con base en el volumen de desechos, según la clasificación (ver tabla XXVI).

El proceso del subproducto, según la clasificación porcentual de los desechos por tipo, permitirá generar 344 sacos de abono orgánico, debidamente procesados y empacados, con disponibilidad para su distribución. (ver tablas XXXIII y XXXIV).

Tabla XXXIII. **Clasificación de desechos sólidos por tipo y volumen**

DESECHO	%	m³ / mes
Orgánicos	96,00	86,10
Vidrio	1,40	1,26
Plástico	1,00	0,90
Metal	0,10	0,09
Hule / caucho	0,50	0,45
papel	1,00	0,90

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Generación de subproducto, abono orgánico debidamente envasado**

Producción de Abono Orgánico	Capacidad / Envase	Producto Envasado
m ³ / mes	m ³ / saco	Sacos / mes
86,10	0,25	344

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.2.3. Estrategia de marketing

- **Producto**

El abono orgánico generado será envasado en la planta de tratamiento como parte del proceso de reciclaje de desechos sólidos y generación de un subproducto.

Dicho subproducto estará a disponibilidad de la población, bajo la administración de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.

- **Precio**

Se tiene contemplada la producción y disposición del subproducto sin incurrir en precio de venta, debido que el costo de producción está inmerso en la evaluación financiera del proceso de recolección.

- **Plaza**

Los medios de canalización para beneficiarse con la adquisición de este producto, serán directamente con la persona encargada del proceso. Ella evaluará la necesidad del mismo, así como su utilización.

El subproducto está enfocado principalmente para ser utilizado por personas de escasos recursos.

- Promoción

Como parte de la promoción del servicio de recolección de desechos se contempló el reconocimiento y divulgación del subproducto que será generado en la planta de tratamiento municipal de San Jerónimo, Baja Verapaz. El enfoque es beneficiar a la población y hacer conciencia del uso inadecuado de los desechos y la contaminación que estos generan.

2.2.2.3. Estudio administrativo

El proceso de reciclaje y disposición de desechos urbanos se llevará a cabo en la planta de tratamiento en una jornada laboral diurna, para brindar atención a la población en general y al vehículo de transporte utilizado en el proceso de recolección los días empleados de cada semana.

El período laboral estará compuesto por ocho horas diarias, los cinco días hábiles de la semana. El personal a cargo del proceso de reciclaje será el mismo encargado del proceso de recolección, debido a la disponibilidad de horario, dividiendo la jornada de esta manera: proceso de recolección durante jornada matutina y proceso de reciclaje y disposición de desecho en jornada vespertina.

2.2.2.3.1. Perfiles y funciones

Los perfiles y funciones están relacionados a los perfiles y funciones del proceso de recolección, ya que el personal a cargo del proceso de reciclaje y disposición de desechos sólidos cumple con ambas funciones. A continuación se detalla el perfil y las funciones para los puestos de piloto-operador (ver figura 26, 27 y 28).

Figura 26. Perfil y funciones del encargado técnico - supervisor



• **Encargado II de operaciones y maquinaria de equipo**
(Encargado Técnico-Supervisor)

Perfil

- Estudios universitarios: Sexto semestre de la carrera de Agronomía, Ingeniería Forestal, Ingeniería Ambiental o carrera a fin.
- Poseer experiencia mínima de un año, en el manejo de personal.
- Poseer conocimientos del proceso de reciclaje y disposición de desechos, preferentemente el método de compost.
- Poseer conocimientos avanzados en el manejo de Office.
- Conocimientos administrativos y del manejo de personal.

Funciones

- Supervisar el servicio de recolección y funcionamiento la planta de tratamiento.
- Encargado de establecer metodologías apropiadas para el manejo de desechos.
- Verificar constantemente la calidad del abono orgánico, producido mediante el compostaje.
- Participar en otras labores o actividades que la institución le requiera dentro del campo de su experiencia (manejo de desechos urbanos, Tratamiento, preparación y calidad de los procesos de reciclaje y disposición).

Fuente: elaboración propia

Figura 27. **Perfil y funciones del piloto - operador**



• **Encargado I de operaciones y maquinaria de equipo (Piloto – operador)**

Perfil

- Tener aprobado sexto grado del nivel primario.
- Mayor de 18 años.
- Poseer licencia de conducir (tipo A), indispensable.
- Conocimientos en manejo de desechos urbanos, no indispensable.
- Conocimiento en el manejo de documentos contables (facturas, recibos y vales, no indispensable).

Funciones

- Encargado de conducción transporte pesado y operación de maquinaria.
- Asistir al encargado, en actividades relacionadas al proceso.
- Participar en otras labores o actividades que la institución le requiera dentro del campo de su experiencia (clasificación de desechos en planta de Tratamiento, preparación y mantenimiento de piletas de reciclaje).

Fuente: elaboración propia

Figura 28. **Perfil y funciones del recolector - operario**



Peón (Recolector – operario)

Perfil

- o Tener aprobado sexto grado del nivel primario.
- o Mayor de 18 años.
- o Conocimientos en manejo de desechos urbanos, no indispensable.
- o Conocimiento en el manejo de documentos contables (facturas, recibos y vales, no indispensable).

Funciones

- o Encargado de recolectar los desechos urbanos generados en actividades, sociales, domesticas, laborales y turísticas, del municipio.
- o Asistir al encargado, en actividades relacionadas al proceso.
- o Participar en otras labores o actividades que la institución le requiera dentro del campo se su experiencia (clasificación de desechos en planta de Tratamiento, preparación y mantenimiento de piletas de reciclaje).

Fuente: elaboración propia

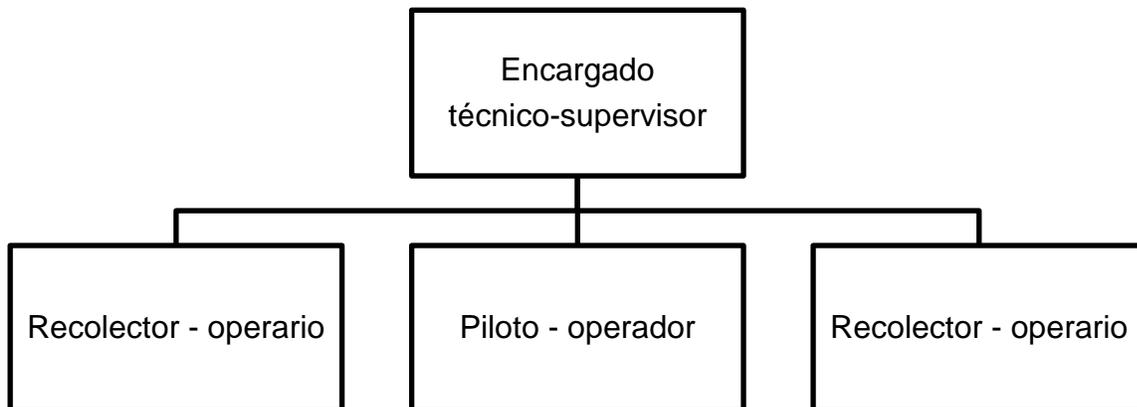
2.2.2.3.2. Sueldos

Debido que el personal a cargo del proceso de reciclaje cumple con funciones del proceso de recolección, con el fin de unificar los procesos, la planilla laboral está descrita en la sección 2.2.1.3.5, de este documento.

2.2.2.3.3. Organigrama

La distribución de funciones organizacionales en la planta de tratamiento está distribuida de forma suplementaria con estructura lineal. Se da a conocer los niveles de mando, la responsabilidad y la función del personal a cargo del proceso de reciclaje y disposición de desechos urbanos, el cual se muestra en la figura 29.

Figura 29. **Organigrama del proceso de reciclaje y disposición de desechos urbanos**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.2.2.4. Estudio técnico

El estudio técnico evalúa el equipo y los procedimientos aplicados por el personal encargado del proceso de reciclaje y disposición de desechos en la planta de tratamiento del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

2.2.2.4.1. Evaluación del equipo

La municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, cuenta con un predio destinado para la planta de tratamiento y con el vehículo de transporte de carga (el mismo que es utilizado en el proceso de recolección).

- Planta de tratamiento

El predio destinado para la planta de tratamiento posee una extensión territorial de 20 000 m², en condiciones semiplanas, esto facilita la instalación de la infraestructura y el funcionamiento de la misma (Ver figura 30).

Figura 30. **Predio para planta de tratamiento**



Fuente: elaboración propia, predio municipal.

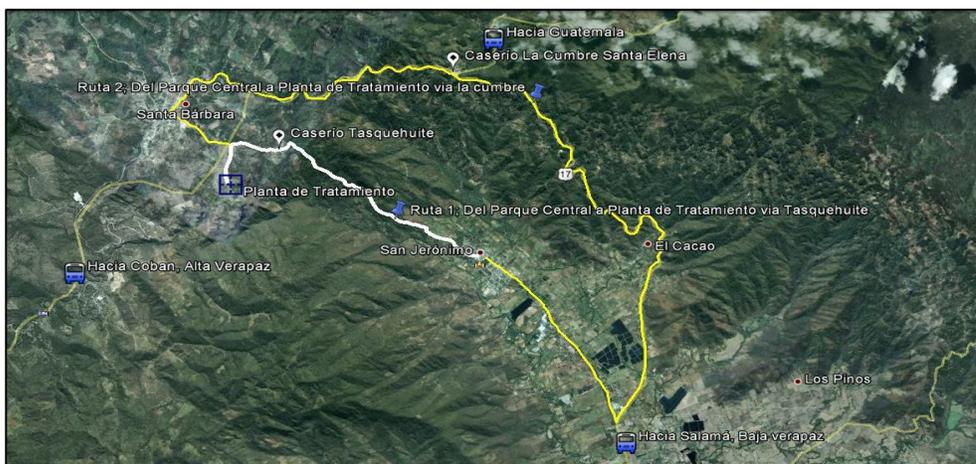
Dicho predio municipal se encuentra ubicado en la aldea Santa Bárbara, en la región norte del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz. Tiene acceso por dos rutas, de las cuales una de ellas se encuentra asfaltada y la otra mantiene infraestructura de terracería. Las características se observan en la tabla XXXV y en la figura 31.

Tabla XXXV. Acceso a planta de tratamiento

Partida		Planta de tratamiento	Distancia en km	Símbolos
San Jerónimo	➡	Santa Bárbara (planta de tratamiento) vía Tasquehuite	6	▬
San Jerónimo	➡	Santa Bárbara (planta de tratamiento) vía cumbre Santa Elena	23	▬

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Ingreso a planta de tratamiento

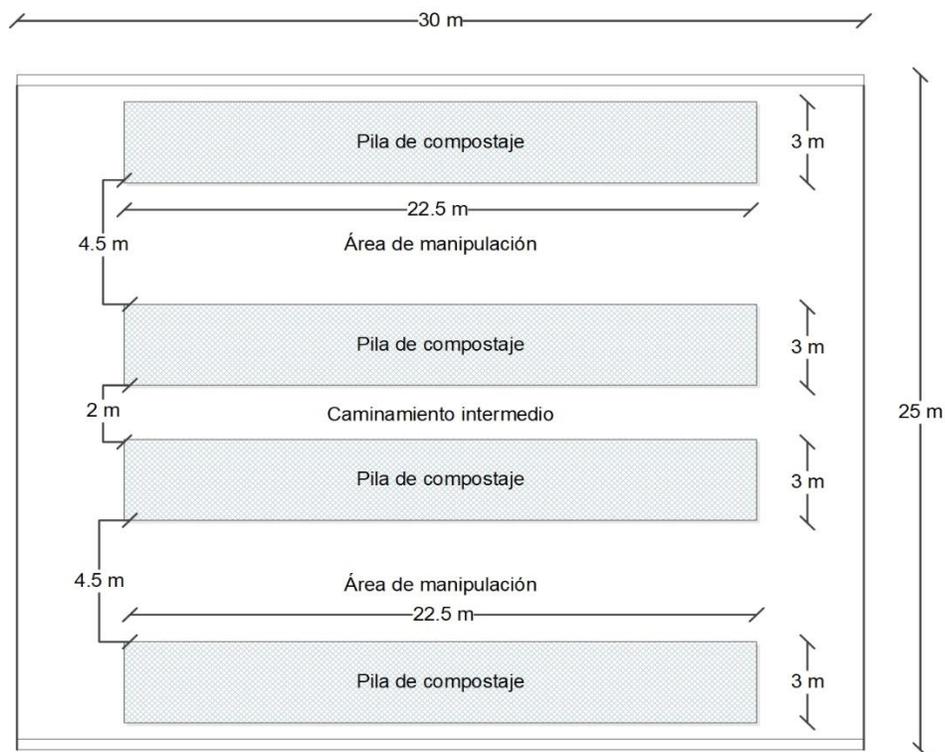


Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

La planta de tratamiento estará compuesta por dos bodegas, una de proceso (sin techo) donde se aplica el método del compost (ver figura 32) y la bodega de producto terminado (ver anexo 2, 3 y 4), que será utilizada para el almacenamiento y despacho del producto. Además, en esta se sitúan las instalaciones administrativas (ver figura 33).

Figura 32. **Bodega de productos en proceso**

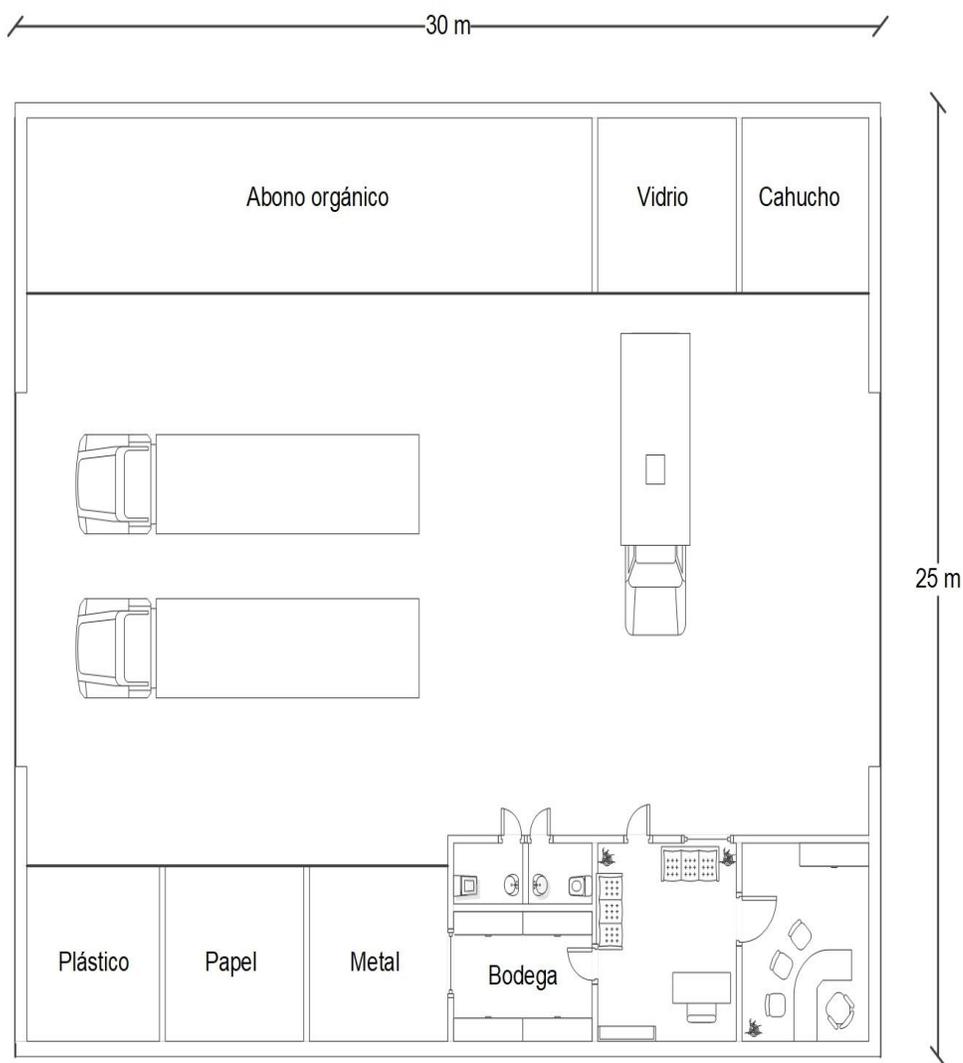
Hoja: 1/1	Bodega de Producto en Proceso	Dimensionamiento	
	MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO BAJA VERAPAZ		
Realizo: Wennert Ernesto Soberanis Dubón / EPS Ingeniería Industrial USAC		Fecha: Septiembre del año 2012	Método propuesto



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 33. **Bodega de producto terminado**

Hoja: 1/1	Bodega de Producto terminado	Dimensionamiento	
	MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO BAJA VERAPAZ		
Realizo: Wennert Ernesto Soberanis Dubón / EPS Ingeniería Industrial USAC		Fecha: Septiembre del año 2012	Método propuesto



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

- Vehículo de transporte de carga

El vehículo utilizado en la planta de tratamiento para el traslado de los productos debidamente envasados y clasificados hacia la bodega de producto terminado, será el mismo utilizado en el proceso de recolección de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

- Maquinaria pesada

Para la ejecución del proceso de reciclaje y disposición de desechos sólidos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, se cuenta con un equipo de maquinaria pesada, de marca Case, modelo 1998, cuyas especificaciones se detallan a continuación (ver figura 34 y 35).

Figura 34. Especificaciones maquinaria pesada

Retroexcavadora	
Profundidad de excavación en estado plegado	4340 mm
Profundidad de excavación en estado desplegado	5560 mm
Alcance desde el codo articulado en estado plegado	5440 mm
Alcance desde el codo articulado en estado desplegado	6650 mm
Fuerza de la pala en estado plegado	5085.7 kg
Fuerza de la pala en estado desplegado	5085.7 kg
Carga con la elevación máxima en estado plegado	885 kg
Carga con máxima elevación en estado desplegado	367 kg
Altura de cargas en estado plegado	3400 mm
Altura de carga en estado desplegado	4040 mm
Alcance con la carga elevada en estado plegado	2670 mm
Alcance con la carga elevada en estado desplegado	3500 mm

Motor	
Fabricante	Case
Modelo	Family III 445/M2, 2 nivel
Potencia total	60 kW
Potencia efectiva	57 kW
Cilindrada	4.5 l.
Potencia medida en	2200 RPM.
Momento de fuerza tomado en	1400 RPM.
Aumento de momento de fuerza neto	23 %
Número de cilindros	4
Momento de fuerza máximo neto	314 Nm
Aspiración	aspiración natural

Fuente: Manual Case.

Figura 35. **Maquinaria pesada**



Fuente: elaboración propia, predio municipal.

2.2.2.4.2. Análisis y diagramas de flujo de procesos

El proceso de reciclaje y disposición de desechos urbanos está constituido por el proceso de producción de abono orgánico, la disposición de abono orgánico debidamente envasado y de desechos inorgánicos clasificados.

- Producción de abono orgánico

La producción de abono orgánico se lleva a cabo mediante el método de compost, el cual se detalla a continuación. El proceso de reciclaje está representado con el diagrama de flujo de proceso en la figura 36.

Método de compost:

- Seleccionar el área donde se llevará a cabo, la cual debe estar protegida de la lluvia.
- Reunir los residuos disponibles en un área cercana a las composteras. La forma física de los residuos debe estar comprendida en partículas pequeñas.
- Formar una capa de 20 cm de espesor con residuos de cosechas y otras plantas; sobre ésta una capa de tierra de 5 cm de grosor. Se repite esta secuencia de capas hasta alcanzar una altura máxima de 1,5 m.
- Agregar agua a la compostera en forma de riego a dispersión para alcanzar suficiente humedad
- Instalar respiraderos a una distancia de 5 metros entre cada uno, los cuales pueden ser de cañas de bambú o bien tubería PVC debidamente perforadas para permitir que salga el exceso de calor.
- Cubrir superficialmente la compostera. Deja reposar por 3 semanas.
- Mezclar de manera uniforme para permitir la combinación de los elementos. Cubre superficialmente de nuevo.
- Al finalizar las 5 semanas siguientes se mezcla de nuevo. Cubrir superficialmente y cosechar el compost a los 3 o 4 meses de iniciado el proceso.

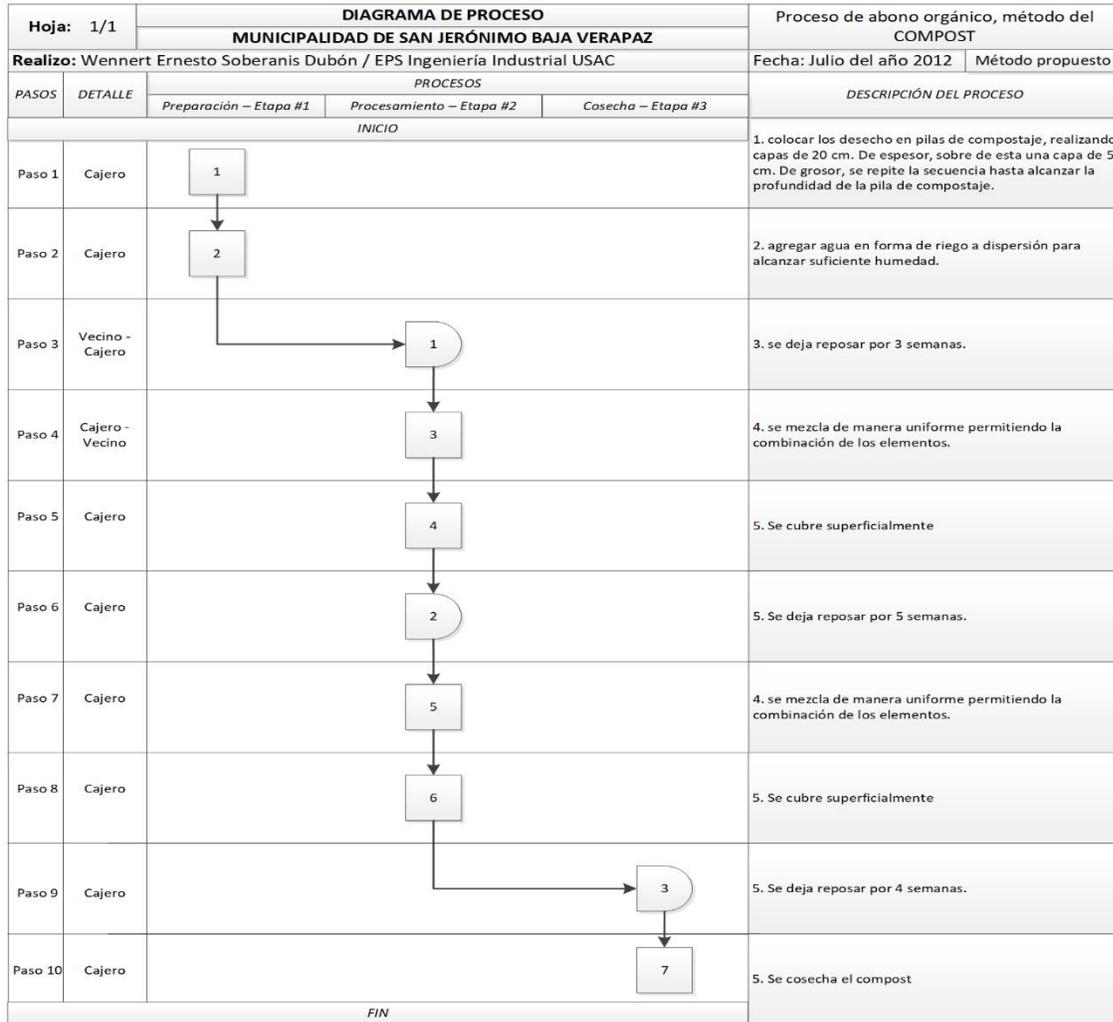
Entre los factores que participan en este proceso están: la temperatura, la humedad, la aireación, la relación carbono / nitrógeno, el pH o nivel de acidez del suelo, el tamaño de las partículas, la población microbiana y el control periódico.

- Temperatura: depende de la actividad microbiológica y de la mezcla de los materiales; si la mezcla es buena, a las 14 horas de preparada la temperatura debe subir. Una temperatura de 50 °C es un buen indicador. Si sube a más de 70 °C es demasiado y se debe enfriar mezclando los elementos o remojándolos si no están muy húmedos.
- Humedad: la humedad óptima para el proceso del abono es de un 50 % a un 60 % en relación con el peso de la mezcla. Si está muy seco, la descomposición es muy lenta (disminuye la actividad de los microorganismos). Si está muy húmedo, falta oxígeno y puede haber putrefacción de los materiales, ya que el agua ocupará todos los poros y, por lo tanto, el proceso se volvería anaeróbico (sin oxígeno). El resultado será una mezcla de mal olor y textura muy suave por el exceso de agua.
- Aireación: el proceso de compostaje es aeróbico (ventilación necesaria). Al preparar la mezcla y depositarla en las pilas de compostaje no se compactan los materiales, ya que deben estar sueltos. Si no existe ventilación adecuada los microorganismos aeróbicos no pueden trabajar y se obtendrá un producto de mala calidad.
- Relación carbono/nitrógeno (C/N): el carbono y el nitrógeno son los dos componentes básicos de la materia orgánica; por ello, para obtener un compost de buena calidad, es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Esta relación depende del tipo de materiales que se usen y sus proporciones. Los que tienen tejido leñoso,

son fibrosos y secos, se descomponen lentamente y son más ricos en carbono. Los verdes, frescos y los que se descomponen rápido, son más ricos en nitrógeno, incluidas las plantas leguminosas. La relación debe mantenerse entre 25 a 35 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica; si es muy baja no afecta al proceso de compostaje, pero se pierde nitrógeno en forma de amoníaco.

- El pH (acidez): el nivel más conveniente para los microorganismos del suelo está entre 6 y 7,5. Los valores extremos inhiben la actividad microbial. La cal y la ceniza se pueden usar en las aboneras para regular el pH, con cuidado de no utilizar demasiada.
- Tamaño de las partículas: entre más grandes sean los materiales usados, más tiempo van a tardar en descomponerse. Se debe triturar los materiales y organizarlos en capas intercaladas de diferentes clases.
- Población microbiana: el compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y microorganismos que son fundamentales para que el proceso se complete de manera exitosa.
- Control periódico: este es un proceso que dura hasta 3 meses, por lo que debe revisarse periódicamente para que todas las fases se lleven a cabo de la mejor manera y se obtenga un abono de buena calidad.

Figura 36. Diagrama de flujo del procedimiento en la producción de abono orgánico, como subproducto



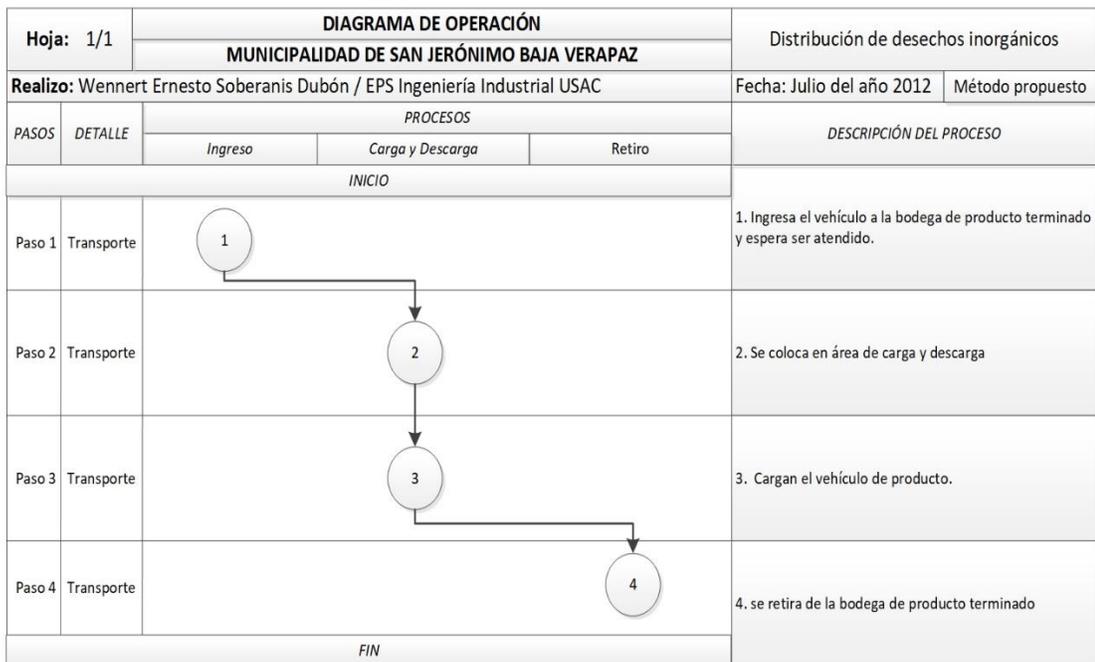
SIMBOLOGÍA			
Símbolo	Distancia	Tiempo	Descripción
	----	----	Proceso
	----	12 semanas	Demora

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

- Disposición de abono orgánico y desechos inorgánicos

La disposición del producto terminado (abono orgánico) y desechos inorgánicos debidamente clasificados, se llevará a cabo en la bodega de producto terminado que se observa en la figura 17. Las operaciones de despacho se detallan en el diagrama de operaciones que se muestran en la figura 37.

Figura 37. Diagrama de distribución de desechos urbanos



SIMBOLOGÍA			
Simbolo	Distancia	Tiempo	Descripción
	----	-----	Proceso

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

- Estudios de cola en recepción de desechos

Para determinar la capacidad de atención en la planta de tratamiento de los vehículos con desechos urbanos, se realizó un estudio de cola en el vertedero municipal de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz (a 15 km del municipio de San Jerónimo), donde actualmente se depositan los desechos urbanos, sin una clasificación y tratamiento adecuado (ver figura 38).

Figura 38. **Vertedero municipal de San Miguel Chicaj, Baja Verapaz**



Fuente: elaboración propia, vertedero municipal.

Se observó que la frecuencia de llegada de los vehículos de transporte al vertedero municipal es de 4 por día. El tiempo promedio de atención a cada vehículo es de 1 hora, aproximadamente. Con base en esta información se procedió a calcular el tiempo promedio en el sistema y en la cola; la cantidad promedio de vehículos en el sistema y en la cola. Se estima que dicho servicio posee un análisis de tipo exponencial, dado los valores y frecuencias observadas.

Se calculó la probabilidad de que sean atendidos los vehículos que brindan el servicio a los vecinos de tipo residencial y comercial. También se evaluó la probabilidad que haya un solo vehículo recibiendo el servicio y la probabilidad que haya tres vehículos esperando ser atendidos, mediante las fórmulas representadas en la figura 39.

Datos:

$$\mu = 1 \text{ vehículo/hora} \quad \rightarrow \quad 8 \text{ vehículos/día.}$$

$$\lambda = 4 \text{ vehículos/día}$$

$$1 \rightarrow \text{Vehículo que recolecta los desechos}$$

Con base en los datos, se observa el modelo que dicha agencia posee. Se establece que posee un modelo Poisson Exponencial referente a:

M/M/1/∞/∞

Figura 39. **Formulario teoría de colas**

FORMULAS:

$$P_0 = 1 - \rho \qquad \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$P_n = \rho^n * P_0 \quad \text{si } 0 \leq n \leq S$$

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad L = \frac{\lambda}{\mu-\lambda}$$

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \qquad W = \frac{1}{\mu-\lambda}$$

Fuente: elaboración propia.

Solución:

" $\rho=?$ "

$$\rho = \lambda / \mu \quad \rho = 4 / 8 = 0,5$$

" $P_0=1-\rho$ "

$$P_0 = 1 - 0,4167 = 0,5$$

"P" ("que los recolectores estén brindando el servicio") =? $P_0=0,5$

" $P_n=?$ " $\rightarrow n=1$

$$P_n = \left[\rho \right]^n \cdot P_0 \quad \text{si } n > 0 \quad P_n = [0,4167]^1 \cdot 0,5833 = 0,25$$

" $P_n=?$ " $\rightarrow n=5$

$$P_n = \left[\rho \right]^n \cdot P_0 \quad \text{si } n > 0 \quad P_n = [0,4167]^5 \cdot 0,5833 = 0,02$$

" $L_q=?$ "

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)} \quad L_q = \frac{4^2}{8(8-4)} = \frac{16}{32} = 0,5$$

" $L=?$ "

$$L = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \quad L = \frac{4}{8-4} = 1$$

" $W_q=?$ "

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)} \quad W_q = \frac{4}{8(8-4)} = 0,13$$

" $W=?$ "

$$W = \frac{1}{\mu-\lambda} \quad W = \frac{1}{8-4} = 0,25$$

Resultados:

Dado a los resultados obtenidos se obtuvo que:

W

Tiempo promedio en el sistema por vehículo es: 0,25 días → 2 horas

Wq

Tiempo promedio en la cola por vehículo es: 0,13 días → 1 hora con 2 minutos

L

Cantidad promedio de usuarios en el sistema es: 1 usuario → 1 vehículo

Lq

Cantidad promedio de usuarios en la cola es: 0,5 usuarios → 0,5 vehículos

P

Probabilidad que los receptores del predio estén brindando el servicio es: 0,5 → 50 %

P1

Probabilidad que haya un solo vehículo en el sistema es: 0,25 → 25 %

P5

Probabilidad que hayan 5 vehículos esperando ser atendidas es: 0,02 → 2 %

2.2.2.5. Estudio económico

La integración de los costos y beneficios, en relación al proceso de reciclaje y disposición de desechos sólidos, está detallado desde la inversión inicial hasta los costos y gastos por ejecución.

2.2.2.5.1. Inversión inicial

Al evaluar las condiciones del equipo y del predio que serán utilizados en el proceso de reciclaje y disposición de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, se determinaron dos opciones de las cuales, por disposiciones municipales, se empleará como única propuesta la opción B. Esta se detalla en la tabla XXXVI.

Tabla XXXVI. Opciones de inversión inicial

Opción A		Opción B	
Descripción	Inversión (Quetzales)	Descripción	Inversión (Quetzales)
Estudio de impacto ambiental	15 000,00	Estudio de impacto ambiental	15 000,00
Planta de Tratamiento de 200 m2 (Q. 2,500/m2)	500 000,00	Se cuenta con el inmueble para la planta de tratamiento	0
Maquinaria Pesada	750 000,00	Maquinaria Pesada	0
Herramienta de Remoción	2 000,00	Herramienta de Remoción	2 000,00
Equipo de Protección / personal	2 250,00	Equipo de Protección / personal	2 250,00

Continuación Tabla XXXVI

Opción A		Opción B	
Descripción	Inversión (Quetzales)	Descripción	Inversión (Quetzales)
Bodega de Empaque y Almacenamiento	155 000,00	Bodega de Empaque y Almacenamiento	155 000,00
Composteras de Proceso	94 300,00	Composteras de Proceso	94 300,00
TOTAL	1 518 550,00	TOTAL	268 550,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.5.2. Costos mensuales

- Determinación del costo por el uso de la maquinaria pesada

El registro del uso diario de la maquinaria pesada dentro del vertedero municipal, permitió determinar el consumo de combustible mensual y el costo de mantenimiento de la misma, como se detalla en las tablas XXXVII y XXXVIII.

Tabla XXXVII. **Costo por el consumo de combustible diésel**

Descripción	Gal	Horas / semana	Gal / semana
Consumo / hora	2	6	12
Consumo semanal			12
Semanas / mes	4	Precio por galón (Quetzales)	Total (Quetzales)
Consumo mensual de combustible	48	36,00	1 728,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Costo por mantenimiento de la maquinaria pesada**

Vehículo	Tipo	Costo mensual (Quetzales)	Costo anual (Quetzales)	Cantidad / año	Costo anual total (Quetzales)	Costo mensual total (Quetzales)
Vehículo de recolección	menor	700,00		12	8 400,00	700,00
	mayor		1 500,00	1	1 500,00	125,00
Maquinaria pesada	menor	800,00		12	9 600,00	800,00
	mayor		2 200,00	1	2 200,00	183,33
					21 700,00	1 808,33

Fuente: elaboración propia.

- Determinación del costo de los sacos utilizados para envasar

Con base en la producción de abono orgánico se determinó la cantidad de sacos (344) necesarios para el envasado del subproducto, lo cual se detalla en la tabla XXXIX. Se estableció el costo mensual de dichos sacos obtenidos a un precio de Q. 115,00 el ciento. Por fines de compra venta, se incurrirá en el gasto de cuatro cientos.

Tabla XXXIX. **Costo mensual de los sacos para envasar**

Descripción	Cantidad en unidades	Cantidad en cientos	Costo / ciento (Quetzales)	Costo total (Quetzales)
costal para abono	344	4	115,00	460,00

Fuente: elaboración propia.

- **Determinación total de los costos mensuales**

Los costos generados para la producción de abono orgánico y el funcionamiento de la planta de tratamiento están incluidos en el análisis financiero del proceso de recolección, debido que dará origen autosostenible al proceso de reciclaje y disposición de desechos urbanos del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.

2.2.2.5.3. Beneficios mensuales

Los beneficios mensuales únicamente proceden de la distribución de desechos inorgánicos, los cuales serán distribuidos con proveedores locales para fomentar el desarrollo económico y el empleo en el municipio. En este sentido se estandarizaron los precios de los productos, según consulta informal (ver tabla XXXX).

Tabla XL. **Ingresos por disposición de desechos inorgánicos**

Descripción	Estimación promedio kg/m ³	volumen m ³	kg	lb	Q./lb	Ingresos / mes (Quetzales)	
Papel	929	0,90	833,20	1 833,05	0,15	274,96	
Metal	8 600	0,09	771,31	1 696,90	0,2	339,38	
Plástico	910	0,90	816,16	1 795,56	0,3	538,67	
Vidrio	2 500	1,26	3 139,09	6 906,00	0,3	2 071,80	
Caucho	950	0,45	426,01	937,24	0,05	46,86	Variación 50 %
						3 271,67	1 635,84

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.6. Estudio de impacto ambiental

El método del compost permite generar abono orgánico, el cual está compuesto químicamente por nitrógeno, fósforo y potasio (NPK), nutrientes que, al ser depositados en los suelos, permiten el desarrollo máximo de las plantaciones, para obtener productos de calidad.

- Evaluación de impacto

El proceso de recolección empleado en la actualidad genera desechos urbanos que son depositados en vertederos municipales y basureros ilegales, sin el debido procedimiento de reciclaje.

Esto incrementa las emisiones de CO₂ (dióxido de carbono) y favorece al aumento de gases tipo invernadero, los cuales son dañinos para el medio ambiente.

Los agricultores en la región utilizan fertilizantes químicos, los cuales, con el paso del tiempo, debilitan la tierra utilizada y eliminan los minerales necesarios para una producción óptima.

- Medición del impacto poblacional

Estos efectos impactan directamente en los cultivos de la región, ya que parte del departamento de Baja Verapaz está dentro de la zona semiárida del país (corredor seco). Además, las inestabilidades del medio ambiente erosionan la biodiversidad en las áreas boscosas del municipio.

- Impacto al medio ambiente

La generación de este tipo de gases provoca un impacto a nivel mundial, altera los ciclos de vida por las anomalías océano-atmosféricas e incide en la prolongación de la canícula año con año y la expansión del corredor seco nacional.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ

3.1. Producción más limpia

Llevar un plan adecuado de ahorro energético permite evitar la contaminación ambiental y reducir el consumo elevado de energía eléctrica.

3.1.1. Situación eléctrica actual de la empresa

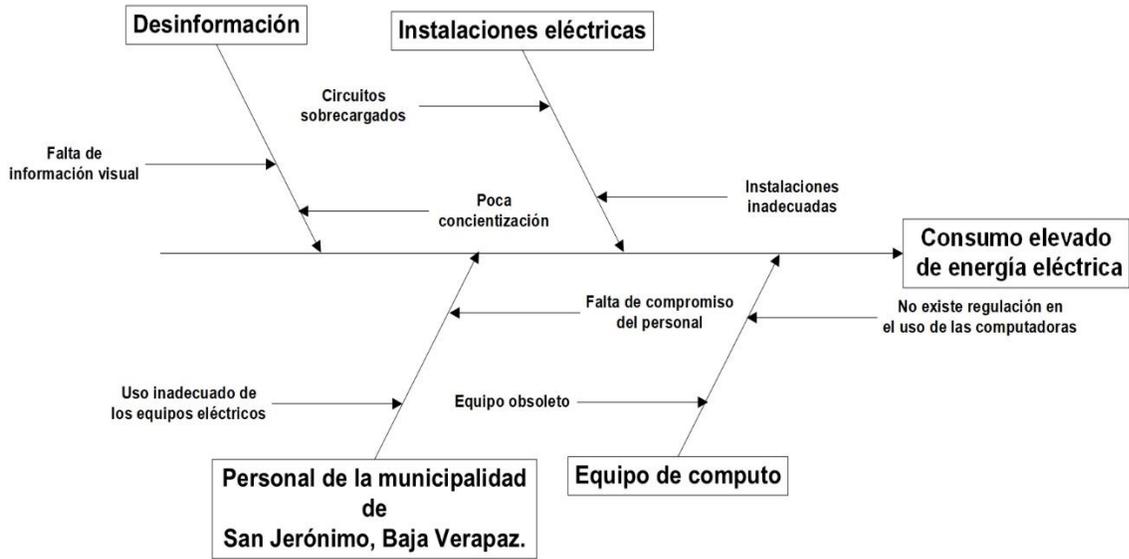
La evaluación de elementos dentro de las instalaciones de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, evidencia el consumo elevado de energía eléctrica. A continuación, se detallan las causas y la tendencia del consumo elevado de energía eléctrica de diciembre 2011, abril 2012 y junio 2012, mediante el diagrama de Ishikawa y la gráfica de consumo eléctrico (ver tabla XLI y figuras 40 y 41).

Tabla XLI. **Tendencia de consumo eléctrico actual**

Consumo	Diciembre 2011	Abril 2012	Junio 2012
KW	307	537	540
Quetzales	721,00	1 355,00	1 289,00

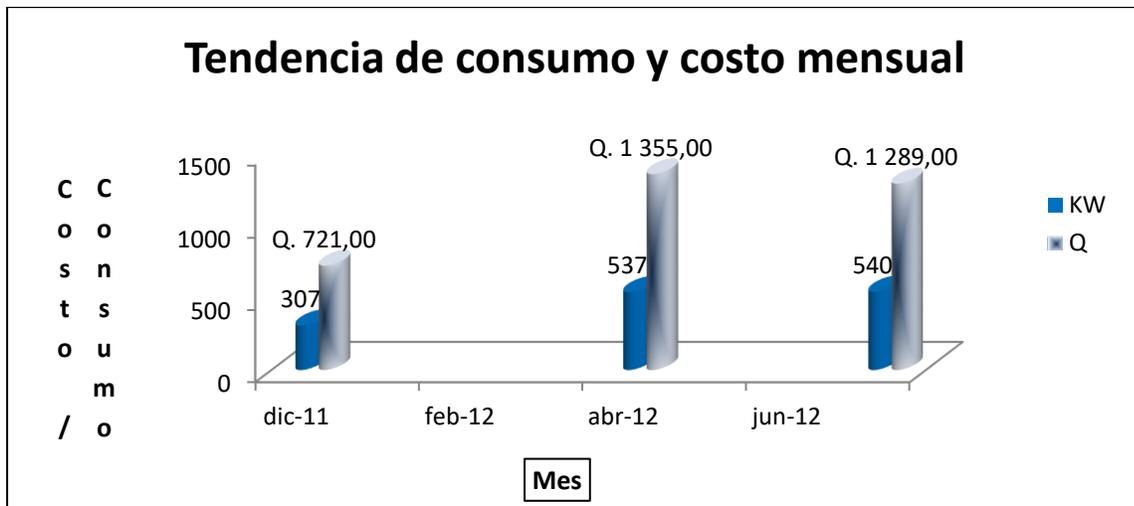
Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Diagrama de Ishikawa, situación actual



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 41. Gráfico de consumo energético



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

3.1.1.1. Consumo actual

Con base en el historial de consumo energético de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, se determinó que emplea un promedio de 461 Kw, equivalente a Q. 1 122,00 (ver tabla XLII).

Tabla XLII. **Consumo actual**

Consumo	
KW	461
Quetzales	1 122,00

Fuente: elaboración propia.

El consumo elevado de energía eléctrica en esta institución es por la inadecuada instalación eléctrica que existe en sus instalaciones, ya que solo se utiliza energía eléctrica ocho horas al día durante cinco días a la semana.

La energía eléctrica es utilizada por cinco lámparas dobles de gas neón, tres lámparas incandescentes, doce equipos de cómputo, dos aires acondicionados. El resto se da por desperdicio dado a la instalación existente, en dispositivos de corriente eléctrica (ver figuras 42, 43, 44 y 45).

- Cálculo

$$(10 \text{ lámparas}) * (50 \text{ W}) * (8 \text{ horas/día}) * (22 \text{ días/mes}) = 88\ 000 \text{ W} = 88 \text{ kW h/mes}$$

$$(3 \text{ lámparas}) * (100 \text{ W}) * (8 \text{ horas/día}) * (22 \text{ días/mes}) = 52\ 800 \text{ W} = 52,8 \text{ kW h/mes}$$

$(12 \text{ equipos de c\u00f3mputo}) * (150 \text{ W}) * (8 \text{ horas/d\u00edas}) * (22 \text{ d\u00edas/mes}) = 316\,800 \text{ W} = 316,8 \text{ kW h/mes}$

$(2 \text{ equipos de aire acondicionado}) * (1\,000 \text{ W}) * (2 \text{ horas/d\u00eda}) * (22 \text{ d\u00edas/mes}) = 88\,000 \text{ W} = 88 \text{ kW h/mes}$

Se consume un total de 545,6 kW h/mes, en promedio.

- Costo

$545,6 \text{ kW h/mes} * \text{Q. kW h/mes } 1,91 = \text{Q. } 1\,042,1$

Al costo del consumo de energ\u00eda el\u00e9ctrica se le suman los cargos fijos y cargo de alumbrado p\u00fablico.

Figura 42. **Equipo de A/C**



Fuente: elaboraci\u00f3n propia, oficinas municipales.

Figura 43. **Lámparas de gas neón**



Fuente: elaboración propia, oficinas municipales.

Figura 44. **Equipo de cómputo**



Fuente: elaboración propia, oficinas municipales.

Figura 45. **Instalación inadecuada**



Fuente: elaboración propia, oficinas municipales.

3.1.2. Consecuencia ambiental del consumo elevado de electricidad

En la actualidad, todos utilizamos la electricidad de manera indispensable; muchas personas la desperdician inconscientemente y causan graves daños ambientales, ya que las empresas generadoras de energía, para poder producir, utilizan recursos naturales. Estos se deterioran y contaminan continuamente, provocan inundaciones de tierras cultivables y de ecosistemas vírgenes, alteración de los ecosistemas circundantes, interrupción de la emigración de peces. Las presas que estas empresas construyen forman parte de la disminución del caudal del río. Se descompone la masa forestal inundada, que desencadena la producción de gases y la acidificación del agua. Debido a esto desaparecen peces y de los recursos necesarios para los habitantes de la zona.

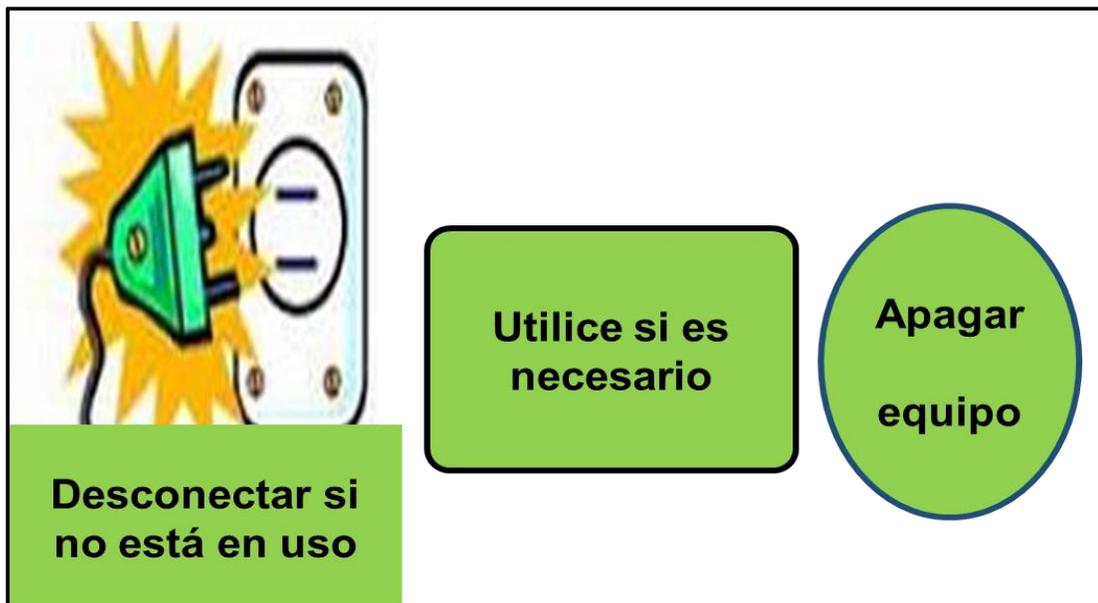
3.1.3. Medidas de mitigación

Es de gran utilidad implementar métodos para reducir el consumo de energía eléctrica en las instalaciones de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz.

3.1.3.1. Señalización

Se debe emplear señalización adecuada en puntos visibles, que permita concienciar a los usuarios de las instalaciones eléctricas y aparatos electrónicos, en el edificio municipal, para contrarrestar el consumo elevado e inadecuado de energía eléctrica (ver figura 46).

Figura 46. Señalización adecuada



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Power Point.

- Ventajas
 - Permite hacer conciencia del consumo elevado de energía eléctrica
 - El mensaje generado por las señales se capta de manera inmediata
 - El ahorro se verá reflejado después de un lapso y en la disminución del deterioro del medio ambiente.

- Desventajas
 - Las señales tienden a deteriorarse
 - La instalación de señales genera un costo por su adquisición y colocación.

3.1.3.2. Prevención

La concienciación del uso adecuado y el manejo seguro de las instalaciones eléctricas previene la pérdida de corriente en puntos de descarga por instalaciones inadecuadas y sobrecargo de la red. Así mismo, reduce el riesgo de accidentes provocados por descargas eléctricas; los usuarios deben optimizar el uso de la energía eléctrica.

Hacer conciencia mediante documentales, para que los usuarios de las instalaciones identifiquen el momento oportuno para la utilización de la iluminación artificial y del equipo eléctrico.

3.1.4. Plan de ahorro de energía eléctrica

Para darle a la energía eléctrica el uso correspondiente es necesario utilizar el equipo e instalaciones adecuadas, para generar un ahorro satisfactorio.

- Objetivo

Las instalaciones deben contar con la capacidad de utilizar la energía natural al máximo y permitir de igual manera la ventilación natural.

- Recursos

- Dentro de las áreas de trabajo se debe contar con lámparas que generen un promedio de 500 lux.
- Lámparas de tipo halógeno que consumen una potencia de 25 - 2 000 W dependiendo de la cantidad de flujo luminoso necesario, cuentan con un promedio de vida de 2 000 horas de completo funcionamiento. El costo va desde los Q. 20,00 hasta los Q. 60,00 según sea necesario.

- Procedimiento

- El equipo de cómputo debe contar con reguladores de voltaje que permitan minimizar el consumo; debe también regularse el uso del equipo cuando sea necesario y colocar en hibernar o suspender, ya que así se utiliza un 35 % menos de energía. Con el uso de reguladores el consumo descenderá en un 25 %. Estos se cotizan en un precio no mayor de Q. 125,00 por unidad. Es necesario utilizar una fuente por equipo.
- El equipo de aire acondicionado debe utilizarse cuando sea verdaderamente necesario, al momento de una reunión en la cual se encierra el calor, en épocas de verano y si las temperaturas se elevan a más de 22 °C.

- Las instalaciones eléctricas deben ser rediseñadas por completo, dado que existen uniones, intersecciones inadecuadas, que permiten la pérdida de energía mediante pequeñas descargas. Se debe de utilizar lo menos posibles empalmes innecesarios.
- Inversión

Es necesario obtener nuevos accesorios que permitan reducir el consumo de energía eléctrica para generar ahorros a la institución y evitar la contaminación por el uso inadecuado de los recursos naturales (ver tabla XLIII).

Tabla XLIII. Inversión inicial en sistemas eléctricos

Producto	#	(Quetzales)	Total (Quetzales)
Lámparas halógenas	13	40	520,00
Reguladores de voltaje	12	125	1 500,00
Reinstalación de tendido eléctrico	1	10 000	10 000,00
			12 020,00

Fuente: elaboración propia.

- Consumo

El consumo de energía eléctrica en las instalaciones de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, se reducirá considerablemente con la implementación de métodos ahorrativos (ver tabla XLIV).

Tabla XLIV. **Consumo estimado**

Producto	#	Potencia W	Horas / mes	Wh / mes	kWh / mes	costo kWh (Quetzales)	Total (Quetzales)
Lámparas halógenas	13	35	176	80 080	80,08	1,9	152,15
Reguladores de voltaje	12	15	176	31 680	31,68	1,9	60,19
A/C	2	1 000	22	44 000	44	1,9	83,6
							295,9

Fuente: elaboración propia.

El consumo mensual será aproximado a Q. 295,9.

4. FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE: INDUCCIÓN PARA FOMENTO DEL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DIRIGIDA A EMPLEADOS DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ

4.1. Inducción

Se dio a conocer el manejo adecuado del equipo e instrumentos eléctricos, que permiten desarrollar las actividades diarias dentro de la institución. Se aportó conocimiento al personal de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, con el objeto de disminuir la desinformación en relación al consumo eléctrico en las instalaciones municipales, derivado del análisis de situación actual (ver figura 40).

4.1.1. Planificación

El proceso de capacitación se basa en su respectiva planificación, para no interrumpir la labor diaria de los empleados. Es necesaria una organización, programación y metodología que permita evaluar a los capacitados y obtener resultados.

El contenido de la capacitación será presentado de forma dinámica y se expondrán las ventajas y desventajas de una producción más limpia. El personal inducido está constituido por el área administrativa y operativa, los cuales formaran grupos de diez personas para no suspender las labores municipales (ver tabla XLV).

Tabla XLV. **Planificación de capacitación**

Tema	Capacitador	Capacitados	Fecha	Duración Horas
Sistemas eléctricos y energía natural	Wennert Ernesto Soberanis Dubón	Personal Administrativo	27/7/2012	1,5
Iluminación y ventilación adecuada	Wennert Ernesto Soberanis Dubón	Personal Administrativo	27/7/2012	1,5
Sistemas eléctricos y energía natural	Wennert Ernesto Soberanis Dubón	Personal OMP y Administrativo	3/8/2012	1,5
Iluminación y ventilación adecuada	Wennert Ernesto Soberanis Dubón	Personal OMP y Administrativo	3/8/2012	1,5
Sistemas eléctricos y energía natural	Wennert Ernesto Soberanis Dubón	Personal de Mantenimiento y Operativo	10/8/2012	1,5
Iluminación y ventilación adecuada	Wennert Ernesto Soberanis Dubón	Personal de Mantenimiento y Operativo	10/8/2012	1,5

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Metodología de capacitación

El procedimiento, los métodos y los medios de la capacitación proporcionada a los empleados de la Municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, consiste en una presentación dinámica, con diapositivas animadas, carteles simbólicos en los cuales se expondrá el uso indebido del servicio eléctrico.

Se dará a conocer el deterioro actual de las instalaciones eléctricas y los riesgos que se corren.

La capacitación está enfocada a un fin, el cual consiste en hacer conciencia entre los empleados municipales y colaboradores acerca de la importancia del ahorro energético, así como sistematizar una producción más limpia en el área de trabajo.

La información que se proporciona está compuesta por un historial de consumo de energía eléctrica, así como los daños que genera el producir energía la misma energía que se está desperdiciando. Se dará a conocer el motivo de la reinstalación eléctrica y la señalización correspondiente.

A continuación, se muestra la simbología implementada para concienciar a los empleados de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz, en relación al uso adecuado de la energía eléctrica, integrada en la producción más limpia. Se muestra la diapositiva integral empleada (ver figura 48 y 49).

Figura 48. **Señalización**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Power Point.

Figura 49. **Diapositiva integral utilizada en capacitación del personal de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Power Point.

4.1.4. Evaluación

La evaluación se llevó a cabo mediante una serie de preguntas que proporcionó resultados sobre el objetivo de la actividad (ver figura 50).

Figura 50. **Cuestionario de capacitación dirigido al personal de la municipalidad de San Jerónimo, Baja Verapaz**

The image shows a questionnaire form with the following content:

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD EPS
MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ

CUESTIONARIO DE CAPACITACIÓN

1.- ¿El uso inadecuado de sistemas y aparatos Eléctricos provoca contaminación?
SI NO

2.- ¿Dentro del área de trabajo que usted desempeña utiliza Energía Eléctrica?
SI NO

3.- ¿Laborar en áreas cerradas, climatizadas por aparatos de refrigeración e iluminadas artificialmente permite una mejor producción Laboral?
SI NO

4.- ¿La ventilación artificial es más saludable para el ser humano?
SI NO

5.- ¿en áreas de oficina es bueno permanecer a media luz?
SI NO

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Resultados

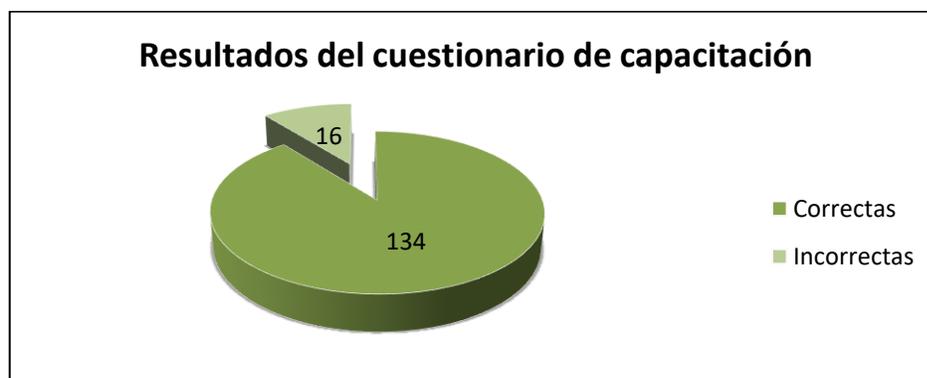
Los resultados obtenidos mediante un cuestionario presentado al final de la sesión de capacitación a grupos de empleados municipales, se muestran en la tabla XLVI y la figura 51.

Tabla XLVI. **Resultados cuestionario de capacitación**

Pregunta	Correcta	Incorrecta	Total
# 1	25	5	30
# 2	30	0	30
# 3	24	6	30
# 4	28	2	30
# 5	27	3	30
Total	134	16	

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Gráfica de resultados**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

CONCLUSIONES

1. Derivado de la evaluación técnica, administrativa, económica, financiera y de impacto ambiental, se determinó que el proceso de recolección, reciclaje y disposición de desechos sólidos en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, es factible. Minimiza el impacto por contaminación del medio ambiente, es rentable y otorga autosostenimiento al servicio prestado.
2. Se crearon los procedimientos de recolección y de cobro personalizado, los cuales favorecen la optimización del servicio del tren de aseo en el casco urbano del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz, el cual será distribuido en los dos barrios municipales por un período de cuatro días por semana.
3. La implementación de los nuevos procedimientos en el proceso de recolección otorga capacidad para brindar el servicio al 94,4 % del total de familias que habitan el casco urbano. Permiten dar atención efectiva a la ciudadanía y minimizan el acumulado de desechos sólidos en calles y avenidas de la localidad.
4. Evidenciar la efectividad y la sistematización del servicio del tren de aseo, despertó el interés en la población, quien se mostró anuente a participar en el manejo adecuado de desechos sólidos y protección al medio ambiente.

5. La evaluación técnica y la implementación de estrategias de marketing, permitieron estandarizar en Q. 25,00 la tarifa por el servicio prestado, el cual fue sometido a análisis económico y financiero. Se otorgó rentabilidad y autosostenimiento para la comuna del municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.
6. La interacción con la población durante el trabajo de campo permitió informar sobre los riesgos de exposición por el manejo inadecuado de desechos sólidos, evidenciando la importancia del funcionamiento del servicio del tren de aseo. Hubo aceptación por parte de los pobladores y se identificó que las pautas en medios de comunicación y colocación de vallas publicitarias en puntos estratégicos, son los mecanismos de comunicación óptimos en el municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz.
7. El manejo adecuado de desechos sólidos, el tratamiento constante de desechos orgánicos y la disposición correcta de desechos inorgánicos favorecen la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), minimizan la contaminación ambiental y el impacto de gases de efecto invernadero, producidos mediante la quema y descomposición de desechos sólidos no tratados.
8. La implementación del proceso de reciclaje de desechos orgánicos mediante el método de compost permitirá obtener una producción promedio de 344 sacos, equivalentes a 86,6 m³. de abono orgánico.

RECOMENDACIONES

1. Que las autoridades lleven a cabo el proceso de recolección, ya que es de suma importancia para el ornato de municipio.
2. Como actividad paralela al proceso de recolección, será necesario desarrollar vigilancias periódicas por el equipo de sanidad de la comuna, para reducir la cantidad basureros ilegales.
3. Cumplir con la entrega del kit de recolección, ya que, de no distribuirse correctamente, los desechos serán entregados incorrectamente a los encargados del proceso de recolección.
4. Para mantener la demanda de usuarios del servicio de recolección, se debe cumplir con el precio establecido, ya que este se encuentra en un rango aceptable económicamente por la población.
5. El proceso de reciclaje de desechos debe ser evaluado constantemente para mantener la calidad del abono orgánico y evitar la generación de olores fétidos en la planta de tratamiento.
6. El producto orgánico generado y los desechos inorgánicos debidamente clasificados, deben ser almacenados en las áreas correspondientes en la bodega de producto terminado, para obtener un mayor manejo en la disposición de los mismos.

7. Realizar campañas, para dar a conocer el funcionamiento de la planta de tratamiento y promover el producto, exponiendo la importancia de la utilización de fertilizantes naturales y el beneficio que la aplicación de este producto otorga al medio ambiente.

8. La factibilidad del proyecto permite que sea autosostenible; además, con el paso del tiempo, generará ingresos a la comuna, cuyos fondos se recomienda sean utilizadas para la adquisición de herramientas, mantenimiento e implementación de equipo necesario para la continuidad en la prestación del servicio de recolección.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARDONA RAMOS, Blanca Azucena. *La teoría de colas como herramienta para optimizar el servicio en una entidad municipal*. Guatemala: USAC, 2005. 97 p.
2. CHARLES T. Horngren, SRIKANT M. Datar, GEORGE Foster. *Contabilidad de Costos, un enfoque gerencial*. Pearson (Año: 2007, 12ª edición). 900 p.
3. Consejo de Desarrollo San Jerónimo, Baja Verapaz, Guatemala C.A. *Plan de Desarrollo Municipal 2011 – 2025*. Agosto 2011. 140 p.
4. Creación y Desarrollo de Empresas. *Guía Para Elaboración de Un Estudio de Mercado*. 80 p.
5. Grupo Gestor, *Estudio de Potencial Económico del Municipio de San Jerónimo, Baja Verapaz*. Julio 2008. 64 p.
6. <<http://www.idae.es>> Guía técnica en eficiencia energética en iluminación. [Consulta: Octubre 2012].
7. <<http://www.escansa.com>> *Guía técnica de iluminación eficiente para los sectores residencial y terciario*. [Consulta: Octubre 2012].
8. <<http://es.scribd.com>> *Plan de capacitación y desarrollo de recursos humanos*. [Consulta: Junio 2012].

9. <[http:// www.monografias.com](http://www.monografias.com).> *Plan de capacitación ambiental en Cuba*. [Consulta: Junio 2012].
10. DOMÍNGUEZ DOMÍNGUEZ, Jorge, DOMÍNGUEZ LÓPEZ, Jorge Axel. *Estadística y probabilidad México*: Oxford, 2006. 358 p.
11. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA. *El Agro en Cifras 2011*. Primera Edición Anual, diciembre 2011. 56 p.
12. NIEBEL, Benjamin, (aut.) Ingeniería industrial. *Métodos, tiempos y movimientos*. 11 va. Edición, ed. Alfaomega. 614 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Encuesta formulada dirigida a la población

	<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD EPS MUNICIPALIDAD DE SAN JERÓNIMO, BAJA VERAPAZ</p>	
---	---	---

1.- ¿Considera usted que es necesario en el Municipio un sistema de recolección de desechos?

SI NO

2.- ¿Es necesaria una planta de tratamiento de desechos en San Jerónimo B.V.?

SI NO

3.- ¿Estaría de acuerdo usted en pagar una tarifa única mensual por el servicio de recolección de desechos?

SI NO

4.- ¿Si existiera un servicio de recolección y una planta de tratamiento de desechos en el Municipio, usted colaboraría proporcionando sus desechos debidamente clasificados?

SI NO

5.- ¿Si Usted está de acuerdo en pagar una tarifa única por el servicio de recolección cuanto está dispuesto a pagar?

Q 20 con desechos clasificados
 Q 25 con desechos clasificados (le proporcionarán Bolsas o recipientes adecuados gratuitos)
 Q 30 de forma Típica (todo junto)

6.- ¿Actualmente usted utiliza el tren de aseo Municipal?

SI NO

7.- ¿Utiliza el servicio prestado por alguna empresa particular?

SI NO

8.- ¿Posee usted su propia área para depositar sus desechos?

SI NO

9.- ¿Si en la planta de tratamiento se produjera abono orgánico, cree usted que sería utilizado por los pobladores del municipio?

SI NO

10.- ¿Utilizaría usted el abono orgánico producido en la planta de tratamiento?

SI NO

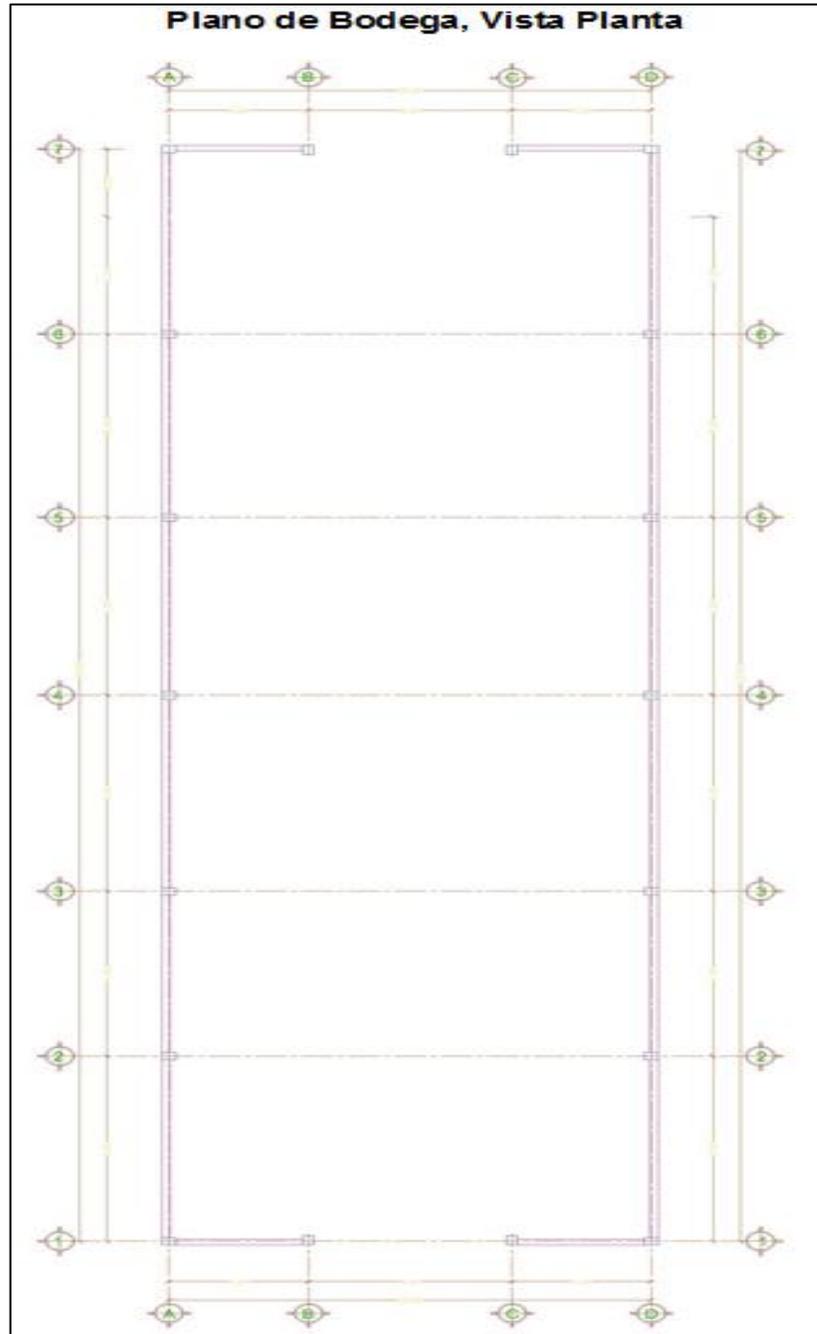
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Presupuesto integrado de infraestructura de bodegas

RESUMEN						
No.	REGION DE TRABAJO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	SUB - TOTAL	TOTAL REGION
1	PRELIMINARES					
1.1	BODEGA	M2	22	Q326.33	Q7,179.24	
1.1	LIMPIEZA TRAZO Y ESTAQUEA	M2	270	Q13.75	Q3,712.20	Q10,891.44
2	CIMENTACIÓN					
2.1	ZAPATAS	U	16	Q820.93	Q13,134.94	
2.1	CIMENTO CORRIDO	ML	78	Q201.99	Q15,755.41	
2.1	LEVANTADO A SOLERA HIDRO	ML	47	Q130.28	Q6,096.90	
2.1	SOLERA HIDRÓFUGA	ML	82	Q96.44	Q7,907.88	
2.2	VIGAS DE AMARRE	ML	43	Q120.38	Q5,176.38	
2.1	TRONCO DE COLUMANA	ML	16	Q195.71	Q3,131.43	
2.2	TRONCO DE COLUMANA	ML	11	Q91.27	Q1,022.22	Q52,225.16
3	LEVANTADO DE MUROS					
3.2	SOLERA INTERMEDIA 1	M2	82	Q64.45	Q5,284.53	
3.2	LEVANTADO DE MUROS A SOLERA I-2	M2	98.4	Q130.96	Q12,886.80	
3.2	SOLERA INTERMEDIA 2	M2	82	Q81.62	Q6,692.88	
3.2	LEVANTADO DE MUROS A SOLERA I-3	M2	98.4	Q130.96	Q12,886.80	
3.2	SOLERA INTERMEDIA 3	M2	82	Q64.45	Q5,284.53	
3.2	SOLERA CORONA	M2	82	Q81.62	Q6,692.88	
3.2	COLUMNAS C1	M2	93.6	Q471.00	Q44,085.58	
3.2	COLUMNA C-2	M2	93.6	Q142.83	Q13,369.03	
4.5	CENFA	ML	60	Q97.46	Q5,847.69	Q113,030.73
4	TECHO					
4.1	ARMADURA	ML	30.60	Q1,074.67	Q32,884.80	Q32,884.80
5	PISO					
5.10	PISO	M2	270.00	Q60.00	Q16,200.00	Q16,200.00
6	INSTALACIONES					
6.1	AGUA POTABLE	ML	20	Q229.29	Q4,585.80	
6.2	DRENAJES	ML	12.5	Q85.32	Q1,066.56	
6.3	ELÉCTRICAS (LUZ)	ML	1	Q7,976.10	Q7,976.10	
6.4	ELECTRICAS (FUERZA)	ML	1	Q1,439.42	Q1,439.42	Q15,067.88
7	PUERTAS					
7.1	PUERTAS	M2	6.00	Q1,000.00	Q6,000.00	Q6,000.00
					SUB TOTAL	Q246,300.00
					GASTOS ADMINISTRATIVOS	Q3,000.00
					TOTAL	Q249,300.00

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Diseño de bodegas planta



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Diseño de costal para empaque de abono orgánico**



CAPACIDAD	
Volumen	0,25 m ³

Fuente: elaboración propia.

