



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

**DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL
MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**

Mario Alfredo Bravo y Bravo

Asesorado por el Ing. Edelman Cándido Monzón López

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL
MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO ALFREDO BRAVO Y BRAVO
ASESORADO POR EL ING. EDELMAN CÁNDIDO MONZÓN LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

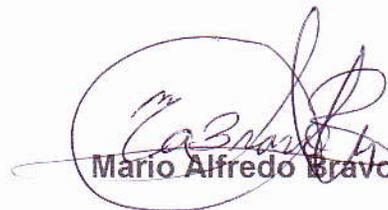
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Edwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 10 de marzo del 2010.



Mario Alfredo Bravo y Bravo

Guatemala, 15 de Junio del 2012

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

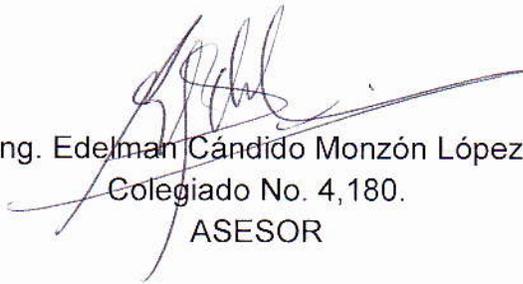
Estimado Ingeniero:

De manera atenta, me dirijo a usted, para presentarle el trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.**, presentada por el Bachiller **Mario Alfredo Bravo y Bravo**, quién se identifica con carné: **2002-12375**, la cual fue asesorada por mí persona.

A mi juicio, el presente trabajo cumple a cabalidad con los objetivos planteados y los requisitos exigidos por la carrera de Ingeniería Industrial, y por tanto extendiendo la presente aprobación en mi calidad de Asesor.

Al agradecer su atención a la presente, me suscribo presentándole un cordial saludo.

Atentamente,


Ing. Edelman Cándido Monzón López
Colegiado No. 4,180.
ASESOR

Edelman Monzón L.
Ingeniero Industrial
Col. 4180



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Alfredo Bravo y Bravo**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Ingeniera Industrial
Colegiado No. 8121

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2013.

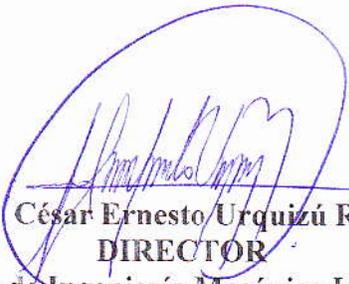
/mgp



REF.DIR.EMI.113.013

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 **DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Alfredo Bravo y Bravo**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, abril de 2013.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

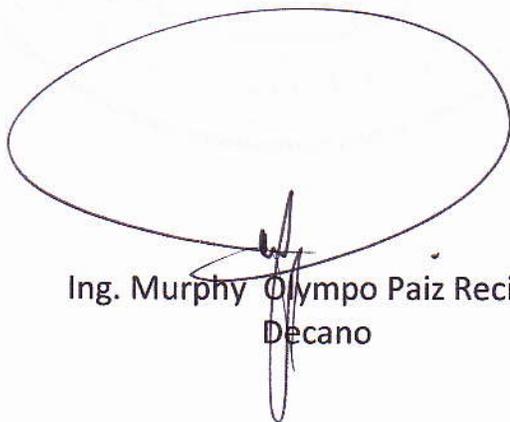


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 276 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Alfredo Bravo y Bravo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 16 de abril de 2013

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Creador supremo y luz de mi vida.
- Virgen Dolorosa** Por ser la guía espiritual en mí vida, por derramar amor y bendiciones, y permitirme llegar a celebrar este momento.
- Mi padre** Mario Alfredo Bravo Quiquivix (q.e.p.d), gracias por tus sabios y valiosos consejos, por ese gran apoyo, sé que viste el inicio, pero no pudiste ver el final, de aquí al cielo con todo mi amor papá.
- Mi madre** Marina Concepción Bravo Navarro viuda de Bravo, este es el fruto de tu amor, esfuerzo y apoyo. Yo soy lo que soy gracias a la bendición de tenerte a mí lado, este es uno de los tantos triunfos que celebraremos.
- Mis hermanos** Evelyn y César Bravo y Bravo, por su apoyo.
- Mi familia** A mis abuelos, por ser la base de nuestra familia. A mis tíos y primos, para que los lazos de amor fraternal nos sigan uniendo, gracias por ese apoyo.
- Mis amigos** Por su amistad, aprecio y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A

Universidad de San Carlos de Guatemala	A mí alma máter, por los años brindados de conocimientos, por las amistades cultivadas, las experiencias y por sentir el orgullo de ser sancarlista.
Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos	Por la oportunidad y apoyo en desarrollar mi trabajo de graduación.
Hilda López	Por su ayuda y amor brindado en la elaboración de este trabajo. Gracias por ser el apoyo de mi vida.
Ing. Edelman Monzón	Gracias en la asesoría de este trabajo de graduación, por su apoyo y sabios consejos.
Ing. Selvin Domínguez	Por el apoyo en el desarrollo de este trabajo de graduación.
Todas las personas	Que de una u otra manera colaboraron en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE DESECHOS SÓLIDOS	1
1.1. Características de los desechos sólidos	1
1.1.1. Qué son los desechos sólidos.....	1
1.1.2. Generación de desechos sólidos	3
1.1.3. Clasificación de los desechos sólidos	4
1.2. Aspectos cuantitativos de la producción de desechos sólidos.....	6
1.2.1. Producción de desechos sólidos.....	7
1.2.2. Composición de los desechos sólidos.....	10
1.2.3. Características de los desechos sólidos	12
1.2.4. Determinación de la cantidad de desechos sólidos urbanos	13
1.2.5. Evolución de la población.....	14
1.2.6. Composición de los desechos generados.....	16
1.2.7. Cantidad de desechos generados.....	18
1.3. Recolección de desechos sólidos	19
1.3.1. Generalidades sobre recolección.....	19
1.3.2. Métodos de recolección	20
1.3.3. Equipos de recolección	22
1.3.4. Frecuencia de recolección	25

1.3.5.	Aspectos a considerar en las rutas de recolección	27
1.3.6.	Requerimientos para diseños de rutas	28
1.3.7.	Métodos de recolección	29
1.3.8.	Modelos matemáticos de recolección	30
1.4.	Transporte de desechos sólidos	32
1.4.1.	Tipos y tamaños de vehículos recolectores	32
1.4.2.	Capacidades útiles de vehículos.....	34
1.4.3.	Número de casas y usuarios por vehículo	35
1.4.4.	Equipos de seguridad en recolección	36
1.4.5.	Seguridad e higiene en rutas de recolección	36
2.	SITUACIÓN ACTUAL SOBRE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS	39
2.1.	Datos generales del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.....	39
2.1.1.	Resumen histórico	39
2.1.2.	Aspectos geográficos, topográficos y climatológicos	41
2.1.3.	Características de la población.....	47
2.2.	Descripción del sistema municipal de limpieza.....	52
2.2.1.	Datos históricos	52
2.2.2.	Organigrama	54
2.2.3.	Funciones	55
2.2.4.	Cobertura.....	56
2.2.5.	Actuales rutas	57
2.3.	Situación actual sobre recolección de desechos	59
2.4.	Análisis de reglamentos y leyes existentes sobre el tema.....	62
2.4.1.	Gubernamentales	63
2.4.2.	Municipales.....	63
2.4.3.	Propuestas.....	64

3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.....	65
3.1.	Estudio de mercado del servicio de recolección	65
3.1.1.	Diseño de encuesta.....	66
3.1.2.	Determinación del universo y muestra	66
3.1.3.	Recolección de información	67
3.1.4.	Tabulación de datos y gráficas de resultados obtenidos.....	67
3.1.5.	Análisis de oferta y demanda	78
3.2.	Aspectos del servicio de recolección de desechos	81
3.2.1.	Cobertura del servicio	81
3.2.2.	Desechos que se recolectan	81
3.2.3.	Tiempos de operación.....	82
3.2.4.	Frecuencia de recolección	83
3.2.5.	Horarios y turnos de recolección.....	84
3.2.6.	Tipos y tamaños de vehículos a utilizar.....	84
3.2.7.	Localización de puntos de recolección.....	85
3.3.	Diseños de rutas de recolección	86
3.3.1.	Sectorización.....	86
3.3.2.	Diagramación de rutas domiciliarias y comerciales	88
3.4.	Análisis financiero	88
3.4.1.	Costo de operación con nuevas rutas.....	88
3.4.2.	Proyección de ingresos	90
3.4.3.	Tarifas domiciliarias y comerciales.....	90
3.4.4.	Relación beneficio costo	90
4.	PROCEDIMIENTOS DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	95
4.1.	Plan de adiestramiento a recolectores	95

4.2.	Plan de seguridad e higiene en rutas de recolección	95
4.3.	Plan de información pública del nuevo sistema de recolección	95
4.4.	Verificación de rutas	96
4.5.	Implementación de rutas.....	97
4.6.	Evaluación de rutas	98
5.	SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS	99
5.1.	Proyección de desechos sólidos municipales.....	99
5.2.	Plan de evaluación periódica	100
	CONCLUSIONES	105
	RECOMENDACIONES.....	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	109
	APÉNDICES.....	113
	ANEXOS.....	139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Croquis del área urbana de San Pedro Sacatepéquez.....	42
2.	Mapa de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.....	44
3.	Organización del departamento de limpieza de la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.....	55
4.	Conformidad de usuarios con el servicio de extracción.....	68
5.	Rango de precios que los usuarios están dispuestos a pagar.....	69
6.	Lugares de mayor contaminación.....	69
7.	Criterio de resolución del problema de contaminación.....	70
8.	Método de comunicación de programa de recolección.....	71
9.	Criterio de utilización de recipientes.....	72
10.	Población consciente del problema de contaminación.....	72
11.	Conocimiento de ubicación del basurero.....	73
12.	Criterio de ubicación del basurero.....	74
13.	Criterio de concesión del servicio de recolección a entidad privada..	74
14.	Criterio de recolección vespertina y nocturna.....	75
15.	Edad de los usuarios encuestados.....	76
16.	Sexo de los usuarios encuestados.....	76
17.	Número de personas por hogar.....	77
18.	Medio de transporte privado utilizado.....	78
19.	Propuesta de sectorización.....	87
20.	Formato de verificación de rutas.....	97

TABLAS

I.	Distribución típica de componentes en los desechos sólidos urbanos domésticos para países de bajos, mediana y altos ingresos, excluyendo materiales reciclados.....	9
II.	Clasificación de los desechos sólidos recolectados en la capital de Guatemala.....	11
III.	Composición de los desechos sólidos.....	11
IV.	Datos típicos sobre peso específico y contenido en humedad para residuos domésticos, comerciales, industriales y agrícolas...	14
V.	Composición de los desechos sólidos urbanos del área metropolitana de Guatemala en 1995.....	17
VI.	Composición de los desechos sólidos domiciliarios generados en la región metropolitana, 1998.....	17
VII.	Volumen de desechos sólidos, cobertura de recolección y tipo de eliminación en las capitales de Centroamérica.....	18
VIII.	Tiempos de incubación y crecimiento de la mosca.....	25
IX.	Comparación de las capacidades de los diferentes camiones.....	35
X.	Indicadores generales del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.....	49
XI.	Distancia en metros de recorrido por día del camión.....	57
XII.	Tiempo de recorrido por día del camión 1.....	58
XIII.	Distancia en metros de recorrido por día del camión 2.....	58
XIV.	Tiempo de recorrido por día camión 2.....	59
XV.	Gastos de operación camiones recolectores.....	60
XVI.	Precios según tipo de servicio prestado.....	61
XVII.	Composición porcentual de los componentes de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.....	62

XVIII.	Proyección de habitantes y hogares para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.....	65
XIX.	Pronóstico de producción de desechos sólidos domiciliarios.....	79
XX.	Pronóstico del volumen de demanda.....	80
XXI.	Tiempo de operación camión 1.....	83
XXII.	Tiempo de operación camión 2.....	83
XXIII.	Especificación de camiones compactadores.....	85
XXIV.	Costo de mano de obra directa de nuevas rutas.....	89
XXV.	Costos de combustible de nuevas rutas.....	89
XXVI.	Porcentaje de usuarios por nivel de precio pagado del servicio de recolección.....	91
XXVII.	Ingreso proyectado según la nueva propuesta.....	92
XXVIII.	Relación beneficio/costo.....	92
XXIX.	Precios según tipo de servicio prestado nueva propuesta.....	93
XXX.	Proyección de desechos sólidos por hogar.....	99

GLOSARIO

Basurero clandestino	Botaderos de residuos sólidos no autorizados, diseminados por toda la comunidad, los cuales son originados por vecinos, que no cuentan con un sistema de recolección de desechos sólidos o por la falta de educación. También llamados botaderos a cielo abierto.
Basurero municipal	Lugar de disposición final de la basura recolectada en el municipio.
COCODES	Concejos comunitarios de desarrollo.
Compost	Abono orgánico que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos, los cuales han sido descompuestos bajo condiciones controladas.
COMUDES	Concejos municipales de desarrollo.
Contaminación	Descarga de desechos u otras materias ofensivas a la tierra, agua o atmósfera.
Contenedor	Recipiente de capacidad variable empleado para el almacenamiento de desechos sólidos

Densidad de desechos (Peso volumétrico) es la relación entre el peso y el volumen ocupado. La basura tiene una densidad, dependiendo del estado de compresión.

Desecho Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultando de un proceso de extracción de la naturaleza, transformación, fabricación y consumo, que su poseedor decide abandonar.

Desecho sólido Cualquier material en una gran variedad de materiales sólidos, también algunos líquidos que se tiran o se rechazan por estar gastados, ser inútiles, sin valor o estar en exceso.

Desecho sólidos urbanos Aquéllos que se generan en los espacios urbanizados, como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas, servicios de hostelería, hospitales, oficinas, mercados, entre otros.

Incineración Método de tratamiento de residuos que consiste en la oxidación química, para la combustión completa de los residuos en instalaciones apropiadas, a fin de reducir y controlar riesgos a la salud y ambiente.

Manejo	Conjunto de operaciones dirigidas a dar a los residuos el destino más adecuado de acuerdo con sus características, con la finalidad de prevenir daños o riesgos para la salud humana y al ambiente. Incluye el almacenamiento hasta la disposición final y cualquier otra operación.
Producción per cápita	Generación unitaria de residuos sólidos, casi siempre se refiere a la generación de residuo sólido por persona y por día, aunque también este concepto se puede aplicar a residuos no domiciliarios.
Reciclaje	Proceso simple, complejo que sufre un material, producto para ser incorporado a un ciclo de producción o consumo, ya sea éste el mismo que fue generado u otro diferente.
Recolección	Acto de recoger, tomar, llevar los desechos sólidos.
Relleno sanitario	Técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los residuos sólidos. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte, por lo menos diariamente, el control de los gases, lixiviados y la proliferación de vectores, a fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

Rutas de recolección	Rutas establecidas seguidas en la recolección de desechos no seleccionados, separados en origen de viviendas, negocios, instalaciones comerciales, industriales y otras localizaciones.
Sistema de recolección	Recolectores y equipo utilizado para la recolección de desechos no seleccionados.
Suelo franco arcilloso	Aquel suelo que contiene arcilla y limo en proporciones similares, de arena en muy poca cantidad.
Tratamiento de desechos	Proceso de transformación física, química y biológica de los residuos sólidos para modificar sus características aprovechando su potencial, a partir del que se puede generar un nuevo residuo sólido con características diferentes.

RESUMEN

El municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, se ha caracterizado por ser eminentemente comercial, aumentando con esto la generación de residuos sólidos. Actualmente, el municipio cuenta con un sistema de recolección de residuos sólidos, el cual fue diseñado por la municipalidad, sin realizar ningún estudio técnico ni de ingeniería para definir las rutas de los camiones, el cual es ineficiente debido a que no atiende a todos los habitantes del municipio, lo que ha generado la aparición y constante crecimiento de botaderos clandestinos, afectando la salud de los habitantes y contribuyendo al deterioro del ornato municipal.

El sistema actual de recolección no se encuentra documentado, ya que no existe una diagramación de rutas que establezca y delimite las áreas de recolección para cada uno de los camiones, por el contrario, esto se realiza de forma empírica y es decidido en mayor parte por los pilotos encargados de los camiones, quienes establecen la ruta con base en las condiciones diarias de horario, cantidad de desechos y clima. Debido a lo anterior hubo necesidad de realizar un seguimiento diario a cada uno de los camiones para establecer en los mapas la situación actual de las rutas para cada camión, el tiempo, distancias y sectores recorridos, logrando determinar con esto los costos de mano de obra y de consumo de combustible.

Además, no está establecida la capacidad instalada del sistema de recolección, ya que actualmente cuenta solamente con dos camiones de volteo de los cuales se desconoce la capacidad y las especificaciones técnicas.

En la primera fase se realizó un estudio de mercado del sistema de recolección en el que se estableció la opinión y percepción de los usuarios del sistema de recolección. Después fue necesario establecer la cantidad de habitantes y hogares en el municipio, el volumen generado de desechos por cada uno de los hogares y el crecimiento anual de los mismos, con la finalidad de diseñar el nuevo plan de recolección que incluye sectorización del municipio, generación de las nuevas rutas de recolección, el costo del funcionamiento del sistema, proyección del aumento de precio del servicio con base en la inflación a través de los años y determinación de la relación beneficio-costos.

Para la implementación del sistema de recolección se propuso un plan de adiestramiento a los recolectores, que incluye la forma correcta de realizar la recolección y a los habitantes del municipio sobre la clasificación de los residuos, además un plan de seguridad e higiene en las rutas de recolección, para evitar posibles contagios o contraer enfermedades.

Para evitar la obsolescencia del sistema de recolección se propuso un plan de evaluación periódica junto con una proyección de residuos sólidos municipales, para evaluar constantemente la capacidad instalada del sistema y la demanda de la población.

Implementar la presente propuesta, representará un beneficio económico y ambiental para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, ya que es autofinanciable y no necesitará ningún subsidio para seguir operando, además traerá un ambiente libre de contaminación para los habitantes y mejorará el ornato municipal.

OBJETIVOS

General

Desarrollar una propuesta de mejora en las rutas de recolección de residuos sólidos que se generan en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Específicos

1. Establecer la situación actual del sistema de recolección y transporte de los desechos, para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.
2. Establecer mediante un estudio de tiempos las rutas actuales del sistema de recolección.
3. Utilizar la metodología de rutas para reducir recorridos improductivos.
4. Establecer la sectorización del sistema de recolección del municipio.
5. Establecer puntos de recolección para residuos sólidos en las diferentes rutas.

INTRODUCCIÓN

La contaminación es un problema de interés mundial. El crecimiento acelerado de la población en los últimos años, así como los procesos de industrialización han contribuido al consumo masivo de productos, dando como resultado el aumento de desechos sólidos, esto hace que la logística de recolección de desechos sea compleja, agravada aún más en la actualidad por los altos costos de transporte y mano de obra.

El municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos produce desechos sólidos en viviendas, lugares públicos, hospitales y empresas comerciales. Actualmente posee un servicio de recolección de desechos sólidos, pero el mal diseño de rutas, aunado al aumento de la población contribuyen a que el servicio no cumpla con las expectativas, conduciendo a la aparición de basureros clandestinos que se convierten en focos de contaminación e infección para el municipio.

Las rutas han sido diseñadas de forma intuitiva, de ahí que los tiempos y gastos de combustible no son constantes. Los habitantes del municipio contribuyen con este problema al depositar en cualquier lugar sus desechos, complicando el proceso de recolección y obligando a los camiones a detenerse por más tiempo en un lugar o recorrer mayores distancias.

Con una diagramación de rutas actuales de recolección de residuos sólidos y empleando una metodología de diseño de rutas, se podrá realizar la propuesta en donde se presenten las rutas optimizadas, localización de puntos de recolección de desechos sólidos para el municipio.

1. ASPECTOS TEÓRICOS SOBRE DESECHOS SÓLIDOS

El término desechos o residuos sólidos, en su sentido global incluyen “todos los materiales sólidos desechados de actividades municipales, industriales o agrícolas”¹. Sin embargo, para la siguiente exposición, se entenderá por residuos o desechos sólidos sólo aquellos que son responsabilidad de un municipio y que usualmente son recolectados por el mismo. Las áreas residenciales y comerciales, junto con ciertas operaciones industriales son la fuente de estos residuos o desechos sólidos municipales.

1.1. Características de los desechos sólidos

La caracterización de los desechos sólidos municipales es difícil a causa de la diversidad de sus componentes, muchos de los cuales no deberían desperdiciarse. Los objetivos de la administración de los desechos sólidos son: controlar, recolectar, procesar, utilizar y eliminar los residuos sólidos de la manera más económica, congruente, con la protección de la salud pública y los deseos de las personas a quienes el sistema presta servicio.

1.1.1. Qué son los desechos sólidos

En términos generales, los desechos sólidos se definen como aquellos desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados, porque ya no se van a utilizar.

¹ GEORGE TCHOBANOGLOUS; HILLARY THEISEN; SAMUEL VIGIL 1996. Gestión integral de residuos sólidos. p. 3

Sus características de volumen se ven afectadas por los siguientes factores que influyen en la composición de los residuos sólidos municipales:

- El clima: en áreas húmedas, el contenido de humedad de los residuos sólidos es comúnmente de 50 %.
- La frecuencia de recolección: las más frecuentes tienden a aumentar la cantidad anual de residuos, probablemente con más recolecciones los residentes tienden a desechar más papel y escombros.
- El uso común de molinos domésticos para basura: los molinos reducen, pero no eliminan los residuos de alimentos.
- Las costumbres sociales: ciertas áreas étnicas consumen pocos alimentos de preparación rápida, por lo cual se producen menos residuos de papel y más alimento crudo.
- El ingreso per cápita: las áreas de bajos ingresos económicos producen menos residuos totales, aunque con un contenido alimenticio mayor.
- La aceptabilidad de alimentos empacados y de preparación rápida: en la ciudad de Guatemala y departamentos, el uso generalizado de los empaques ha aumentado el contenido de papel de los residuos sólidos.
- El grado de urbanización e industrialización del área: el reciclaje de los residuos sólidos en áreas rurales y áreas de viviendas unifamiliares pueden ser inferiores en cuanto a la cantidad y tener distintos componentes que los de áreas metropolitanas industrializadas con viviendas multifamiliares.

1.1.2. Generación de desechos sólidos

Hasta finales de la década de 1940, en el mundo los residuos sólidos municipales consistían en cenizas de hornos quemadores de carbón y residuos de alimentos. Los pocos materiales usados como metales y trapos, que eran recuperables, se recolectaban de manera informal por los pepenadores.

Con el desplazamiento de la floreciente población de los años cincuenta a las ciudades, la densidad de la población urbana aumentó, creció la popularidad de la calefacción con petróleo y gas natural, y la sociedad se hizo cada vez más industrializada. Las dos causas radicales de la creciente urgencia de los problemas que plantean los residuos sólidos son: la urbanización y la industrialización.

La afluencia de personas a las áreas metropolitanas afecta los hábitos de vida y en consecuencia las características de los residuos. Además, en virtud del mayor número de personas, las áreas que requieren recolección de residuos sólidos se han expandido y los predios destinados a la eliminación de los mismos están más alejados de las zonas urbanas.

La industrialización, debido a que genera productos de bajo costo y que ahorran trabajo ha creado una sociedad "desechable". Durante los años sesenta y setenta apareció una abundancia de productos nuevos. En el caso de latas, botellas, recipientes de plástico, aparatos, neumáticos y muchos otros artículos, se consideraba que era más económico tirarlos que reciclarlos. La recuperación de materiales se ha hecho más difícil en virtud del uso de numerosos materiales sintéticos, plásticos ligados y aleaciones no ferrosas.

Los empaques de alimentos de preparación rápida, ferretería, artículos para el hogar y otras mercancías han creado un enorme conjunto de materiales fáciles de desechar. Los residuos sólidos aumentaron de manera significativa en cuanto a la cantidad y complejidad con el advenimiento de la sociedad desechable; el crecimiento de la industria de alimentos empacados y procesados. Desde luego, las regiones individuales pueden mostrar tendencias, proporciones, cualidades muy diferentes, y por ello los estudios de los problemas de manejo de desechos sólidos deben tener como base escrutinios específicos de cada localidad.

En la actualidad se generan más residuos de alimentos en las plantas procesadoras que en los hogares o granjas, éstos son un problema a causa del gran volumen, alta concentración, índole estacional y ubicación rural.

El cambio ha hecho posible un mejor control a través de un enfoque de eliminación de desechos que abarca toda la industria y cuyos costos son cubiertos por los usuarios de los productos. El crecimiento de la industria procesadora de alimentos no parece haber modificado la cantidad de residuos de alimentos que generan los residentes urbanos, pero el aumento en los empaques asociado con los alimentos de preparación rápida es sin duda una parte de la razón de la creciente producción de residuos per cápita.

1.1.3. Clasificación de los desechos sólidos

Al margen de las definiciones anteriores, para lograr definir los desechos sólidos de una forma precisa, lo más importante es hacer una clasificación de éstos, para así identificar sus características principales y conocer de qué clase de desechos se trata.

- Por su composición química los desechos sólidos se clasifican en: orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles).
 - Desechos orgánicos: se le designa como basura húmeda, por estar compuesto de desechos, que son susceptibles de sufrir una descomposición biológica, es decir que se biodegradan. Éstos son generados en zonas residenciales y establecimientos comerciales que tienen características similares, entre estos están: comida, papel, plásticos, cartón, jardín, textiles, madera y cuero.
 - Desecho inorgánicos: se le conoce también como basura seca; el cambio que podría sufrir biológicamente llevará mucho tiempo, quizás algunos cientos de años. Entre éstos están: vidrios, cerámicos, latas, aluminio y metales férreos.
- Por el lugar donde son generados: los desechos sólidos se pueden clasificar en residenciales, comerciales, industriales, públicos y hospitalarios.
 - Residenciales: aquel que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento similar a éstas.
 - Desecho sólido industrial: generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción. Son los que se generan en los procesos de manufactura o transformación de materias primas.

- Desecho sólido comercial: es generado en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como: almacenes, bodegas, hoteles, restaurantes, cafeterías, plazas de mercado, entre otros.
- Lugares públicos: son originados por el barrido y limpieza de las calles y comprende: basuras arrojadas clandestinamente a la vía pública, hojas, ramas, polvo, papeles, desechos de frutas, excremento humano y de animales, vidrios, cajas pequeñas, animales muertos, cartones, plásticos.
- Desecho sólido institucional: es aquel generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreas, terrestres, fluviales o marítimos y edificaciones destinadas a oficinas, entre otros.
- Hospitalarios: son aquellos elementos, sustancias o materiales que se generan como resultado de las distintas actividades desarrolladas en un establecimiento hospitalario y/o en establecimientos que generan residuos similares, los cuales son desechados al perder utilidad o por el riesgo que representan para la salud, ya que pueden tener características que los hagan infectocontagiosos, tóxicos o radioactivos. Entre estos están: agujas, gasas, telas u otros que, independientemente de su origen (orgánico o inorgánico), se consideran como desechos peligrosos.

1.2. Aspectos cuantitativos de la producción de desechos sólidos

Se debe analizar los aspectos cuantitativos de los desechos sólidos que se generan desde su composición, producción, transporte, tratamiento y disposición final.

1.2.1. Producción de desechos sólidos

La cantidad de residuos producidos por una colectividad es muy variable y depende de un gran número de parámetros, entre los que pueden citarse:

- Del nivel de vida de la población: la cantidad de residuos crece con éste en una proporción muy importante.
- De la época del año: para un número igual de habitantes, generalmente es mínima en verano.
- Del modo de vida de la población: está influenciada por la migración diaria entre el centro de la ciudad y la periferia.
- Del movimiento de la población durante los períodos de vacaciones: los fines de semana y los de fiesta.
- Del clima: aumento de cenizas en el invierno, salvo que los medios de calefacción modernos (gas-oil, gas, electricidad) hayan sustituido a los tradicionales (carbón, madera).
- De los nuevos métodos de acondicionamiento de mercancías: con la tendencia actual de utilizar envases y embalajes sin retorno.

En la región centroamericana, los índices de producción por habitantes varían entre 0,2 a 0,5 kg/hab por día en áreas rurales y hasta 0,5 a 1,0 kg/hab por día en áreas urbanas, lo cual arroja los siguientes datos para Guatemala:

- En zonas rurales 73 a 182,5 kg/hab por año. Equivalente a 0,20 a 0,50 kg/hab por día
- En zonas urbanas 182,5 a 365 kg/hab por año. Equivalente a 0,500 a 1,00 kg/hab por día
- Media nacional 200,75 kg/hab por año. Equivalente a 0,55 kg/hab por día

Según datos se ha observado que el lunes es el día en que más residuos se recogen debido a que, generalmente el domingo no funciona el servicio de recogida por ser el día de descanso del personal operativo. Se sabe que la cantidad de residuos recogidos cada día en una ciudad varía a lo largo de la semana. Estas variaciones son originadas, en parte por el modo de vida de la población y por otra parte, de la frecuencia de la recogida. (Ver tabla I).

Tabla I. **Distribución típica de componentes en los desechos sólidos urbanos domésticos para países de bajos, mediana y altos ingresos, excluyendo materiales reciclados**

COMPONENTE	PAÍSES DE BAJOS INGRESOS ^{a, b}	PAÍSES DE MEDIADOS INGRESOS	PAÍSES DE ALTOS INGRESOS ^c
• Orgánicos			
Residuos de comida	40 - 85 ^d	20 - 65	6 - 30
Papel	1 - 10	8 - 30	20 - 45
Cartón			5 - 15
Plásticos	1 - 5	2 - 6	2 - 8
Textiles	1 - 5	2 - 10	2 - 6
Goma	1 - 5	1 - 4	0 - 2
Cuero			0 - 2
Residuos de jardín	1 - 5	1 - 10	10 - 20
Madera			1 - 4
Misceláneos	-	-	-
• Inorgánicos			
Vidrio	1 - 10	1 - 10	4 - 12
Latas de hojalata	-	-	2 - 8
Aluminio	1 - 5	1 - 5	0 - 1
Otros metales	-	-	1 - 4
Suciedad, cenizas	1 - 40	1 - 30	0 - 10
^a Adaptado, en parte, de referencias			
^b Países de bajos ingresos: Ingresos / habitante de menos de 750 US\$ en 1990. Países de medianos ingresos: ingresos / habitante entre 750 US\$ y 5000 US\$ en 1990. Países de altos ingresos: ingresos / habitante de más de 5000 US\$ en 1990.			
^c Los países de altos ingresos están más industrializados.			
^d Los residuos de comida están compuestos mayoritariamente de residuos procedentes de la preparación de comidas (cáscaras de maíz, melón, plátano, etc.)			

Fuente: Thobanoglous y otros. Gestión integral de residuos sólidos. p. 77

1.2.2. Composición de los desechos sólidos

El conocimiento de la composición de los residuos domésticos tiene gran importancia para la toma de decisiones en la elección de los sistemas de tratamiento. Lo mismo que en la producción, numerosos factores influyen sobre la composición y las características de los residuos urbanos:

- Ubicación geográfica de la población: zonas rurales o núcleos urbanos, áreas residenciales o zonas de servicios, entre otros.
- El clima y la estación. los residuos recogidos en verano presentan un mayor contenido de restos de frutas y verduras, mientras que las escorias y cenizas aumentan en invierno.
- El modo y el nivel de vida de la población: el consumo de productos alimenticios ya preparados hace que aumente el contenido de envases embalajes de todo tipo: botes de conserva, vidrios, plásticos, papeles y cartones. Por otra parte, se produce una disminución de restos de vegetales, carnes y grasas; los jardines anexos a las viviendas individuales absorben ciertos tipos de residuos; el mayor uso del gas y la electricidad hace disminuir el contenido de escorias y cenizas.

Los residuos sólidos urbanos están constituidos por un conjunto de materiales muy heterogéneos. Por ello se plantea la necesidad de reagrupar sus distintos componentes en categorías de cierta homogeneidad, cuyo número variará evidentemente según los objetivos que cada clasificación persiga. Es frecuente englobar los distintos componentes en tres grandes grupos y de los cuales se puede determinar la composición de los desechos sólidos como se detalla en la tabla III.

- Inertes se consideran: metales, vidrio, restos de reparaciones domiciliarias, tierra, escorias y cenizas.
- Fermentables se consideran los residuos orgánicos putrescibles (pan, pescado, conchas, paja y restos vegetales de alimentos).
- Combustibles se consideran: papel, cartón, plásticos, madera, gomas, cueros, textiles y varios.

Tabla II. **Clasificación de los desechos sólidos recolectados en la capital de Guatemala**

TIPOS DE DESECHOS	CANTIDAD DIARIA T/Día
Desechos domésticos	498
Desechos no domésticos	353
Desechos de construcción	558
TOTAL RECOLECTADO	1 409

Fuente: Municipalidad de Guatemala, Manual Ciudadano sobre desechos sólidos. Greenpace, 1998. p. 10.

Tabla III. **Composición de los desechos sólidos**

COMPOSICIÓN	PORCENTAJE TOTAL PRODUCIDO
Materia orgánica	52
Papel y cartón	12
Plástico	7
Vidrio y lata	6
Tierra, ripio y otros	23
TOTAL	100

Fuente: Municipalidad de Guatemala, Manual Ciudadano sobre desechos sólidos. Greenpace, 1998. p. 11.

1.2.3. Características de los desechos sólidos

Existen cuatro características de los residuos sólidos cuyo estudio resulta básico a la hora de tomar decisiones para establecer el sistema de tratamiento o eliminación más adecuado. Las cuales son: la densidad, el grado de humedad, el poder calorífico y la relación carbono-nitrógeno.

La densidad, debido al carácter heterogéneo de los distintos componentes de las basuras, puede variar entre 100 y 200 kg/m³. En general se acepta que la densidad es siempre menor en los barrios céntricos, donde oficinas y comercios alternan con viviendas, mientras que crece en las zonas periféricas donde predominan las viviendas. Asimismo, la densidad varía en sentido inverso al nivel de vida, presentando los barrios residenciales las densidades más débiles. Las razones de estas particularidades se encuentran en la utilización, cada día más generalizada, de embalajes sin retorno, ligeros y relativamente voluminosos, así como el descenso del uso de combustibles sólidos para la calefacción.

La cantidad de agua que contienen los residuos sólidos tiene una gran influencia sobre el poder calorífico útil de las basuras, así como en la transformación biológica de las materias fermentables. Son muy variables los factores que inciden en el porcentaje de agua contenida en los residuos sólidos urbanos, los factores son: contenido en orgánicos, climatología de la región, forma en que se presentan, procedencia. Los ensayos realizados sobre muestras de residuos sin compactar, indican que la humedad oscila entre 40 y 60 % en peso. Esta variación depende del contenido en orgánicos fermentables presentándose así la máxima humedad en los residuos procedentes de mercados y mínima en los procedentes de áreas comerciales (ver tabla IV).

El parámetro más importante que ha de servir para la toma de decisión sobre el tratamiento de los residuos por incineración es, naturalmente, el poder calorífico inferior de los residuos sólidos. La relación carbono / nitrógeno es un índice de gran importancia en los procesos de compostaje e indica la capacidad mineralizadora del nitrógeno. El intervalo óptimo para los procesos de transformación biológica se estima entre los 20 y 35, pues para valores inferiores, la pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco gaseoso es tan elevada que el compostaje de esta materia carece de interés.

1.2.4. Determinación de la cantidad de desechos sólidos urbanos

Determinar la cantidad de desechos de un tipo, generados en un área específica o en una unidad de estudio no es una tarea fácil. Es necesario como primer punto tomar en cuenta qué información es la que se necesita obtener. La mayor dificultad estriba en conseguir datos de cantidades totales generadas de desechos sólidos y no de cantidades recolectadas por un determinado sistema.

Las cantidades de desechos, normalmente se estiman basándose en datos obtenidos en un estudio de caracterización de desechos, o por medio de proyecciones de datos previos sobre generación de desechos o de una combinación de ambos acercamientos. Dependiendo de la información que se necesite, se pueden aplicar diferentes métodos para estimar las cantidades de desechos sólidos generados o recolectados.

Tabla IV. **Datos típicos sobre peso específico y contenido en humedad para residuos domésticos, comerciales, industriales y agrícolas**

Tipos de residuos	Peso específico, kg/m ³		Contenido de humedad, % en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Domésticos (no compactados)				
Residuos de comida mezclados	131 – 481	291	50 – 80	70
Papel	42 – 131	89	4 – 10	6
Cartón	42 – 80	50	4 – 8	5
Plásticos	42 – 131	65	1 – 4	2
Textiles	42 – 101	65	6 – 15	10
Goma	101 – 202	131	1 – 4	2
Cuero	101 – 261	160	8 – 12	10
Residuos de jardín	59 – 225	101	30 – 80	60
Madera	131 – 320	237	15 – 40	20
Vidrio	160 – 481	196	1 – 4	2
Latas de hojalata	50 – 160	89	2 – 4	3
Aluminio	65 – 240	160	2 – 4	2
Otros metales	131 – 1151	320	2 – 4	3
Suciedad, cenizas, etc.	320 – 1000	481	6 – 12	8
Cenizas	650 – 83	745	6 – 12	6
Basuras	89 – 181	131	5 – 20	15
Residuos de jardín domésticos				
Hojas (sueltas y secas)	30 – 148	59	20 – 40	30
Hierba verde (suelta y húmeda)	208 – 297	237	40 – 80	60
Hierba verde (húmeda y compacta)	593 – 831	593	50 – 90	80
Residuos de jardín (triturados)	267 – 356	297	20 – 70	50
Residuos de jardín (compostados)	267 – 386	326	40 – 60	50

Fuente: Tchobanoglous et. al. Gestión integral de residuos. p. 80.

1.2.5. Evolución de la población

Desde los inicios de las primeras sociedades primitivas, los seres humanos han utilizado los recursos de la tierra para obtener sus medios de supervivencia, y en este proceso siempre han generado residuos que han expulsado de una manera u otra al medio ambiente.

En tiempos remotos, las consecuencias de la evacuación de los residuos provenientes de la actividad humana no eran percibidas como un problema significativo, ya que la población era pequeña y la cantidad de terreno disponible para la asimilación de los residuos era grande. En algunas sociedades agrícolas se realizaban prácticas de reciclaje y reutilización de nutrientes, incorporando la biomasa de los rastrojos agrícolas y otros desechos al suelo, mostrando una sabiduría en el uso y ahorro de energía que gran parte de la agricultura moderna desafortunadamente ha perdido.

El problema de la evacuación de los residuos pudo haberse originado en los tiempos en que los seres humanos comenzaron a congregarse en aldeas y pequeñas ciudades, cuando las comunidades nómadas dieron lugar a sociedades agrarias sedentarias. Entonces, la acumulación de residuos llega a ser una consecuencia de la vida en conglomerados urbanos.

Ya en la época medieval, la práctica de arrojar los restos de comida y otros residuos sólidos en las calles sin pavimentos, caminos y terrenos baldíos, tuvo como consecuencia la proliferación de ratas, portadoras de pulgas que eran el vector de la enfermedad llamada peste bubónica.

La falta de conocimientos y de medidas sanitaria básicas permitió la dispersión de esta enfermedad y la convirtió en una plaga mortal conocida entonces como la muerte negra, que provocó la muerte de más de la mitad de la población de Europa a mediados del siglo XIV. La acumulación creciente de desechos sólidos y la consecuente contaminación de los pozos y fuentes de agua, sumada a la ignorancia y falta de saneamiento básico, siguió provocando sucesivas epidemias en los países europeos durante los siglos XV al XVIII, produciendo altos índices de mortalidad que diezaban periódicamente a la población.

Fue hasta el siglo XIX que las primeras medidas de salud pública fueron consideradas como una necesidad vital por las autoridades. Por primera vez, los funcionarios públicos se dieron cuenta de que los residuos de comida y otros desperdicios tenían que ser recogidos y evacuados de una forma sanitaria, para controlar a los roedores, las moscas y otros vectores de enfermedades.

Se puede decir, que desde los inicios de la civilización humana, la especie ha dejado a su paso una estela de desechos, que son el residuo no utilizado de las actividades de producción, distribución y consumo.

La producción de desechos es una consecuencia propia y natural de la actividad del ser humano, la cual se ha incrementado paralelamente al desarrollo de las capacidades y modalidades de producción y consumo. El acelerado proceso de urbanización, el crecimiento industrial y la modificación de los patrones de consumo, han causado un acelerado incremento en la generación de residuos sólidos por habitante. Desdichadamente, no ha crecido proporcionalmente la conciencia ciudadana, el ejercicio de la responsabilidad individual ni las capacidades financieras y administrativas para dar una solución.

1.2.6. Composición de los desechos generados

En las tablas V y VI se contempla la composición de los desechos sólidos urbanos en los distintos años.

Tabla V. **Composición de los desechos sólidos urbanos del área metropolitana de Guatemala en 1995**

DESECHOS	% TOTAL	TONELADAS/ DIARIAS	TONELADAS / AÑO
Materia orgánica	38	532	194 180
Varios	20	280	102 200
Cartón – papel	16	224	81 760
Vidrio	8	112	40 880
Metal magnético	7	98	35 770
Plástico	6	84	30 660
Metal no magnético	5	70	25 550
TOTALES	100	1 400	511 600

Fuente: Municipalidad del departamento de Guatemala. Proyecto para la recuperación y eliminación de los desechos sólidos del área metropolitana de Guatemala. p. 5.

Tabla VI. **Composición de los desechos sólidos domiciliarios generados en la región metropolitana, 1998**

Estrato Económico	Alto	Medio alto	Medio bajo	Bajo
Tipo de desecho				
Materia orgánica	48,80	41,80	54,70	56,40
Papel y cartón	20,40	22,00	17,00	12,90
Escoria, ceniza y lozas	4,90	5,80	6,10	7,60
Plásticos	12,10	11,50	8,60	8,10
Textiles y cueros	2,30	5,50	3,50	6,00
Metales	2,40	2,50	2,10	1,80
Vidrios	2,5	1,70	1,30	1,00
Huesos	0,5	0,50	0,60	0,40
Otros	6,10	8,70	6,10	5,80
TOTAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: CEPIS-OMS.

1.2.7. Cantidad de desechos generados

La producción de desechos en la región centroamericana varía entre 0,2 a 0,5 kilogramos por persona en áreas rurales y hasta 0,5 a 1,0 kilogramo por persona al día en áreas urbanas. Promediando, se puede estimar que Centro América junta produce alrededor de 16 mil toneladas métricas de desechos sólidos cada día. La tabla VII muestra el volumen de desechos sólidos, cobertura de recolección y tipo de eliminación en las capitales de Centroamérica.

Tabla VII. **Volumen de desechos sólidos, cobertura de recolección y tipo de eliminación en las capitales de Centroamérica**

CIUDAD Y AÑO DE ESTIMACIÓN	TONELADAS POR DÍA	PORCENTAJE DE RECOLECCIÓN*	PRINCIPALES TIPO DE ELIMINACIÓN
Guatemala (1994)	1 500	65	Relleno y vertedero a cielo abierto
San José (1994)	1 000	80	Relleno y vertedero a cielo abierto
San Salvador (1994)	990	60	Relleno y vertedero a cielo abierto
Panamá (1994)	930	50	Relleno sanitario y verted. abierto
Managua (1994)	600	70	Vertedero a cielo abierto
Tegucigalpa (1994)	550	70	Vertedero a cielo abierto
*Las cifras de producción y recolección son datos oficiales de las autoridades municipales de cada ciudad.			

Fuente: NANITA-KENNET, Mila; GARZONA, Erwin, et al. Informe sobre el análisis comparativo de riesgos de Centroamérica. Volumen 1. Washington D.C.:CCAD-USAIDPRIDE.

1.3. Recolección de desechos sólidos

Para mitigar los daños ocasionados por la proliferación de basureros clandestinos, la exposición al ambiente y siendo foco de enfermedades, debe realizarse la recolección de los desechos de una forma eficaz y eficiente.

1.3.1. Generalidades sobre recolección.

Tradicionalmente se le ha asignado al Estado o a las municipalidades la responsabilidad de limpieza de áreas públicas y el servicio de recolección de desechos generados en casas de habitación y comercios. Estas entidades públicas al aceptar esa responsabilidad, han determinado quién realice esa tarea. Generalmente, en casi todas las ciudades de la república guatemalteca, es el mismo Estado quien ha realizado la operación de limpieza, mediante un organismo creado para tal efecto. Solamente, y hasta hace relativamente poco tiempo, algunos municipios han delegado esa tarea, mas no la responsabilidad, a entidades no públicas y especializadas.

El objetivo de la prestación del servicio de limpieza es: proteger la salud pública y el medio ambiente. Sin embargo, asociados a estos objetivos primordiales del servicio, están algunos objetivos del estado, y en particular del organismo operador del servicio, que son: proteger la salud pública y el medio ambiente al menor costo. La recolección de residuos es una de las partes del servicio prestado, que es susceptible de optimizar, dado que se puede realizar el mismo trabajo de maneras muy diferentes.

La recolección de residuos es, en términos generales, el transportar los residuos sólidos desde su almacenamiento en la fuente generadora hasta el vehículo recolector y luego trasladarlos hasta el sitio de disposición final.

1.3.2. Métodos de recolección

Atendiendo al grado de especialización de los vehículos recolectores utilizados en la prestación del servicio, los métodos de recolección pueden clasificarse en métodos mecanizados, semimecanizados y métodos manuales.

Los métodos mecanizados y semimecanizados, normalmente se utilizan en localidades altamente urbanizadas; mientras que los métodos manuales (que normalmente se efectúan con equipos no convencionales), son más usuales en zonas deprimidas y de difícil acceso, así como en localidades eminentemente rurales. Ahora bien, según el tipo de demanda por atender, se pueden tener dos tipos de métodos y de recolección; para demandas de tipo continuo y semicontinuo y, para demandas de tipo discreto.

De acuerdo con lo anterior, en el medio guatemalteco se pueden hallar toda la gama de métodos que resultan de la combinación de los dos criterios antes mencionados, aunque predominen los métodos semimecanizados de demanda discreta. Con base en lo anterior, se puede decir que un método de recolección está definido por el tipo de demanda exigida y por el grado de tecnificación de los equipos utilizados.²

Es importante destacar que el método con el cual se lleva a cabo la recolección, viene a resultar la parte medular del sistema mismo; ya que el nivel de organización que guarden los métodos de recolección de un determinado sistema, será el indicador más representativo del nivel de servicio con que se esté atendiendo a los usuarios de dicho sistema.

² SEDESOL. Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales, p. 10.

Según las demandas del servicio y el grado de tecnificación de los equipos los métodos de recolección se clasifican como sigue:

- Método de esquina o de parada fija: se puede decir que es el método más económico mediante el cual los usuarios del sistema llevan sus recipientes hasta donde el vehículo recolector se estaciona para prestar el servicio.
- Método de acera: el personal operativo del vehículo recolector toma los recipientes con basura que sobre la acera han sido colocados por los usuarios del servicio, para después trasladarse hacia el vehículo recolector, con el fin de vaciar el contenido dentro de la tolva o sección de carga de dicho vehículo; regresándolos posteriormente al sitio de la acera de donde los tomaron, para que los usuarios atendidos los introduzcan ya vacíos a sus domicilios.

Este método, además de ser más costoso que el de esquina, presenta el inconveniente de que animales domésticos y no domésticos (perros, gatos y ratas entre otros), pueden verse atraídos por recipientes con basura sobre la acera, pudiendo en un momento dado, dispersar la misma al buscar su alimento y, dando por resultado que la recolección se lleve a cabo en forma más lenta. Para evitar o atenuar este inconveniente, suele recomendarse el uso de bolsas de polietileno herméticamente cerradas, así como el empleo de canastillas elevadas en las aceras donde se colocan los recipientes con los residuos; sin embargo, esto puede involucrar un costo adicional para los usuarios, que no siempre están dispuestos a cubrir.

- Método de llevar y traer o intradomiciliario: éste es semejante al anterior, con la variante de que los operarios del vehículo recolector, entran hasta las casas habitación por los recipientes con basura, regresándolos hasta el mismo sitio de donde los tomaron, una vez de haberlos vaciado dentro de la caja del vehículo. Naturalmente, este método de recolección suele resultar más costoso que el de acera y, aún más que el de esquina.
- Método de contenedores: es semejante al de esquina en cuanto a que el vehículo recolector debe detenerse en ciertos puntos predeterminados para llevar a cabo la prestación del servicio. Puede decirse que este método es el más adecuado para realizar la recolección en centros de gran generación o de difícil acceso; como pueden ser hoteles, mercados, centros comerciales, hospitales, tiendas de autoservicio y zonas marginadas, entre otras.

No debe pensarse, que en todos los casos los métodos de recolección mencionados se cumplen tal y como fueron descritos, puesto que de una u otra manera siempre existe alguna variante en cuanto al equipo, participación del usuario y número de empleados que prestan servicio (por señalar tan sólo algunas de ellas), que los diferencian de los antes mencionados.

1.3.3. Equipos de recolección

Con respecto a los equipos de recolección y transporte primario, se sugiere que, siempre que sea factible (por las características físicas y poblacionales de la localidad), se empleen vehículos con carrocerías de gran capacidad, provistos de compactadoras para abatir los costos de recolección.

Las carrocerías de volteo, aunque son preferidas por localidades con cierta tendencia rural, debido a su versatilidad y menor costo, no son adecuadas para la recolección y transporte de basura doméstica desde el punto de vista de salud pública, debido principalmente, por el hecho de ser descubiertas y carentes de sello hermético en el fondo, propiciando el esparcido de residuos y líquidos contenidos en la misma basura, a lo largo de sus recorridos dentro y fuera de sus rutas de operación.

En términos generales, puede decirse que existen carrocerías para vehículos recolectores de carga lateral, trasera y frontal. Estas últimas se usan exclusivamente para la carga mecánica de contenedores, mediante un dispositivo consistente en un par de brazos, que ensamblan con el contenedor, elevándolo y vaciándolo por la parte superior de la caja compactadora. Los vehículos dotados de carrocerías de carga trasera de dos ejes, son muy eficientes, pues la recolección se efectúa en forma más cómoda y menos fatigosa para el personal operativo debido a su altura de carga no mayor de 1.20 m. Además, permiten por lo general, prescindir de un operario y así, reducir la tripulación del vehículo y los costos de operación.

Ahora bien, debe dejarse bien asentado que no siempre es adecuado el uso de vehículos especializados para la recolección de los residuos sólidos, ya que no en todos los casos la traza urbana brinda las facilidades de acceso, penetración, maniobrabilidad y pendiente, requeridas para la utilización y máximo aprovechamiento de tales vehículos.

En muchos casos la utilización de unidades consideradas como no convencionales, pueden dar mejores resultados tanto en costo como en rendimiento y eficiencia, que los obtenidos con el uso de unidades recolectoras especializadas.

Debe entenderse como unidad no convencional de recolección, todo aquel vehículo utilizado para la prestación de este servicio, en sustitución de cualquier equipo de recolección considerado como especializado.

De esta manera, desde un carretón movido por tracción animal, hasta un vehículo tipo volteo, pueden constituir una unidad de recolección no convencional. Normalmente, este tipo de unidades se utilizan en zonas sin caminos de penetración, o bien en todas aquellas de difícil acceso.

Con base en todo lo anterior, los equipos de recolección pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Equipos recolectores de alta tecnificación: son aquellos que por adaptación o por diseño original, están capacitados para realizar maniobras de carga y descarga de contenedores.
- Equipos especializados para la recolección de residuos sólidos: son aquellos que por su diseño original, prestación el servicio de recolección (y posterior descarga) de basura con cierta comodidad; como son todos los vehículos compactadores de carga trasera y lateral; y algunos otros de carga lateral sin mecanismos de compactación, pero con placa empujadora de basura.
- Equipos no convencionales para la recolección de residuos sólidos: cualquier vehículo utilizado para la prestación del servicio en cuestión, que no presente las características mencionadas para los equipos especializados y de alta tecnificación.

1.3.4. Frecuencia de recolección

La prestación de servicio de recolección es una de las etapas más caras del sistema del manejo de basura y una de las que presenta mayores oportunidades para la minimización de costos. Uno de los factores que más influye sobre el sistema es la frecuencia de recolección, la cual deberá prever que el volumen acumulado de basura no sea excesivo y que el tiempo transcurrido desde la generación de basura hasta la recolección para su disposición final no exceda el ciclo de reproducción de la mosca que varía, según el clima, de 7 a 10 días; tal y como se aprecia en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Tiempos de incubación y crecimiento de la mosca**

TEMPERATURA (°C)	Huevo a pupa (Cifras en días)	Huevo a adulta (Cifras en días)
Promedio de 20	10,1	20,5
Promedio de 28	5,6	10,8
Promedio de 35	5,6	8,9

Fuente: UNISON. Un análisis del sistema de recolección de basura. Capítulo 6. p. 27.

En cuanto a la regularidad con la que se debe recolectar la basura se presentan a continuación algunas alternativas:

- **Recolección diaria:** sistema que se busca alcanzar en la mayoría de las ciudades medias y grandes de Latinoamérica. Los camiones recolectores deben recorrer la totalidad de las rutas diariamente, excepto los domingos; por lo que, los lunes, la basura que se recolecta corresponde al período sábado - domingo.

- Recolección cada tercer día: el camión recolector pasa un día sí y otro no, a excepción de los domingos, por lo que equivale a pasar tres veces por semana. Con este sistema los camiones recolectores se llenan en un tiempo más corto y en un recorrido menor; es decir, el concepto de costo por tonelada-kilómetro, sería menor al compararla con la frecuencia diaria. Para aclarar este concepto, se puede decir que cada camión recolector recorre cierta distancia cargando y recolectando los desechos de un sólo día bajo el primer sistema; mientras que el mismo camión recorrería la mitad de esa distancia al llenarse más rápido, recolectando la basura de dos días.
- Recolección dos veces por semana: el camión establece un horario de servicio en el que se eligen dos días a la semana cada dos y/o tres días.

Los conceptos indicados anteriormente, referentes al costo por tonelada-kilómetro, en teoría se abaten conforme se disminuye la frecuencia de recolección, ya que los camiones recolectores se llenarían cada vez más rápido y en un recorrido cada vez menor; por lo cual las dos primeras ventajas que se indican para la alternativa anterior, se hacen mayores conforme se disminuye la frecuencia.

Por otro lado, la sobrecarga que representa la recolección en seis días de la semana, se reparte en un mayor número de días, conforme se disminuya la frecuencia en la recolección. Sin embargo, así como se incrementan esas ventajas, la disminución de la frecuencia agudiza también las desventajas que se mencionaron, creando una desventaja adicional y la posibilidad de hacer que proliferen los tiraderos clandestinos, al incrementarse las incomodidades de los habitantes servidos.

1.3.5. Aspectos a considerar en las rutas de recolección

- Número y tipo de equipo seleccionado
- Tamaño de la tripulación
- Frecuencia de recolección
- Distancia entre paradas y estaciones
- Distancia al sitio de transferencia o disposición final
- Maniobrabilidad de los contenedores
- Topografía del terreno
- Tránsito en la ruta
- Condiciones de los caminos

Otras consideraciones para el ruteo son:

- Las rutas no deben de estar fragmentadas o traslapadas.
- Cada ruta deberá ser compacta, atacando un área geográfica y estar balanceada.
- El tiempo total de cada ruta deberá ser razonablemente el mismo.
- Las calles de un solo sentido se tratarán de atacar desde el principio de ellas.
- Se deberán minimizar las vueltas en U y a la izquierda.
- Las partes elevadas se atacarán primero.
- Generalmente, cuando sólo se recolecta de un lado de la acera, es preferible rodear las manzanas.
- Cuando la recolección es por los dos lados de la acera, es preferible recolectar en línea recta por varias manzanas.
- En lo posible, hay que tratar de recoger simultáneamente ambos costados de la calle.

- Tratar de aumentar la distancia productiva en relación a la distancia total.
- El comienzo de una ruta debe estar cerca del garaje y el término cerca del lugar de disposición de los residuos sólidos.
- En lugares con colinas o fuertes desniveles del terreno el recorrido debe procurar hacerse desde la parte alta hacia la baja.
- Debe respetarse el sentido de la circulación y la prohibición de ciertos virajes.
- Calles con mucho tránsito deben recorrerse en las horas en que éste disminuye.
- Cuando hay estacionamiento de vehículos, hay que procurar efectuar la recolección en los momentos en que la vía está más despejada.
- En el caso de calles muy cortas o sin salida, es preferible que los camiones recolectores no entren en ellas, sino que esperen en la esquina y que el personal busque los botes con basura.

1.3.6. Requerimientos para diseños de rutas

El primer problema en la recolección de desechos sólidos, y en particular en el diseño de rutas consiste en determinar el número de vehículos que deben utilizarse dado el volumen de generación de la basura, el método que se seguirá para la recolección y las posibilidades económicas del municipio.³

La solución se puede encontrar modelando mediante diversos métodos matemáticos que puedan establecer relaciones entre capacidades de recolección y la generación de las zonas a recolectar. Los elementos básicos que se requieren son.

³ SEDESOL. Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales. p. 19.

- Un estudio de generación de residuos sólidos, que determine la generación per cápita domiciliaria, así como la generación que se da en otras fuentes municipales.
- Un mapa actualizado y detallado de la ciudad o zona a recolectar.
- La localización de las fuentes no domiciliarias de desechos que serán atendidas por el servicio.
- Datos de la densidad poblacional.
- Determinación del número óptimo de camiones de recolección.

1.3.7. Métodos de recolección

- Macroruteo: se puede decir que el macroruteo es la asignación de vehículos recolectores a diversas áreas de la ciudad para realizar la recolección. El macroruteo se puede hacer partiendo de una población de una zona de la ciudad, de la producción de basura en kilogramos por habitante por día y de la frecuencia del servicio, expresado en días por semana. Se divide la ciudad en varias áreas específicas para que la recolección se realice de una manera más ordenada. La división en n áreas de recolección, requiere de tener en consideración los siguientes factores:
 - Las fronteras naturales como son ferrocarriles, carreteras o calles muy transitadas y los ríos o canales que atraviesan la ciudad.
 - Las diferentes densidades de población y tipo de basura de la ciudad.
 - El tiempo y la distancia empleados para un viaje redondo hasta el sitio de disposición final.

Se debe de tomar en cuenta que las macrorutas son áreas compactas, que generalmente comprenden colonias o barrios enteros, y que se diseñan con la finalidad de que, en las áreas determinadas, se realice un recorrido específico con el vehículo, que cubra la mayor cantidad de viviendas y con la mayor eficiencia en carga.

No existe algoritmo o programa para macrorutear, el diseñador de las macrorutas, contando con los elementos descritos, dividirá la ciudad en n áreas iguales, de tal forma que cada una de esas áreas genere aproximadamente la cantidad de basura que llene un camión durante su recorrido dentro de éstas. El macroruteo consiste en dos etapas: el primero es cuando se hace el cálculo teórico de las necesidades u áreas asignadas a cada vehículo, en el segundo se afinan los contornos de las mismas para balancearlos y nivelar las cargas de trabajo entre las diferentes cuadrillas.

- Microruteo: es el recorrido específico que deben cumplir diariamente los vehículos de recolección en las áreas de la población donde han sido asignados, con el fin de recolectar de la mejor manera posible los residuos sólidos generados por los habitantes de dicha área.

1.3.8. Modelos matemáticos de recolección

Los métodos determinísticos son los más recomendables, ya que en ellos se pueden involucrar todos los parámetros que inciden en el diseño de las rutas de recolección, además de que con estos métodos se obtienen rutas óptimas.⁴

⁴ SEDESOL, Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales. México. 1997. p. 35.

Los dos métodos determinísticos más usados para el diseño de las microrutas son:

- Algoritmo del agente viajero: utilizado para diseñar rutas empleando el método de parada fija y el de contenedores. El problema del agente viajero consiste en encontrar, en un conjunto de rutas que conectan diversos puntos, el camino de menor costo, que recorra cada uno los puntos.

Aplicado a la recolección de residuos se puede establecer un vehículo de recolección de basura, al iniciar el día de trabajo, se propone visitar un número determinado de paradas de recolección, pasando por ellas una vez, recolectando basura, al costo mínimo. Las calles y vialidades que puede emplear forman una red y se supone que viajará siguiendo siempre los arcos de dicha red.

- Modelo del problema del cartero chino: utilizado en el método de recolección por acera y el intradomiciliario. Consiste en encontrar un recorrido a través de una red que representa una zona limitada de un asentamiento humano, pasando por cada calle cuando menos una vez, de tal manera que la distancia recorrida sea mínima.

Se deben visitar todos los arcos, sin importar cuántas veces se pase por un determinado nodo. El primer paso es especificar si la red es o no par; una red par es aquella en la que el número de arcos que inciden a todo nodo es par. Si alguno de los nodos tiene un número de arcos incidentes impar, entonces se dice que la red no es par. En una red par se puede encontrar una ruta por la que se transite una sola vez en cada arco. Dicha ruta se denomina ruta Euleriana o de Euler.

1.4. Transporte de desechos sólidos

En la recolección de desechos sólidos una parte vital es el vehículo que se empleará como medio de transporte para recolectar y transportar hacia el basurero.

1.4.1. Tipos y tamaños de vehículos recolectores

- Sistemas de recolección por contenedores altamente especializados: éstos están diseñados para atender la demanda del servicio exclusivamente a través de la utilización de contenedores. Son equipos altamente tecnificados donde la variante radica casi exclusivamente en cuanto al mecanismo empleado para la carga y descarga de contenedores con capacidad normalmente alta. No es recomendable para la recolección domiciliaria con métodos tradicionales; debe contar con acceso adecuado a las zonas de generación. Su utilización, también es recomendable en mercados, hospitales, tiendas de autoservicio, multifamiliares de gran tamaño, industrias, etcétera.
- Vehículos compactadores con mecanismos de carga trasera, frontal y lateral: estos vehículos poseen mecanismo de carga y de descarga de contenedores y su capacidad varía desde uno hasta seis metros cúbicos, según la potencia de dicho mecanismo. Su eficiencia de recolección es muy alta cuando se usa adecuadamente, por lo que no debe ser utilizado en la recolección domiciliaria con los métodos tradicionales de esquina, acera. Su principal uso es para la recolección de basura en centros de gran generación como mercados, multifamiliares, unidades habitacionales y supermercados, etcétera.

- Vehículos compactadores de carga lateral: pueden ser de caja cuadrada o cilíndrica con mecanismo de compactación. La carga de basura se hace lateralmente, su principal ventaja es que cuenta con un mecanismo sencillo de compactación, además que se le puede adaptar un mecanismo para la carga y descarga de contenedores. Su principal desventaja es que la altura de carga y su diseño obligan a que un empleado viaje dentro de la caja para recibir la basura, por lo que la compactación no se hace con la regularidad debida.
- Vehículos compactadores de carga trasera: en este tipo de vehículos la carga de basura se hace a través de una tolva que se encuentra ubicada en la parte posterior de la carrocería, sus principales ventajas son que la altura de carga es baja, que los operarios no tienen acceso a la basura para pepenarla una vez que el mecanismo compactador de carga se ha hecho funcionar y que puede atender contenedores pequeños en su ruta de recolección.
- Vehículos sin mecanismo de compactación, de carga lateral o trasera: la utilización de este tipo de vehículos cada día se hace más frecuente. La carga de basura se realiza en la mayoría de los casos en forma lateral, aunque para ciertas cajas es mejor hacerlo por la parte trasera. El bajo costo de inversión y los reducidos requerimientos económicos de mano de obra especializada para su mantenimiento, son sus principales ventajas. Su principal desventaja es la disminución en cuanto al tonelaje de basura que puede transportar; ya que por falta de mecanismo de compactación, el peso volumétrico alcanzado dentro de la carrocería por los residuos, difícilmente rebasa los 350 kg/m³.

- Vehículos tipo volteo: éstos con mecanismos de descarga tipo volteo, pueden llegar a contar con puertas laterales para facilitar la carga dentro de la carrocería del vehículo, así como son extensiones para alimentar su capacidad volumétrica y aprovechar la gran capacidad de soporte de carga del chasis. Las principales ventajas son: su bajo costo comparado con un camión más tecnificado y, que la descarga por volteo es mucho más rápida que cuando se tienen cajas fijas.

Las desventajas obvias son las siguientes: la altura de carga es muy elevada, el acomodo de la basura dentro de la caja es manual, se requiere de un empleado adicional en la cuadrilla de trabajo. Asimismo, al adicionarle a la caja volumen hacia arriba se corre el riesgo de elevar el centro de gravedad por encima de las especificaciones del diseño de los vehículos.

- Otros vehículos y sistemas: estos tipos de equipos de recolección incluyen los no convencionales, como serían los vehículos de arrastre manual o de animales, o por medio de pequeños vehículos motorizados. Este tipo de vehículos se utiliza en sitios muy específicos, en donde las condiciones del terreno, la topografía y la amplitud de las calles no permiten la entrada de los vehículos convencionales.

1.4.2. Capacidades útiles de vehículos

En la tabla IX se presenta la comparación de las capacidades de los diferentes vehículos empleados en la recolección de desechos sólidos.

Tabla IX. **Comparación de las capacidades de los diferentes camiones**

Tipo de camiones o vehículos	Rango de capacidad en m3
Vehículos con equipo altamente especializado	6 – 22
Vehículos compactadores con mecanismos de carga trasera, frontal y lateral	12 – 30
Vehículos compactadores con carga lateral	10 – 16
Vehículos compactadores con carga trasera	10 – 20
Vehículos sin compactación	8 – 16

Fuente: elaboración propia.

1.4.3. Número de casas y usuarios por vehículo

El número de casas o usuarios que puede servir un vehículo se estima a través de la siguiente fórmula:

$$U = \frac{N \times C \times F}{Hc \times G}$$

Donde:

- U: usuarios servidos por el vehículo en una jornada normal de trabajo
- N: número de viajes que puede realizar el vehículo en la jornada
- C: capacidad del vehículo, en kg
- F: frecuencia de recolección
- Hc: habitantes promedio por casa o vivienda
- G: producción de residuos sólidos en Kg/hab/día

Para:

$$F = 6/7; c=1$$

$$F = 3/7; c=2$$

$$F = 2/7; c=3$$

$$F = 1/7; c=6$$

1.4.4. Equipos de seguridad en recolección

Para que la seguridad del personal se mantenga se controla de manera muy estricta el uso adecuado del equipo de seguridad personal dentro de las zonas que así lo requieran. Es obligatorio que el personal use durante las horas de trabajo los implementos de protección personal:

- Guantes: éstos deberán utilizarse siempre, durante las actividades que impliquen algún tipo de riesgo a las manos y cuando se utilicen elementos de carácter peligroso, irritante o tóxico.
- Mascarillas: este tipo de protección debe ser utilizada cuando exista presencia de partículas que puedan afectar a las vías respiratorias o vapores que sean tóxicos.

1.4.5. Seguridad e higiene en rutas de recolección

El accidente o enfermedad ocupacional en las rutas de recolección ocurren por dos grandes motivos el primero es el diseño o uso inadecuado de las herramientas y equipo de trabajo, el segundo es la falta o no uso de los equipos de seguridad en el trabajo. Entre las situaciones más comunes a considerar al momento de realizar un plan de seguridad se deben tomar en cuenta las siguientes:

Diseño o uso inadecuado de las herramientas y equipo de trabajo:

- Baranda demasiado alta de los vehículos recolectores, es recomendable que mida menos de 1,20 metros.
- Recipientes excesivamente voluminosos o pesados para el esfuerzo humano promedio.
- Mala posición al levantar recipientes.
- Lesión por falta de destreza o descuido al manipular bolsas, costales o recipientes.

Falta o no uso de los equipos de higiene y seguridad:

- No se usa la mascarilla, se inhalan olores, gases y partículas que pueden causar malestar y enfermedades.
- No se usan los guantes, se pinchan o cortan las manos con objetos punzo cortantes.

2. SITUACIÓN ACTUAL SOBRE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

2.1. Datos generales del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos

Entre las diferentes fuentes que se manejan con relación a la historia del municipio de San Pedro Sacatepéquez, ubicado en el departamento de San Marcos. En tiempos de la conquista, el señor Gonzalo de Alvarado, había reducido a escombros los dominios de los belicosos mames del norte, por lo que solamente quedaba pendiente el reducto bajo conformado por el departamento de San Marcos, San Juan Ostuncalco y San Martín Chile Verde. La conquista de esa zona fue encomendada en 1533 al capitán Juan de León y Cardona.

2.1.1. Resumen histórico

El origen del nombre de este municipio es en honor a fray Pedro de Ángulo, quien por orden del rey de España, acompañó a los conquistadores, por eso se bautizó al pueblo con el nombre de San Pedro Sacatepéquez. El origen del apellido: Sacatepéquez, se debe a lo gratamente impresionados que quedaron los españoles al observar las alturas y valles de esta tierra verde (Sacat=hierba, Tepet=cerro); también le llamaban Quetzalí que significa valle de la esmeralda, debido a su situación geográfica.

Existen diversos documentos que relatan datos acerca del origen y fundación del municipio, entre ellos, el de su catequización, el cual es un pergamino que se encuentra en los archivos de la municipalidad; se cuenta que los nativos de San Pedro colaboraron en todo sentido con los españoles y como recompensa a sus múltiples esfuerzos, el rey Carlos V, les obsequió dicho pergamino el 1 de mayo de 1543. El monarca agradecía los servicios prestados, siguiendo la instrucción del licenciado Bartolomé de las Casas. El pueblo se formó cerca de los ríos, conformándose al inicio con trescientos vecinos para permitir la extensión, siendo el responsable el cacique principal juntamente con el religioso o clérigo.

En la historia sampedrana destacan varios acontecimientos, entre ellos, los dos movimientos telúricos que azotaron el lugar, el primero fue en marzo de 1791 y el segundo en abril de 1902, ambos terremotos destruyeron la arroquia y el palacio municipal. Durante la caída de la revolución de San Pedro Sacatepéquez el 2 de julio de 1954, varios anticomunistas se abalanzaron sobre las autoridades edilicias y los golpearon.

También, en esa época varios educadores tuvieron que abandonar el terruño al considerarse perseguidos políticos; fue el inicio del conflicto en la tierra sampedrana. Otro hecho que destaca en la historia reciente, es que los habitantes sampedranos se resistieron a formar parte de las Patrullas de Autodefensa Civil, condicionando al ejército a hacerlo si los vecinos de San Marcos lo hacían primero, sin embargo, nunca lo hicieron.

La fiesta titular autorizada por Acuerdo Gubernativo del 21 de agosto de 1940, se celebra durante la última semana de junio, siendo el día principal el 29, día en que la Iglesia Católica conmemora a los apóstoles San Pedro y San Pablo.

Localmente se conoce esta fiesta como: Flor de Retama. La cabecera municipal ha tenido varios traslados y su primer asentamiento fue lo que actualmente es la aldea San Pedro Petz, luego en aldea San Isidro Chamac, y por último, donde se encuentra actualmente.

2.1.2. Aspectos geográficos, topográficos y climatológicos

San Pedro Sacatepéquez es uno de los 29 municipios que conforman el departamento de San Marcos, situado en la parte este del departamento en la Región VI o Región Sur-occidental. Se localiza en la latitud 14° 57' 55" y en la longitud 91° 46' 36"; su altitud es de 2 330 metros sobre el nivel del mar.

La cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez se encuentra a una distancia de 2 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a 250 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. La extensión territorial del municipio de San Pedro Sacatepéquez es de 253 kms²; y la del área urbana del valle de la esmeralda es de: 8,7 km². Actualmente el municipio de San Pedro Sacatepéquez, consta de las siguientes unidades poblacionales⁵:

- Área urbana: la cabecera municipal se encuentra dividida en cuatro zonas, ordenadas en calles y avenidas, colocadas las primeras de este a oeste y las segundas de norte a sur; tiene ocho cantones denominados: Centro, El Mosquito, San Juan de Dios, San Juan del Pozo, San Miguel, San Sebastián, Santa María y Calzada Independencia. En la figura 1 se muestra el croquis de la cabecera municipal.
- Área rural: 17 aldeas, 83 caseríos.

⁵ SEGEPLAN, 2003. Sistema Nacional de Planificación Estratégica Territorial (SINPET). Base metodológica.

Figura 1. **Croquis del área urbana de San Pedro Sacatepéquez**



Fuente: www.google/maps. Consulta: 13 de octubre de 2012.

Los límites territoriales del municipio de San Pedro Sacatepéquez son:

- Al norte: con los municipios de San Lorenzo y San Antonio Serchil del departamento de San Marcos.
- Al sur: con los municipios San Cristóbal Cucho, La Reforma, Nuevo Progreso y El Tumbador, todos del departamento de San Marcos.
- Al este: con el municipio de San Antonio Sacatepéquez, del departamento de San Marcos, y los municipios de Palestina de los Altos y San Juan Ostuncalco del departamento de Quetzaltenango.
- Al oeste: con los municipios Esquipulas Palo Gordo y San Marcos, ambos del departamento de San Marcos.

Las colindancias de la cabecera municipal son:

- Al norte: con las aldeas San Andrés Chápil, San José Cabén y la Grandeza.
- Al sur: con aldea Champollap.
- Al este: con aldea San Isidro Chamac.
- Al oeste: con aldea Piedra Grande y San Francisco Soche

En el municipio, actualmente existe una micro regionalización, la cual ha sido validada por los COCODES y COMUDES, su división en teoría es por aspectos geográficos y de accesibilidad y pretende articular los territorios, según el acceso al sistema vial. El territorio del municipio se subdivide en cinco micro regiones:

- Centro: conformada por la cabecera municipal y las aldeas San José Cabén, San Isidro Chamac, Champollap y San Andrés Chápil.
- Norte: conformada por las aldeas La Grandeza y Santa Teresa.
- Noroccidente: conformada por las aldeas Piedra Grande, San Francisco Soche, Mávil y Cantel.
- Sur: conformada por las aldeas Corral Grande, Chim, El Cedro y Provincia Chiquita.
- Sur occidente: conformada por las aldeas Sacuchum, El Tablero y San Pedro Petz. (Ver figura 2).

En el caso de la región noroccidente existe una primacía de características medio ambientales comunes, y la región sur occidente resulta ser la menos favorecida y es donde deberán realizarse los mayores esfuerzos de inversión en infraestructura pública, principalmente en temas sociales de cobertura de educación y salud pública.

Una de las ventajas primordiales de la microregionalización es la supremacía demográfica de tres de ellas, esto permitirá realizar inversión pública priorizada de aquellos proyectos estratégicos en sectores que beneficiarán a un mayor número de personas. Otro aspecto relevante es que la concentración poblacional permitirá implementar un plan de ordenamiento territorial por microregión según las necesidades y características territoriales de cada una, es el caso de la micro región central que se encuentra en un proceso participativo para la implementación del Plan San Isidro que corresponde a la aldea del mismo nombre por iniciativa de la población.

El municipio se encuentra en la Sierra Madre, en un área de bosques muy húmedos y montañosos, de clima bajo subtropical, en el que predominan suelos francos a franco arcillosos con perfiles arables hasta 0,80 m, con madera y drenaje interno, suelos profundos color negro a gris, pendientes entre 12 – 32 %, 32 a 45 %, una precipitación pluvial con un promedio de 2 730 mm anuales, biotemperatura de 12,5 a 18,60 grados centígrados, relieve accidentado en su mayor parte.

En las comunidades se encuentran varios cerros, montañas y bosques, destacando los dos de la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, localizados en el cerro Chil del caserío La Laguna Seca, aldea San Andrés Chápil, los cuales abarcan primer bosque 172,7 hectáreas, segundo bosque 112,59 hectáreas.

Generalmente, en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, los tipos de bosques son mixtos integrados, en donde se encuentran las siguientes especies: ciprés, pino blanco, pino colorado, roble, aliso, carrizo, encino, pinabete y eucalipto; también existen algunas especies arbustivas como: la salvia y la chilca. Se tienen identificados: 6 montañas, 15 cerros y 3 bosques.

Debido a la topografía del municipio de San Pedro Sacatepéquez, así como a los efectos de la deforestación y otros fenómenos geológicos, existen varios centros poblados que enfrentan riesgo de ser víctimas de desastres naturales, especialmente deslizamientos. Entre éstos están:

- Sector Yerba Buena: en la cabecera municipal, es vulnerable a incendios forestales debido a que, en este lugar existe un botadero de basura en donde continuamente por la quema de los desechos sólidos en algunas ocasiones se han incendiado las áreas que poseen bosque y que están muy cerca de este botadero.
- Cantón el Mosquito: en la cabecera municipal, ha sido afectado con inundaciones, debido a que el sistema de alcantarillado no tiene capacidad para absorber las aguas pluviales, por el aumento constante de viviendas y habitantes así como por la práctica negativa de muchas personas de tirar basura en lugares inadecuados.
- Las comunidades del área rural expuestas a riesgo de desastres naturales por topografía y deforestación: aldeas Chim, Sacuchum, San Francisco Soche.

Las principales vías de acceso son:

- De San Pedro Sacatepéquez a Quetzaltenango: asfalto tipo C
- De San Pedro Sacatepéquez a San Marcos: calle pavimentada
- De San Pedro Sacatepéquez al altiplano de San Marcos: asfalto tipo D

Para llegar a las comunidades, existen vías de acceso como: calles, avenidas, accesos, diagonales y caminos de herradura; se encuentran empedradas; la mayoría son de terracería o balastradas, y comunican a las diferentes zonas, caseríos o parajes que conforman las aldeas, así como a lugares vecinos y aledaños; se encuentran en condiciones aceptables y son transitables todo el tiempo, aunque durante la época de invierno presentan serios inconvenientes para los transeúntes y el paso de vehículos se ve interrumpido.

El clima es frío, agradable y favorable para la salud de sus habitantes, posee una franja de tierra cálida cuya extensión comprende las aldeas de Provincia Chiquita, Corral Grande, Chim y El Tablero, las que colindan con las zonas costeras de San Marcos y Quetzaltenango. El promedio de temperatura es de 18 grados centígrados. Durante el año se marcan dos estaciones:

- Época seca: comprendida entre los meses de noviembre a abril
- Época lluviosa: comprendida entre los meses de mayo a octubre

2.1.3. Características de la población

De acuerdo a la información proporcionada por el XI Censo de Población y VI de Habitación, del Instituto Nacional de Estadística del 2002, el municipio de San Pedro Sacatepéquez tiene una población de 58 005 habitantes, de los cuales el 51 % son mujeres y el 49 % hombres.

La cabecera municipal cuenta con 31 783 habitantes ubicada en la microregión central y existen dos aldeas con población entre 3 000 y 5 000 habitantes Piedra Grande con 6 253 en la micro región norte y Santa Teresa con 5 221 en la microregión norte. La población del municipio pertenece a la etnia mam, en la actualidad, casi el total de los habitantes del municipio hablan español. De acuerdo a los indicadores del mapa de pobreza de Guatemala por municipio, publicado en agosto de 2001, San Pedro Sacatepéquez presenta un porcentaje de pobreza del 55,79 %; y el porcentaje de pobreza extrema es del 16,35 %.

De acuerdo a los datos del XI Censo de Población y VI de Población de 2002 del Instituto Nacional de Estadística, la población económicamente activa es de 47 980 habitantes, comprendidos en los grupos etarios de 7 años y más, de éstos, 19 130 se encuentran realizando actividades económicas; entonces, la población económicamente activa del municipio de San Pedro Sacatepéquez en relación a la cantidad de habitantes aptos para desarrollar actividades productivas es de 39,87 %. Este es un indicador bajo que justifica el alto índice de desempleo (40 %). El sector económico productivo del municipio se divide en actividades de: comercio, industria, artesanía y agricultura.

La productividad y comercialización de productos se enfrenta a diversos obstáculos para su efectiva consecución, entre los que destacan:

- A pesar de la fuerte actividad comercial de productos agrícolas, no se cuenta con un centro de acopio que permita la concentración y mayor control del movimiento económico que, por este concepto se maneja en el municipio, y el cual podría generar y mejorar los ingresos a las arcas municipales.

- Aunque la actividad económica de la población sampedrana es importante, el beneficio no llega a todos, reflejándose en el alto índice de desempleo (40 %), que puede ser resultado de la falta de formación y tecnificación de la mano de obra no calificada que permita acceso a mejores oportunidades de trabajo y desarrollo.

En la tabla X se muestran algunos indicadores del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Tabla X. **Indicadores generales del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos**

INDICADOR	DATO
Población indígena	16,24 %
Población no indígena	83,76 %
Número de hogares	11 419
Número promedio de miembros por familia	5 personas
Densidad poblacional	229 habitantes por Km ²
Tasa de crecimiento poblacional	28.8 x 1 000 habitantes
Tasa de natalidad	24,15 nacidos vivos x 1 000 habitantes
Tasa de fecundidad	124,69 nacidos vivos x 1 000 mujeres en edad fértil
Tasa de mortalidad	4,27 x 1 000 habitantes

Fuente: RAMOS, Henry. Propuesta para el manejo de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento San Marcos. p. 11.

No existen muchos grupos organizados de mujeres, lo cual influye negativamente en que puedan ser promocionadas e incluidas en espacios de participación ciudadana. La formación y asesoría técnica de la mano de obra no calificada para facilitar el acceso a mejores fuentes de empleo a la mujer, es un factor importante para fomentar y/o fortalecer su autoestima y convertirla en una actora efectiva del desarrollo del municipio.

Para el sector niñez y juventud, la falta de bibliotecas y centros de orientación cultural, así como de áreas recreativas infantiles y juveniles (parques y otros), son factores que les limita en su proceso de formación, no solo a nivel escolar, sino también, como futuros ciudadanos.

El municipio de San Pedro Sacatepéquez cuenta con diversos servicios para brindar atención en salud a la población, la prestación de servicios públicos no es suficiente, ya que solamente hay 1 centro de salud en la cabecera municipal, 7 puestos de salud y 7 unidades mínimas de salud en 14 centros de aldeas, para cubrir a una población de 58 005 habitantes. Al consultar los indicadores de salud del municipio, refleja enfermedades respiratorias, como: resfriado, neumonía, amigdalitis, que correspondieron al 27,91 % durante el 2003; enfermedades gastrointestinales, como: parasitismo intestinal, diarreas, alcanzaron el 18,14 %; y las enfermedades de la piel, alcanzaron el 10,20 %, durante el mismo año.

A pesar de ser un centro importante del sector educativo en el departamento de San Marcos, el municipio de San Pedro Sacatepéquez y sus comunidades, cuentan con 52 establecimientos de nivel preprimario, 77 de nivel primario, 21 de nivel básico, 8 de nivel medio y 2 de nivel superior universitario; la problemática nacional educativa, se refleja en los siguientes datos:

- La mayoría de los establecimientos educativos cuentan con edificios propios, con excepción de las escuelas de párvulos del área rural que son anexos a las escuelas oficiales rurales mixtas, así como los institutos básicos por cooperativa, de tele secundaria y las escuelas de autogestión comunitaria, que no cuentan con edificios propios, sino que utilizan los edificios de escuelas primarias rurales mixtas.

- Debido a la falta de mantenimiento de los edificios escolares gubernamentales, éstos presentan numerosas deficiencias y en ocasiones se vuelven inhabitables, poniendo en grave riesgo a maestros y alumnos.
- El mobiliario y equipo escolar tampoco recibe mantenimiento y su renovación representa trámites burocráticos de largos períodos de tiempo que afectan el proceso educativo al no contar los alumnos con espacios cómodos para sus actividades escolares.

La seguridad de la población se ha visto mermada por el incremento de la actividad delincriminal y la falta de suficientes elementos policiales, recursos físicos y materiales para combatirla. La población que se ha organizado para enfrentar este flagelo, no recibe ningún tipo de asesoría ni acompañamiento de parte de las autoridades responsables de brindar seguridad, por lo que, se exponen también, a ser víctimas de los delincuentes y criminales.

En las comunidades del municipio de San Pedro Sacatepéquez han sido conformados 35 Concejos Comunitarios de Desarrollo (COCODES), de forma democrática e involucrando de manera integral a todos los sectores organizados de las comunidades de las aldeas y cantones de la ciudad.

Los COCODES que se encuentran inscritos en el Registro Civil de la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez son:

- 15 en aldeas
- 17 en caseríos
- 1 en paraje
- 2 en cantones de la cabecera municipal. También se encuentra inscrito y legalizado el Concejo Municipal de Desarrollo (COMUDES).

La actividad agrícola del municipio es una de las más importantes económicamente, el 23 % de los hombres y el 7 % de las mujeres de la población económicamente activa del municipio. Los productos agrícolas que se cosechan con mayor frecuencia y para fines de comercialización son: maíz, frijol, haba, papa, zanahoria, brócoli, repollo, ejote, aguacate, manzana, durazno, banano, diversidad de flores, entre otros. Los suelos de la región son considerados aptos para la agricultura, la mayoría contribuyen a que la producción agrícola sea efectiva; siendo el área rural del municipio donde la actividad agrícola se practica con mayor frecuencia.

2.2. Descripción del sistema municipal de limpieza

Debido a la problemática que ocasionan los desechos sólidos (basura) y ante la inexistencia de un manejo adecuado de los mismos dentro del casco urbano del municipio de San Pedro Sacatepéquez, la municipalidad creó el Departamento de Limpieza para contrarrestar la acumulación de basura en las calles, la proliferación de basureros clandestinos, etcétera.

2.2.1. Datos históricos

El departamento fue creado el 10 de octubre de 1995, estableciendo en su reglamento el barrido de calles, plazas y mercado municipal. En el mes de junio de 1996 se realizó la presentación de este servicio aprovechando el desfile de la feria municipal, en el cual se presentó un camión de volteo que llevaba una campanita, para que las personas lo identificaran y se le conoció como el tren de aseo de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos (en adelante se denominará: tren de aseo), pero fue en el mes de julio del mismo año cuando se empezó a prestar este servicio.

Cuando se inició el servicio se prestaba mixto (domiciliar y comercial), incluía la recolección de la basura y desperdicios en recipientes cerrados, los cuales debían ser colocados en lugares visibles y en la parte exterior de cada inmueble para su fácil recolección de acuerdo con el horario fijado en cada sector.

El cobro del servicio se efectúa por medio de la tesorería municipal, el mismo inició su funcionamiento con 200 usuarios. Los camiones recolectores realizaban de 2 a 3 viajes diarios, la recolección semanal se hacía de zona en zona, ya que no se contaba con rutas establecidas, se trabajaba de lunes a viernes en horario de 5:00 am a 2:00 pm en la prestación del servicio domiciliar y comercial. El barrido del mercado, la terminal y lugares públicos se realizaba diariamente. El servicio del tren de aseo empieza a funcionar con el siguiente personal:

- 1 administrador
- 1 piloto
- 4 recolectores de basura
- 1 camión de volteo

El Concejo Municipal decidió implementar botes de basura en lugares públicos, dando como resultado el aprovechamiento de éstos por personas que depositaban su basura sin pagar por este servicio. Asimismo, existen vecinos que pagan a personas ambulantes para que puedan llevar sus desechos y depositarlos en cualquier lugar sin importarles las consecuencias que esto acarrea. En el 2004, la municipalidad se vio en la necesidad de proporcionar al departamento de tren de aseo, personal de apoyo ya que existió un mayor volumen de desechos sólidos y se elevó la cantidad de usuarios del mismo.

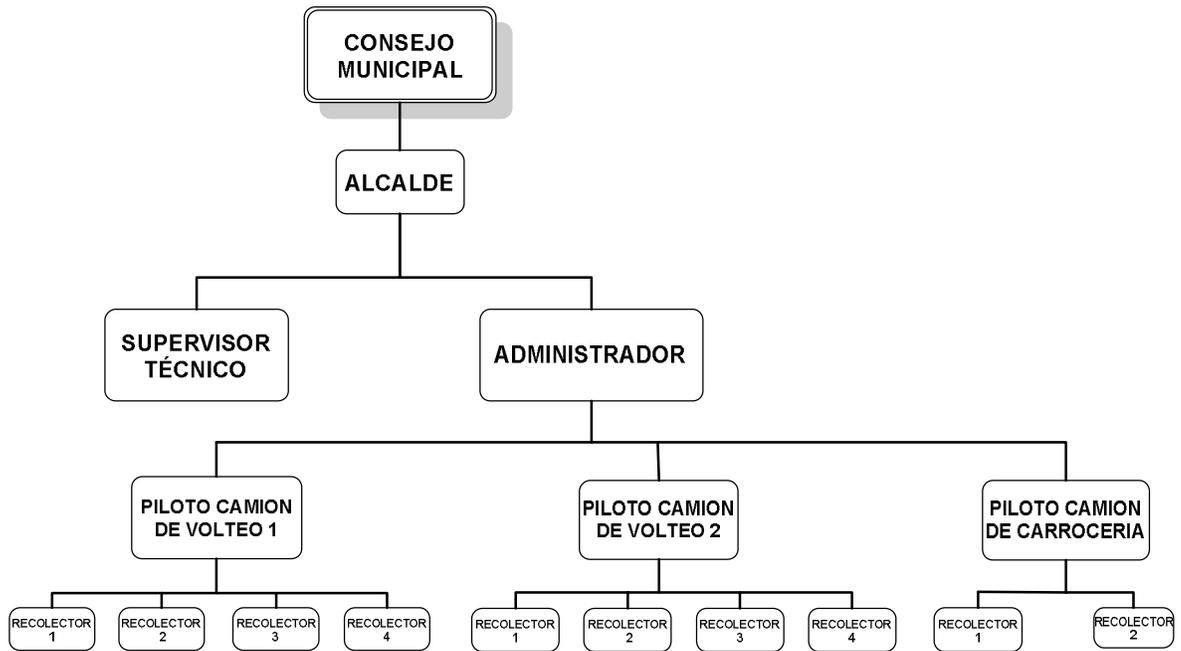
En la actualidad, el tren de aseo cuenta con 2 camiones de volteo y 1 camión de carrocería. La recolección de desechos sólidos se realiza una vez por semana en las diferentes casas residenciales y de 2 a 3 veces en servicios comerciales, y los denominados otros (hospitalarios y lugares públicos). Existen personas que se dedican a la limpieza de los centros comerciales, mercados, parques, calles y terminales, los cuales se encuentran registrados como empleados de servicios varios.

2.2.2. Organigrama

Actualmente, el tren de aseo tiene la organización administrativa que se muestra en el organigrama adjunto (figura 3). Dicho departamento por ser institución municipal está bajo el control del alcalde y el Concejo Municipal. El departamento cuenta con 15 personas, de las cuales, una está encargada del Área Administrativa, otra es de supervisión técnica y 13 son el personal operativo.

Se puede observar que este departamento está muy limitado en cuanto a personal se refiere, y por consiguiente es deficiente, ya que existen diferentes necesidades que no se pueden cubrir para lograr un mejor resultado.

Figura 3. **Organización del departamento de limpieza de la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos**



Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Funciones

La función primordial del tren de aseo es mantener la ciudad limpia y evitar que se generen basureros clandestinos, lo cual contribuye a cuidar la salud de los residentes del municipio y el ornato de la ciudad. Dentro de las funciones que presta el Departamento de Limpieza se pueden mencionar:

- Barrido de calles y áreas públicas: se ocupa de mantener limpias las calles, parques, municipalidad, etcétera.

- Recolección de basura domiciliar: se encarga de la extracción de los desechos sólidos en las residencias del perímetro urbano de la ciudad, su transporte y disposición final.
- Recolección de basura comercial: se encarga de la extracción de los desechos sólidos generados en comercios del perímetro urbano de la ciudad.
- Servicio de aseo de mercados y terminal: se encarga de la extracción de desechos sólidos procedente de mercado y terminal, así como el transporte y disposición final de los mismos.
- Servicio de extracción de basura escolar: se encarga de la extracción de los desechos sólidos generados en los establecimientos educativos de la ciudad.

2.2.4. Cobertura

Con el trabajo de recolección de los camiones de volteo se cubren las cuatro zonas de la cabecera municipal y las aldeas San Francisco Soché, Piedra Grande y San Andrés Chápil. Cabe mencionar que los camiones de volteo realizan de 2 a 3 viajes con las rutas establecidas, pero se alternan semanalmente para realizar la extracción de desechos del mercado de la zona 3 (El Mosquito), y del mercado del centro. Esto es realizado en horas de la madrugada, y se recolecta aproximadamente, una camionada diaria en ambas terminales, por la noche debe realizarse otro viaje para retirar los desechos generados en el mercado del centro.

2.2.5. Actuales rutas

Con los dos camiones de volteo, que actualmente posee el tren de aseo se llevó a cabo la obtención de la secuencia en las diferentes calles y avenidas de las cuatro zonas, en las que ambos camiones realizan las rutas de recolección. Se efectuó la observación durante 5 semanas, iniciando el 14 de diciembre del 2009 (identificada como semana 1) y finalizando el 15 de enero del 2010 (identificada como semana 5).

Los días de recolección en la semana son de lunes a viernes. En las diferentes rutas ambos camiones recorren ciertas calles y avenidas de dos a tres veces el mismo día, hacen recorridos innecesarios y no cuentan con un mapa o descripción de las calles que deben recorrer, en cambio realizan el recorrido intuitivamente. En la tabla XI, XII, XIII, XIV se presentan los datos obtenidos.

Tabla XI. **Distancia en metros de recorrido por día del camión 1**

Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Estado						
Sin recolectar	1 881	5 008	3 580	2 489	4 292	12 957
Transporte para descargar	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	176 000
Descarga	0	0	0	0	0	0
Comidas	0	0	0	0	0	0
Recolección	3 230	5 054	8 803	7 005	2 088	24 092
Tiempo total	49 111	54 062	56 383	53 493	50 380	213 049

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Tiempo de recorrido por día del camión 1**

Estado \ Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Sin recolectar	0:12:10	0:27:00	0:15:40	0:59:50	0:20:00	2:14:40
Transporte para descargar	2:01:00	2:04:20	2:16:30	1:40:00	1:48:00	9:49:50
Descarga	0:20:00	0:20:40	0:22:00	0:20:00	0:27:00	1:49:40
Comidas	0:20:00	0:30:00	0:20:00	0:20:00	0:20:00	1:50:00
Recolección	3:36:50	3:47:09	4:11:45	3:24:40	2:10:55	17:11:19
Tiempo total	6:30:00	7:09:09	7:25:55	6:44:30	5:05:55	32:55:29

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Distancia en metros de recorrido por día del camión 2**

Estado \ Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Sin recolectar	584	949	1069	2028	222	4851
Transporte para descargar	66 000	66 000	66 000	66 000	44 000	308 000
Descarga	0	0	0	0	0	0
Comidas	0	0	0	0	0	0
Recolección	10 560	6 198	7 104	8 722	6 926	39 511
Tiempo total	77 143	73 147	74 173	76 751	51 148	352 362

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Tiempo de recorrido por día camión 2**

Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Estado						
Sin recolectar	0:05:00	0:07:30	0:07:35	0:09:45	0:03:40	0:33:30
Transporte para descargar	2:48:50	2:55:00	2:46:00	3:00:00	1:50:00	13:19:50
Descarga	0:26:00	0:18:00	0:18:30	0:23:00	0:09:30	1:35:00
Comidas	0:30:00	0:30:00	0:20:00	0:20:00	0:30:00	2:10:00
Recolección	3:50:55	2:32:40	3:23:40	4:23:40	2:59:53	17:10:48
Tiempo total	7:40:45	6:23:10	6:55:45	8:16:25	5:33:03	34:49:08

Fuente: elaboración propia.

Los planos de las rutas actuales se incluyen en el apéndice 2.

2.3. Situación actual sobre recolección de desechos

Entre los problemas que tiene el Departamento del Tren de Aseo es la falta de control adecuado del ingreso que se percibe por la prestación del servicio, no poseen un registro de las personas legalmente inscritas y las que están en proceso de inscripción. Asimismo, existen otros problemas, tales como: la inexistencia de un control o sistema que permita identificar a las personas que pagan un servicio domiciliario en lugar de un servicio comercial, y otro control que deben manejar los recolectores que informe sobre el estado de pago de un usuario, o si este cuenta con el servicio.

El departamento del Tren de Aseo, actualmente cuenta con dos vehículos de volteo con capacidad de 10 m³. El basurero se encuentra localizado en el astillero municipal a 11 kilómetros de la cabecera, lo que deriva en una mayor inversión de tiempo y recursos debido a la lejanía del lugar.

El cambio de posición de los camiones de un lugar a otro sin recolectar desechos y los recorridos innecesarios generan un tiempo aproximado de dos horas y una distancia de 17.8 kilómetros circulados.

Esto implica pérdida de tiempo laboral, uso de los camiones y depreciación de los mismos, así como gasto en combustibles. El camión 1 por las noches y fines de semana retira los desechos de los mercados, lo que implica el recorrido hacia el basurero. Por su parte, el camión 2 realiza el recorrido más largo, se debe tener en cuenta que ambos camiones turnan cada semana para retirar los desechos de los mercados que implica una camionada y con esta deben de hacer el recorrido al basurero municipal y luego regresar a efectuar el recorrido diario. Con la información anterior se determina el gasto de operación de los camiones, estos se presentan en la tabla XV.

Tabla XV. Gastos de operación camiones recolectores

	Camión 1	Camión 2	Total
Kms. Recorridos mensualmente	606,95	632,13	1 239,08
Gasolina al mes	Q.7 821,43	Q.6 843,75	Q.14 665,18
Sueldos pilotos	Q.1 500,00	Q.2 700,00	Q.4 200,00
Sueldos ayudantes (4 por camión)	Q6 400,00	Q6 400,00	Q12 800,00
Total operación mensual	Q. 15 721,43	Q.16 575,88	Q.32 297,31
Total operación anual	Q.188 657,14	Q.198 910,59	Q.387 567,73

Fuente: elaboración propia.

Por la prestación del servicio de recolección, transporte, disposición de basura y desperdicios se cobra una tasa mensual de acuerdo al uso que se le dé al inmueble y a la frecuencia del servicio, esto se describe en la tabla XVI. El tren de aseo posee al mes de febrero del 2010, la cantidad de 4 740 usuarios, con diferentes tasas de pago.

Mensualmente se perciben por concepto de servicios la cantidad de Q.34 050,00 y anualmente Q.408 600,00, comparado con los gastos de operación y funcionamiento de los camiones que mensualmente generan alrededor de Q.32 297,00, anualmente Q.408 569,00, los gastos no incluyen mantenimientos y reparaciones, lo que se puede resumir en costos de operación más altos que los ingresos percibidos. Esto se debe, en parte, a la tasa fija que se ha manejado desde la implementación del proceso de recolección.

Tabla XVI. **Precios según tipo de servicio prestado**

Tipo inmueble	Frecuencia semanal	Cantidad de costales	Costo
Vivienda individual	1	1	Q.5,00
Vivienda individual	1	2	Q.10,00
Vivienda individual	1	3	Q.15,00
Comercio	1	4	Q.20,00
Comercio	1	5	Q.25,00
Comercio	1	6	Q.30,00
Comercio	1	7	Q.35,00
Comercio	2	8	Q.40,00
Comercio	2	9	Q.44,64
Comercio	1	10	Q.50,00
Comercio	1	12	Q.60,00
Comercio	1	13	Q.65,00
Comercio	1	15	Q.75,00
Comercio	2	20	Q.100,00
Restaurantes	3	25	Q.125,00
Colegio	1	27	Q.132,81
Colegios	1	cualquier cantidad	Q.160,00
Hospital	2	cualquier cantidad	Q.175,00
Por comercio	5	cualquier cantidad	Q.500,00
Vivienda individual	2		Q.5,00
Institución pública	2		Q.15,00
Colegio privado	2		Q.15,00
Comercios	3		Q.15,00
Industria	3		Q.20,00

Fuente: elaboración propia.

La composición de los desechos sólidos domiciliarios y comerciales:

Tabla XVII. **Composición porcentual de los componentes de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos**

COMPONENTE	PORCENTAJE EN PESO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS
Desechos vegetales	51,09
Papel y cartón	19,65
Textiles	2,41
Plásticos	12,69
Vidrio	1,02
Metales	0,85
Misceláneos	12,16
Otros	0,13

Fuente: Ramos, Henry. Propuesta para el manejo de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, Departamento San Marcos. p. 68.

Producción per cápita domiciliar: 0,3998 kg/hab/día

Densidad de los desechos generados: 178,57 kg/m³

Desechos sólidos residenciales diarios: 16,68 toneladas

2.4. Análisis de reglamentos y leyes existentes sobre el tema

Los bienes del municipio son considerados bienes del Estado, así que los basureros municipales son bienes de dominio público, y por lo tanto la basura, por estar situada dentro de ellos debe entenderse como propiedad del Estado, por tal razón, toda actividad que implique sacar la basura, desde su manipulación debe ser revisada para no incurrir en infracciones a las leyes que rigen el estado de Guatemala.

2.4.1. Gubernamentales

Existe la Ley Sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos, Decreto 12-2001 del Congreso de la República de Guatemala, la cual aplica el principio universal que quién contamina paga, aplicándose únicamente en el área metropolitana de Guatemala. Existe el Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios Acuerdo Gubernativo No. 509-2001, además se cuenta con leyes ambientales que de forma indirecta ayudan a tratar el problema:

- Código de Salud, Decreto 90-97 del Congreso de la República.
- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto No. 68-86 del Congreso de la República.
- Decreto No. 114-97 del Congreso de la República, Ley del Organismo Ejecutivo en su artículo 39 inciso c), le asigna al Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social la responsabilidad de proponer normativas de saneamiento ambiental y vigilar su aplicación.

2.4.2. Municipales

La Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos posee un reglamento para la administración, operación y mantenimiento del servicio de recolección y disposición de desechos sólidos de la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos, (ver anexo 1), con el cual se norma el departamento de tren de aseo y el proceso de recolección. Como se ha comprobado, la recolección de desechos sólidos y aseo urbano son problemas en constante crecimiento, lo que implica tomar las medidas adecuadas para tratarlos, en caso contrario podrían quedar fuera de control.

2.4.3. Propuestas

Actualmente, no existe una propuesta de ley o reglamento a nivel municipal que tenga como finalidad resolver la creciente problemática del sistema de recolección de desechos sólidos.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

3.1. Estudio de mercado del servicio de recolección

En el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, el tren de aseo para inicios del 2010 tiene 4 740 usuarios activos (hogares), con una proyección para finales del mismo año de 7 764 domicilios, la cual se presenta a continuación:

Tabla XVIII. **Proyección de habitantes y hogares para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos**

Año	Habitantes	Hogares	Año	Habitantes*	Hogares**
2002	31 783	6 357	2014	42 903	8 581
2003	32 588	6 518	2015	43 989	8 798
2004	33 413	6 683	2016	45 102	9 020
2005	34 258	6 852	2017	46 244	9 249
2006	35 126	7 025	2018	47 415	9 483
2007	36 015	7 203	2019	48 615	9 723
2008	36 927	7 385	2020	49 846	9 969
2009	37 861	7 572	2021	51 108	10 222
2010	38 820	7 764	2022	52 401	10 480
2011	39 803	7 961	2023	53 728	10 746
2012	40 810	8 162	2024	55 088	11 018
2013	41 843	8 369	2025	56 483	11 297

Fuente: elaboración propia, con base en datos del INE, con una tasa de crecimiento del 2,5 % y 5 habitantes por hogar.

3.1.1. Diseño de encuesta

La encuesta realizada para evaluar el sistema de recolección de desechos sólidos en el municipio consta de 14 preguntas, las cuales buscan obtener el conocimiento que los usuarios tienen sobre la consciencia ambiental, tratamiento que realiza la municipalidad a los desechos recolectados y percepción de la calidad del servicio de recolección, ya que no existe información actualizada con respecto a estos temas. Ver apéndice 1.

3.1.2. Determinación del universo y muestra

El estudio de mercado se realizará en el casco urbano del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. Para efecto de la determinación del universo a estudiar se utilizó la cantidad de domicilios que actualmente son usuarios del tren de aseo, ubicadas en el perímetro urbano del municipio. El tamaño de la muestra se determinó a través de la fórmula estadística que se describe a continuación:

$$n = \frac{(N z^2 pq)}{(N-1)e^2 + z^2 pq}$$

Donde:

- n: tamaño de la muestra
- N: tamaño de la población = 7 764 domicilios
- z: nivel de confianza al 95 % = 1,6449
- p: proporción de domicilios de San Pedro Sacatepéquez, que pagan tren de aseo = 61,05 %

- q: proporción de domicilios de San Pedro Sacatepéquez, que no pagan tren de aseo = 38,95 %
- e: error de muestreo = 10 %

Tamaño de la muestra de casas de la población sampedrana:

$$n = \frac{(7\ 764 * 1,6449^2 * 0,6105 * 0,3895)}{(7\ 764 - 1)0,1^2 + 1,6449^2 * 0,6105 * 0,3895}$$

n = 64 casas en el casco urbano de San Pedro Sacatepéquez.

Este cálculo determinó que la encuesta se deberá realizar en 64 hogares en el casco urbano, sin embargo, se realizó en 100 hogares, para minimizar el error y tener mayor certeza en la investigación.

3.1.3. Recolección de información

La encuesta fue realizada como entrevista directa, se llevó a cabo durante dos semanas y media, empezando el 1 de febrero de 2010 (tomado como día uno) y terminando el 17 de febrero de 2010 (tomado como día 17), en las encuestas se incluyeron las 4 zonas que componen la cabecera municipal, y se ejecutó seleccionando casas al azar.

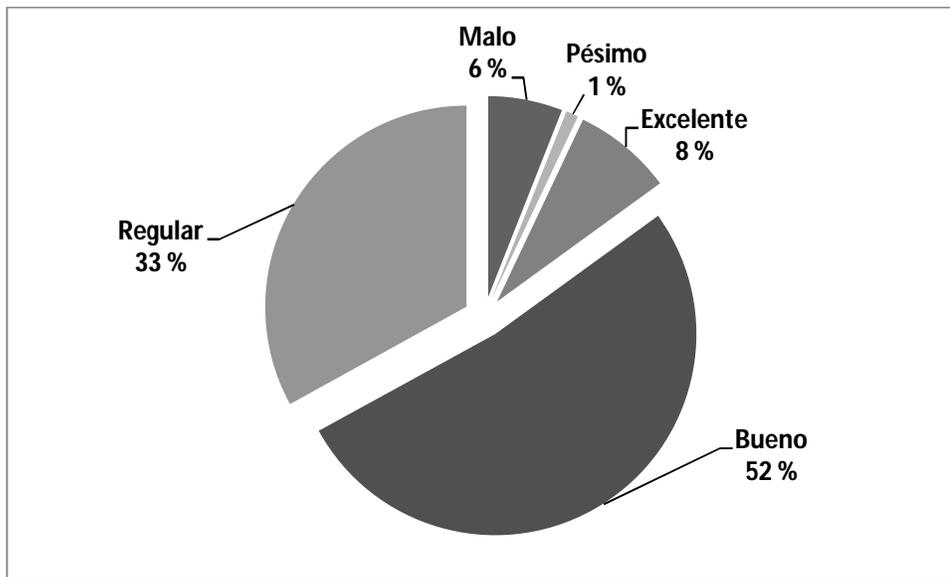
3.1.4. Tabulación de datos y gráficas de resultados obtenidos

La tabulación de la información obtenida en la encuesta realizada a cien hogares del municipio, arrojó los siguientes resultados de acuerdo a cada pregunta:

- Pregunta 1. ¿Cómo evalúa en general el servicio de recolección de desechos sólidos?

El estudio indica que el 52 % de los encuestados está conforme con el servicio de extracción de residuos sólidos en sus hogares.

Figura 4. **Conformidad de usuarios con el servicio de extracción**

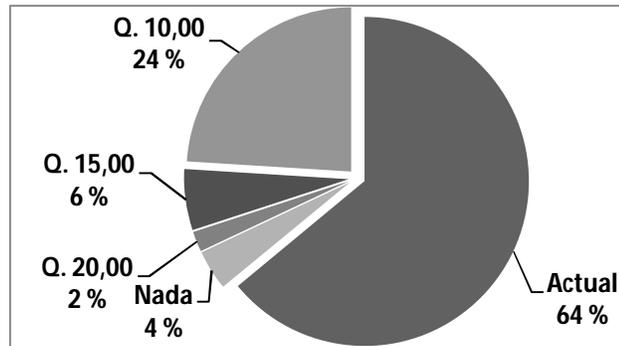


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 2. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un servicio de recolección de desechos sólidos?

El 64 % de las personas están de acuerdo con lo que pagan actualmente y el 24 % con pagar Q.10,00.

Figura 5. **Rango de precios que los usuarios están dispuestos a pagar**

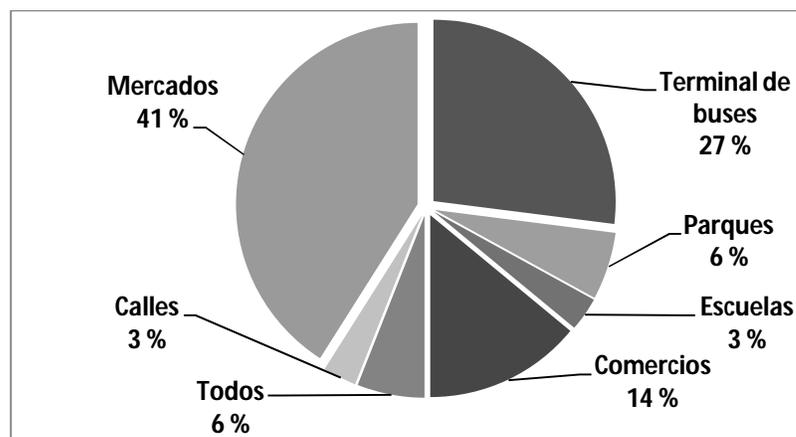


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 3. ¿Dónde piensa que existe mayor contaminación provocada por desechos sólidos?

La mayor contaminación de desechos se encuentra en el mercado con 41 % y terminales de buses con 27 %.

Figura 6. **Lugares de mayor contaminación**

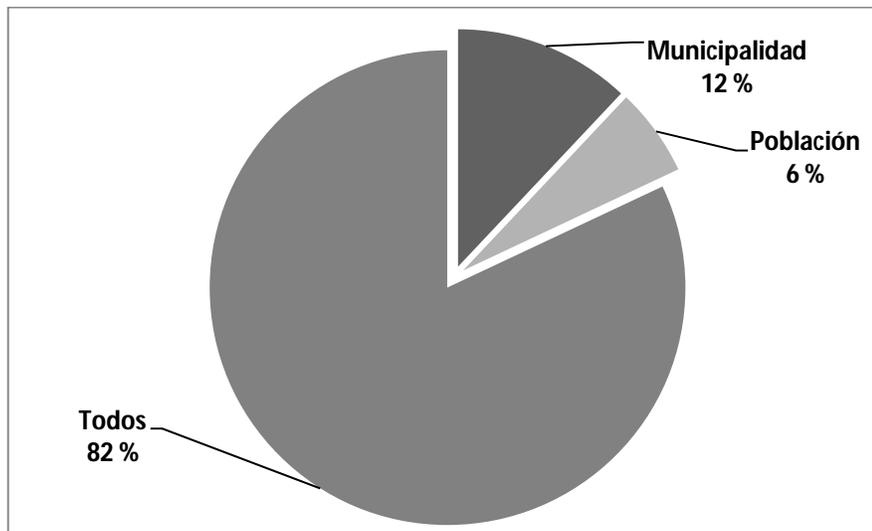


Fuente: elaboración propia.

- **Pregunta 4.** ¿Cree que el problema de contaminación provocada por desechos debe resolverlo la municipalidad o los habitantes del municipio?

El 82 % de las personas piensan que el problema de contaminación lo deben resolver todos en el municipio.

Figura 7. Criterio de resolución del problema de contaminación

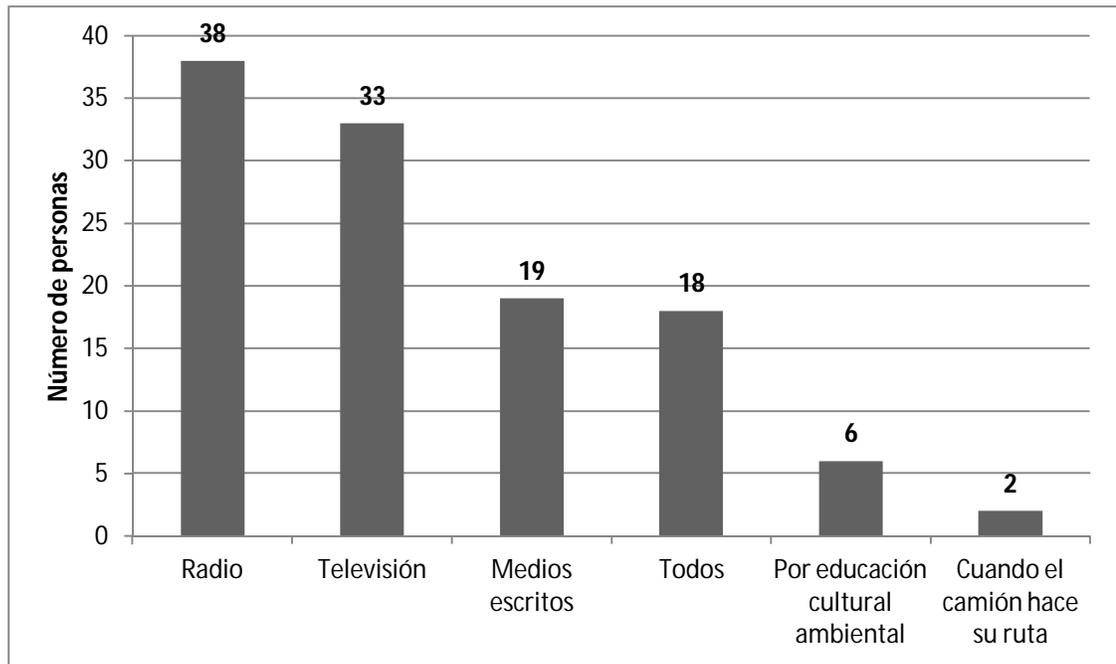


Fuente: elaboración propia.

- **Pregunta 5.** ¿Cuál cree que sería el medio ideal para promover un programa de recolección de desechos en el municipio?

La mayoría de los encuestados piensan que los medios ideales son radio y televisión.

Figura 8. **Método de comunicación de programa de recolección**

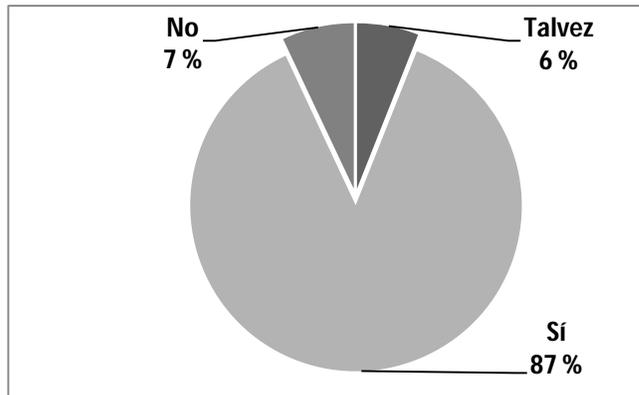


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 6. ¿Usaría recipientes o botes para clasificar correctamente los desechos de su hogar?

El 87 % de la población está de acuerdo en utilizar recipientes o botes para clasificar los desechos.

Figura 9. **Criterio de utilización de recipientes**

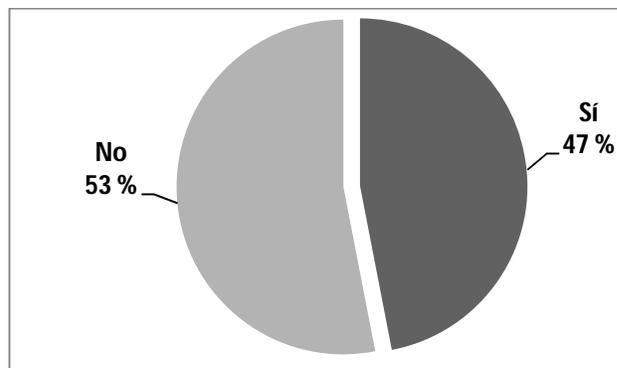


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 7. ¿Cree que la gente está consciente del problema de la contaminación en el municipio?

El 53 % de la población cree que hay consciencia ambiental, mientras que el resto piensa que no existe.

Figura 10. **Población consciente del problema de contaminación**

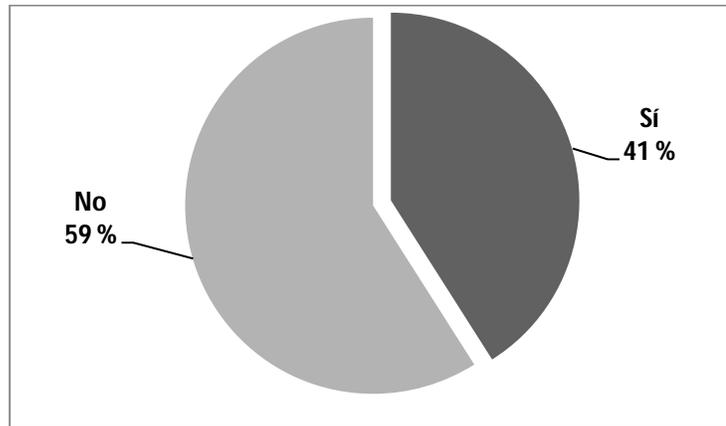


Fuente: elaboración propia.

- **Pregunta 8. ¿Conoce dónde está ubicado actualmente el basurero municipal?**

El 59 % respondió que conoce donde está ubicado actualmente el basurero municipal.

Figura 11. Conocimiento de ubicación del basurero

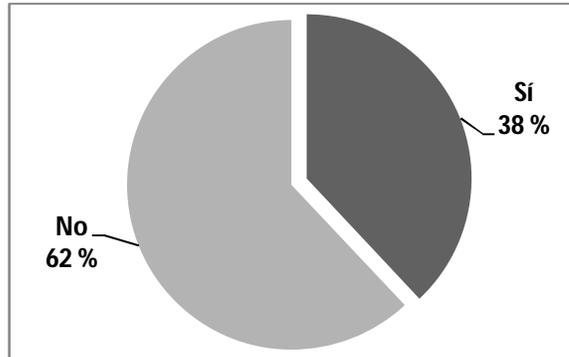


Fuente: elaboración propia.

- **Pregunta 9. ¿Cree que está en buena ubicación?**

El 62 % respondió que no está de acuerdo en donde se ubica actualmente el basurero.

Figura 12. **Criterio de ubicación del basurero**

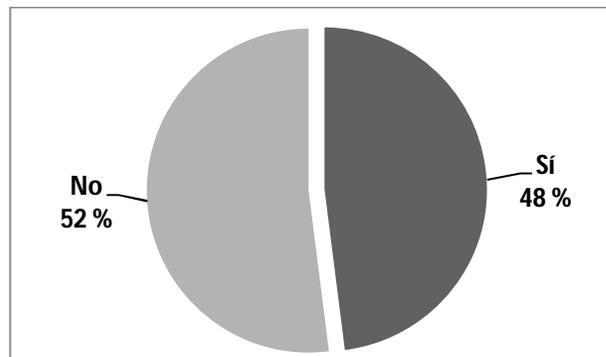


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 10. ¿Considera que el servicio de recolección de desechos mejoraría si se concesiona a empresas privadas?

El 52 % opina que el servicio no mejoraría aunque se cediera a una empresa privada.

Figura 13. **Criterio de concesión del servicio de recolección a entidad privada**

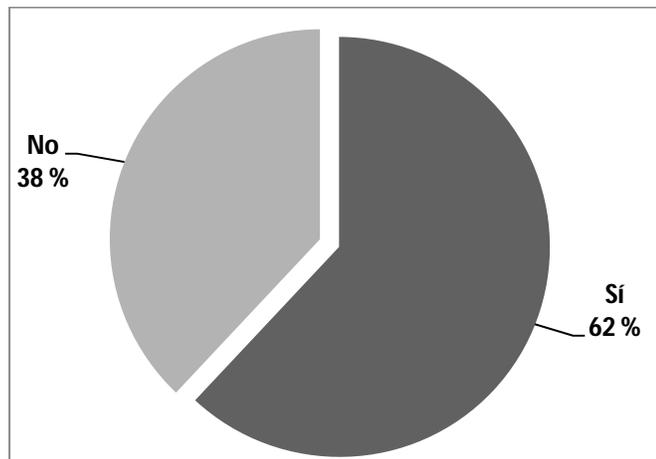


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 11. ¿Estaría de acuerdo que se realizará una recolección vespertina y nocturna?

El 62 % respondió que está de acuerdo en que se realice una recolección vespertina y nocturna.

Figura 14. **Criterio de recolección vespertina y nocturna**

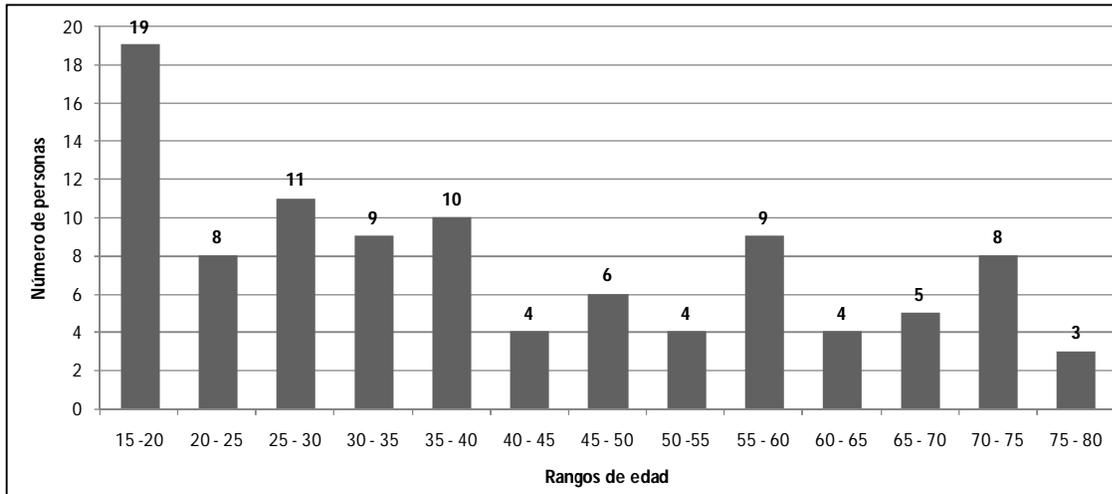


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 12. ¿Cuántos años tiene?

El 19 % de las personas que respondieron se encuentran ubicadas entre las edades de 15 a 20 años.

Figura 15. **Edad de los usuarios encuestados**

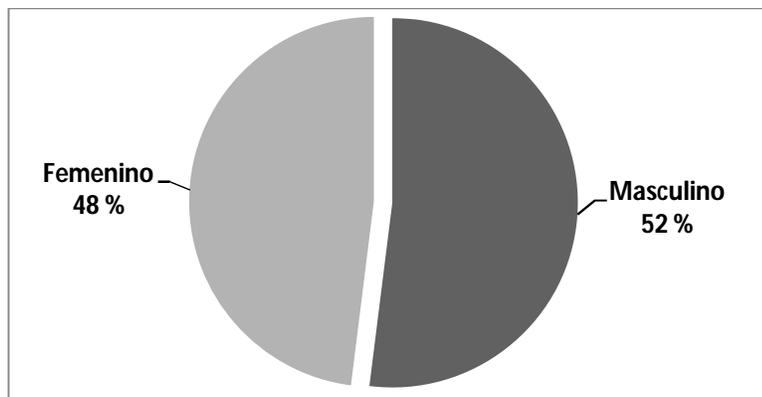


Fuente: elaboración propia.

- Pregunta 12 a. ¿Sexo? femenino o masculino

El 52 % que respondieron son hombres.

Figura 16. **Sexo de los usuarios encuestados**

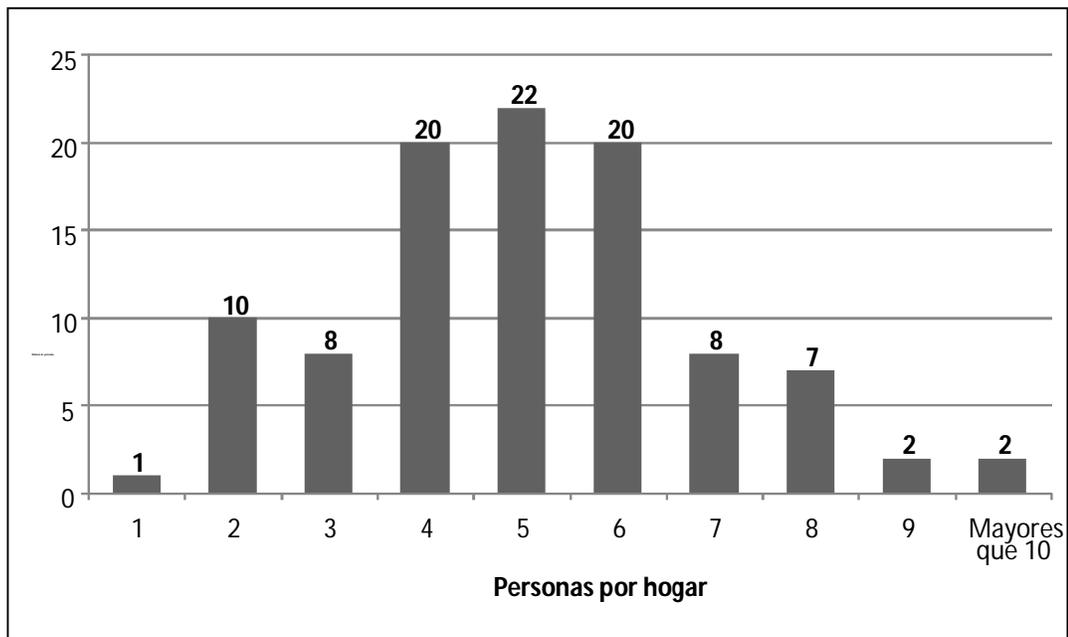


Fuente: elaboración propia.

- **Pregunta 13. ¿Cuántos miembros viven en su hogar?**

La mayoría de hogares tiene una cantidad de miembros entre 4 y 6.

Figura 17. Número de personas por hogar

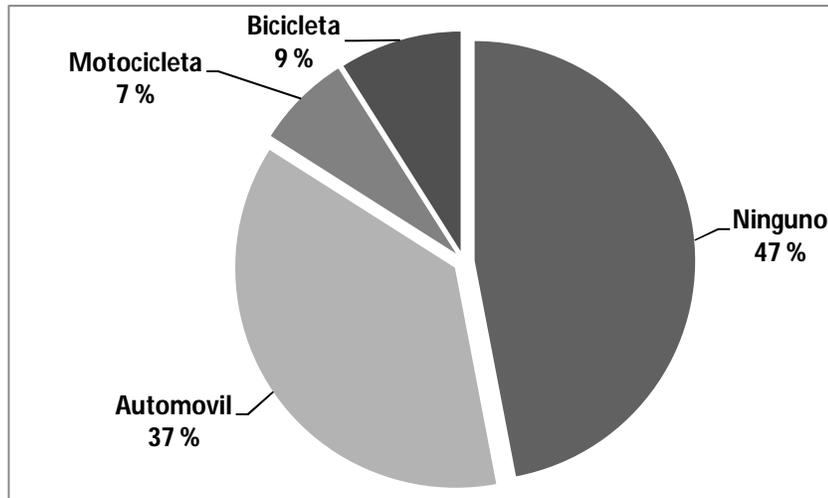


Fuente: elaboración propia.

- **Pregunta 14. ¿Posee medio de transporte propio?**

El 47 % de los que respondieron no poseen medio de transporte propio, luego el automóvil con 37 % y la motocicleta con 7 %.

Figura 18. **Medio de transporte privado utilizado**



Fuente: elaboración propia.

3.1.5. **Análisis de oferta y demanda**

Para determinar la demanda del servicio de recolección de desechos sólidos se utilizarán las estimaciones de crecimiento poblacional de la tabla XVIII. Para el 2010, la cantidad de hogares estimada es de 7 764.

Actualmente, el servicio de recolección es brindado a 4 740 hogares, lo que representa el 61 % del total de hogares, quedando desatendido el 39 % que representa aproximadamente 3 024 hogares. En tal sentido, el servicio actual no satisface las necesidades de demanda de la totalidad de la población, lo que promueve el crecimiento de botaderos clandestinos en los diferentes sectores de la ciudad. Para los años futuros se considera un índice de crecimiento poblacional del 2,5 %.

Según el estudio de caracterización realizado en el 2009 se puede realizar una estimación del volumen de producción de desechos, la demanda. Para el cálculo de la producción kg/hogar/día de desechos sólidos se procede de la siguiente forma: multiplicar producción kg/habitante/día por cinco, promedio de habitantes por hogar.

La producción kg/hogar/semana se calcula multiplicando producción kg/hogar/día por siete. Finalmente, el volumen ton/semana de todos los hogares se obtiene de multiplicar la producción kg/hogar/semana por la cantidad de hogares por año.

Tabla XIX. **Pronóstico de producción de desechos sólidos domiciliarios**

Año	Hogares	⁶ Producción kg/hab/día	Producción kg/hogar/día	Producción kg/hogar/semana	Volumen ton/semana
2010	7 764	0,4038	2,02	14,13	109,73
2011	7 961	0,4078	2,04	14,27	113,63
2012	8 162	0,4118	2,06	14,41	117,64
2013	8 369	0,4158	2,08	14,55	121,79
2014	8 581	0,4198	2,10	14,69	126,08
2015	8 798	0,4238	2,12	14,83	130,50
2016	9 020	0,4278	2,14	14,97	135,06
2017	9 249	0,4318	2,16	15,11	139,78
2018	9 483	0,4358	2,18	15,25	144,64
2019	9 723	0,4398	2,20	15,39	149,67

Fuente: elaboración propia.

⁶ RAMOS VELÁSQUEZ, Henry Alexander. Propuesta para el manejo de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos. Guatemala: Guatemala, 2009. Capítulo 5, Seguimiento del manejo de los desechos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. p.114.

De la tabla XIX se obtiene el factor (columna producción kg/hogar/semana) que al multiplicarlo por la cantidad semanal de costales se establece el volumen kg/semana.

Volumen ton/semana se obtiene de multiplicar la cantidad estimada de usuarios por el volumen kg/semana dividido mil (1 000), lo que proporciona el dato total de desechos sólidos en metros cúbicos⁷, 171 metros cúbicos semanales que se deben recolectar.

Tabla XX. **Pronóstico del volumen de demanda**

Tipo de inmueble	Cantidad estimada de usuarios	Cantidad semanal de costales	Volumen kg/semana	Volumen Ton/semana
Viviendas	7 574	1.3	18 369	139
Comercio	180	11	155,43	28
Restaurantes	5	25	353,25	2
Colegios privados	4	27	381,51	2
Hospitales	2	27	381,51	1
Total general				171

Fuente: elaboración propia.

Para satisfacer esa demanda se utilizaran dos camiones compactadores, las especificaciones de éstos se encuentran en el numeral 3.2.6, cada uno de los cuales tiene una capacidad de 15 metros cúbicos. Se planea establecer doce rutas semanales entre ambos camiones, por lo que se obtendría una capacidad de recolección de 180 metros cúbicos.

⁷ 1 tonelada = 1 metro cúbico.

3.2. Aspectos del servicio de recolección de desechos

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

3.2.1. Cobertura del servicio

Es conveniente que la cobertura del proyecto tenga el 100 % de las viviendas en el municipio, evitando con esto la aparición de basureros clandestinos y la contaminación en las diferentes calles del municipio, esto ayudará a mejorar el ornato municipal. Con la mayor cobertura se obtendrá el mayor ingreso anual posible, de tal manera que se cubran los costos anuales por el servicio de recolección, transporte y disposición de la basura. El servicio se prestará en el casco urbano del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

3.2.2. Desechos que se recolectan

Los desechos se recolectarán en el tren de aseo por medio de botes que la municipalidad estará vendiendo a los usuarios, dichos recipientes son botes plásticos jardineros con tapadera y con capacidad de 45 litros, éstos estarán identificados con el código único de usuario, este sistema será utilizado para identificar a las personas que no tienen pagos atrasados y el volumen de desechos sea el correspondiente al pago que están realizando. Los desechos deberán clasificarse en los recipientes que identifiquen a los desechos orgánicos, desechos inorgánicos. Pañales desechables y papel de baño tiene que ir separado, no se aceptara ningún tipo de residuo peligroso y hospitalario.

3.2.3. Tiempos de operación

Los tiempos de operación con las nuevas rutas para cada uno de los camiones se han definido de la siguiente forma:

- Traslado al lugar de inicio: empleado del parqueo municipal al inicio de la ruta.
- Tiempo en recolección: en el que se realiza la recolección entre las diferentes calles y avenidas.
- Transporte al lugar de descarga y regreso: empleado del fin de la ruta al basurero municipal y regreso al inicio de la nueva ruta o al parqueo municipal.
- Descarga: empleado en el basurero municipal para vaciar el camión.
- Comida: usado por los trabajadores del tren de aseo para refaccionar.

Los tiempos estimados de operación en horas por camión se presentan a continuación.

Tabla XXI. Tiempo de operación camión 1

Estado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Traslado al lugar de inicio	00:20:00	00:10:00	00:10:00	00:10:00	00:10:00	01:00:00
Tiempo en recolección	02:01:20	03:23:25	03:07:10	01:30:05	01:32:33	11:34:33
Transporte al lugar de descarga y regreso	01:00:00	02:00:00	02:00:00	01:00:00	01:00:00	07:00:00
Descarga	00:10:00	00:20:00	00:20:00	00:10:00	00:10:00	01:10:00
Comida	00:20:00	00:20:00	00:20:00	00:20:00	00:10:10	01:30:10
Total general	03:51:20	06:13:25	05:57:10	03:10:05	03:02:43	22:14:43

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Tiempo de operación camión 2

Estado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Traslado al lugar de inicio	0:10:00	0:10:00	0:10:00	0:10:00	0:10:00	00:50:00
Tiempo en recolección	3:32:30	1:43:35	2:42:15	3:31:10	2:49:10	14:18:40
Transporte al lugar de descarga y regreso	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	1:00:00	05:00:00
Descarga	0:10:00	0:10:00	0:10:00	0:10:00	0:10:00	00:50:00
Comida	0:20:00	0:20:00	0:20:00	0:20:00	0:20:00	01:40:00
Total general	05:12:30	03:23:35	04:22:15	05:11:10	04:29:10	22:38:40

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Frecuencia de recolección

La recolección se llevará a cabo una vez por semana, debido en parte al tiempo de incubación de la mosca en climas como el del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, es menor comparado con lugares de clima cálido.

Se utilizará el método de acera, el cual consiste en que los usuarios coloquen los desechos en el frente de sus hogares y el camión los recolectará en el día de la semana establecido para cada sector, adicional en algunos lugares de difícil acceso se designaran puntos de recolección comunes para facilitar el proceso de recolección.

3.2.5. Horarios y turnos de recolección

La actividad de recolección se realizará de lunes a viernes iniciando a partir de las 4:00 am con el camión de volteo recolectando mercados municipales, el primero es el mercado de la nueva terminal, ubicado en la zona 3 cantón El Mosquito, y el otro es el mercado del centro, ubicado en la zona 1, terminando aproximadamente a las 6:00 am para dirigirse al basurero municipal y regresando al predio municipal a las 7:00 am Por la noche recolectará en el mercado del centro de 7:00 pm a 9:00 pm.

Los camiones compactadores iniciarán la recolección a las 6:15 am el lugar de inicio y finalización dependerá del plan de recolección para cada uno de ellos. Los planes de recolección se presentan en el apéndice 3.

3.2.6. Tipos y tamaños de vehículos a utilizar

Los camiones que se utilizarán en este proyecto provienen de un programa de la mancomunidad de municipios de la cuenca del río Naranjo, mancuerna y la Comisión de Fomento Económico, Turístico y Ambiental del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos; además del apoyo de la Cooperación Española AECID, la cual donará dos camiones compactadores de basura.

El tipo de camión a utilizar son dos camiones compactadores con carga trasera, estos serán empleados para la recolección en ruta, las especificaciones son:

Tabla XXIII. **Especificación de camiones compactadores**

Ítem	Parámetros
Motor	Maxxforce DT
Potencia máxima	225 hp, @ 2200 rpm
Torque máximo	569 lb/ft @ 1400 rpm
Largo total (mm)	5 766
Eje trasero	23 000 lbs
Eje delantero	12 000 lbs
Transmisión manual	5 velocidades
Capacidad de combustible (galones)	70
Máxima capacidad de carga (m ³)	15
Desplazamiento (galones)	0,99

Fuente: elaboración propia.

Cada camión posee una capacidad de 15 metros cúbicos, sumando entre ambos 30 m³ por viaje. Adicional se cuenta con un camión de volteo que pertenece a la municipalidad el cual será utilizado para recoger los desechos de los mercados municipales, con una capacidad de 10,22 metros cúbicos.

3.2.7. Localización de puntos de recolección

Existen callejones y accesos en el municipio demasiado estrechos a los que el camión no puede llegar, por lo que hace necesario ubicar ciertos puntos en común para que los residentes de esas áreas puedan unificar sus desechos y de esta forma facilitar el proceso de recolección. Los puntos de recolección establecidos por ruta se presentan en los mapas del apéndice 3, y están identificados como PR (punto de recolección).

3.3. Diseños de rutas de recolección

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

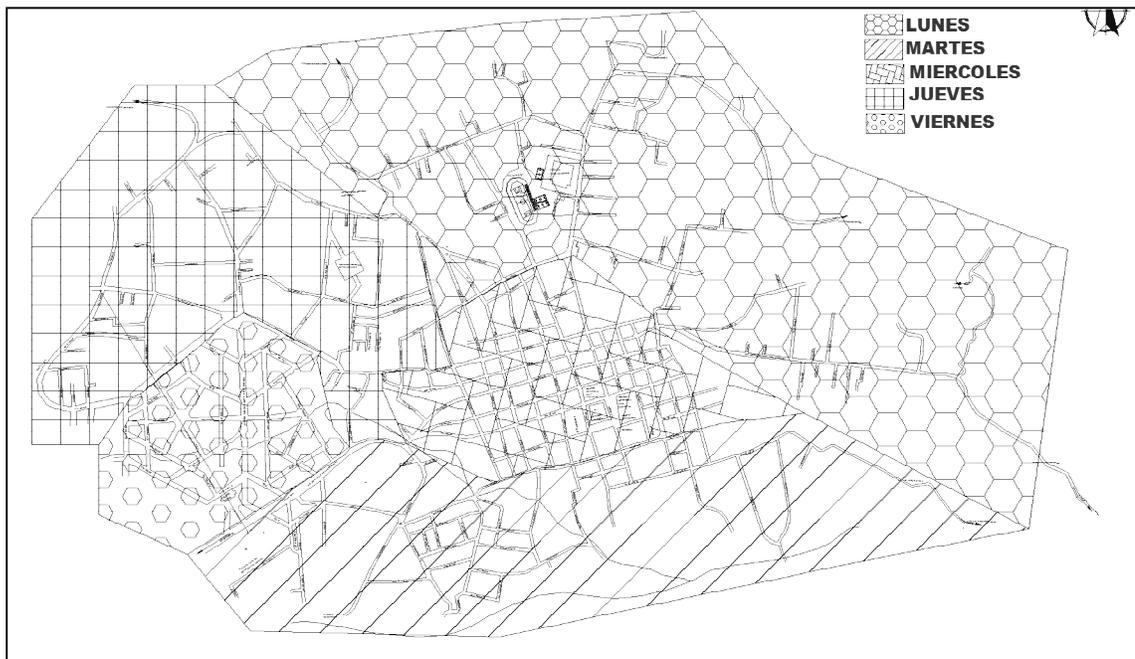
3.3.1. Sectorización

La sectorización se realizó tomando en cuenta las generalidades del diseño de rutas con el método de sectorización, el cual indica que no existe una fórmula para realizar la sectorización, pero sí mencionan ciertos factores a considerar para realizar una correcta aplicación del método. Para este caso en particular, se toma en cuenta los aspectos geográficos del terreno, calles principales y las zonas en que actualmente se encuentra dividido el municipio. La sectorización se observa en la figura 19 y apéndice 4. Las principales calles que abarca por día son las siguientes:

- Día lunes: abarca la zona 2, el área que comienza en la 1a avenida y 2da calle, hacia el cementerio municipal, luego por la calle 29 de Junio hacia la carretera que conduce hacia Quetzaltenango, de la salida de la calle 29 de Junio hacia la 2da calle y 7a avenida. En la 2da calle de la 7a avenida a la 10 avenida, encima de esta última avenida de la 2da calle zona 2 hacia 2da calle zona 1, hacia el final de la 2da calle zona 1.
- Día martes: recorre la zona 4, que es el cantón Tonalá, luego recorre la 7a calle de la zona 1, de la 1a calle a la 10a calle, para seguir por la 7a calle “B” final conocida como cantón Yerba Buena.

- Día miércoles: recorre de la 5a calle y la 1a avenida hasta 10a avenida zona 1, luego hacia 10a avenida 1a calle zona 2, para seguir por la 1a calle hasta la 1a avenida zona 2.
- Día jueves: comienza por la 1a calle y 1a avenida zona 2, por la 1a calle hasta la 3a avenida zona 3 que pasa por la terminal de buses, luego hasta la 6a avenida, recorriendo la carretera que va hacia el altiplano de la 1ra calle a 1a calle "A", cubriendo todos los accesos del área.
- Día viernes: termina de recorrer la zona 3, 1a calle y 9a avenida hasta la 3a avenida, y de la 3a avenida y 1a calle por esta avenida hasta diagonal 1A.

Figura 19. **Propuesta de sectorización**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

3.3.2. Diagramación de rutas domiciliarias y comerciales

La diagramación de rutas se realizó tomando como base la sectorización, definiendo para cada camión una o dos rutas específicas diarias, dependiendo de la distancia, el número de usuarios a cubrir y el volumen de recolección. Las nuevas rutas diseñadas se han incluido en el apéndice 3.

3.4. Análisis financiero

Para que el sistema de recolección pueda operar, debe establecerse los costos de operación, ingresos por los servicios prestados, estableciendo con esto su rentabilidad y si es autosostenible.

3.4.1. Costo de operación con nuevas rutas

Para determinar los costos de operación de nuevas rutas, se debe definir la cantidad de mano de obra necesaria para cubrir los turnos, kilometraje recorrido en cada una de las rutas para cálculos de gasto de combustible. Tomando en cuenta que se contará con dos camiones compactadores y uno de volteo.

La cantidad de personas para el proceso de recolección de desechos sólidos, lo calcula en base a las necesidades de personal de cada camión. Cada camión compactador tiene un piloto y dos ayudantes, mientras que el camión de volteo tiene un piloto y cuatro ayudantes. Lo que hace un total de 3 pilotos y 8 ayudantes en todo el proceso.

Los costos de la mano de obra se resumen en la tabla XXIV.

Tabla XXIV. **Costo de mano de obra directa de nuevas rutas**

Camión	Puesto	Personal	Sueldo individual	Total sueldos
Compactador 1	Piloto	1	Q.1 500,00	Q.1 500,00
	Ayudantes	2	Q.1 600,00	Q.3 200,00
Compactador 2	Piloto	1	Q.1 500,00	Q.1 500,00
	Ayudantes	2	Q.1 600,00	Q.3 200,00
Volteo	Piloto	1	Q.1 500,00	Q.1 500,00
	Ayudantes	4	Q.1 600,00	Q.6 400,00
Total		11		Q.17 300,00

Fuente: elaboración propia.

Los costos de combustible para los camiones nuevos en las nuevas rutas, el precio del galón de diesel es de Q.30,71⁸, correspondiente al precio del mes de enero del 2012, los costos son los siguientes:

Tabla XXV. **Costos de combustible de nuevas rutas**

Estado	Camión compactador 1	Camión compactador 2	Camión volteo	Total
Traslado al lugar de inicio	11	9	29	48
Transporte al basurero y regreso	154	110	200	464
Recolección	26	29	0	55
Total kilómetros recorridos	190	148	229	567
Desplazamiento (0,99 km/gl)	192	149	115	573
Costo de combustible semanal	Q.5 897,38	Q4 586,09	Q.3 516,30	Q.17 587,09
Costo de combustible mensual	Q.23 589,51	Q.18 344,35	Q.14065,18	Q.70 348,36

Fuente: elaboración propia.

El costo mensual de operación de las nuevas rutas tiene un costo de operación aproximado de Q.70 348,36 y anual Q.844 180,33

⁸ <http://www.mineco.gob.gt/cbatabs.php>. Consulta: 19 de febrero de 2012.

3.4.2. Proyección de ingresos

Los precios con los que inició a operar el tren de aseo del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, desde el 2002, no han tenido incremento alguno, lo que incide en la dificultad de mantenimiento del sistema.

Lo que se propone es realizar un aumento en los precios con base en el índice de inflación a través del tiempo. En el apéndice 5 se puede observar una tabla resumen que incluye el aumento anual propuesto de los precios. Para efectos de cálculos de proyección, en la tabla XXVI se presenta el porcentaje de usuarios por nivel de precio pagado por el servicio de recolección.

Con la cantidad de usuarios que este proyecto beneficia, aplicando los porcentajes de usuarios por nivel de pago, asumiendo que será el mismo comportamiento, y con la nueva propuesta de precios para el 2010, los ingresos proyectados se pueden resumir en la tabla XXVII, la proyección de ingreso mensual es de Q.107 271,48, generando un ingreso anual de Q.1 287 257,72 en concepto de recolección de desechos sólidos.

3.4.3. Tarifas domiciliarias y comerciales

Las tarifas domiciliarias y comerciales, tendrán un aumento de precio dependiendo del pago, la tabla de pago dependiendo si es domiciliar o comercial se presenta en la tabla XXIX.

3.4.4. Relación beneficio costo

La relación Beneficio Costo vendría dada por la comparación de los costos de operación y los ingresos por concepto de recolección de desechos sólidos.

Tabla XXVI. **Porcentaje de usuarios por nivel de precio pagado del servicio de recolección**

Tarifa Mensual	Porcentaje de usuarios
Q.5,00	82
Q.10,00	10
Q.15,00	6
Q.20,00	1
Q.25,00	0,21
Q.30,00	1
Q.35,00	0,06
Q.40,00	0,06
Q.44,64	0,02
Q.50,00	0,27
Q.60,00	0,32
Q.65,00	0,04
Q.75,00	0,04
Q.100,00	0,06
Q.125,00	0,06
Q.132,81	0,02
Q.160,00	0,02
Q.175,00	0,02
Q.200,00	0,00
Q.500,00	0,04

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Ingreso proyectado según la nueva propuesta**

Nuevo Precio	Porcentaje de usuarios	Cantidad de usuarios 2010	Ingreso proyectado
Q.9,61	82	6 355	Q.61 091,80
Q.19,23	10	743	Q.14 284,05
Q.28,84	6	452	Q.13 044,01
Q.38,45	1	47	Q.1 820,82
Q.48,06	0,21	16	Q.784,84
Q.57,68	1	44	Q.2 542,88
Q.67,29	0,06	5	Q.329,63
Q.76,90	0,06	5	Q.376,72
Q.85,83	0,02	2	Q.140,15
Q.96,13	0,27	21	Q.2 040,58
Q.115,35	0,32	24	Q.2 825,42
Q.124,97	0,04	3	Q.408,12
Q.144,19	0,04	3	Q.470,90
Q.192,25	0,06	5	Q.941,81
Q.240,32	0,06	5	Q.1 177,26
Q.255,34	0,02	2	Q.416,95
Q.307,61	0,02	2	Q.502,30
Q.336,45	0,02	2	Q.549,39
Q.384,51	0,00	0	Q.384,51
Q.961,27	0,04	3	Q.3 139,35
Total general		7 740	Q.107 271,48

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Relación beneficio/costo**

Rubros	Valores
Ingreso mensual por cobro por servicio	Q.107 271,48
Costo mano de obra	Q.17 300,00
Costo combustible	<u>Q.70 348,36</u>
Total costo	Q.87 648,36
Beneficio / Costo	1,22

Fuente: elaboración propia.

El proyecto genera beneficio con un saldo a favor del 22 % de los ingresos, lo cual se puede reinvertir en años futuros dependiendo del crecimiento poblacional.

Tabla XXIX. Precios según tipo de servicio prestado nueva propuesta

Tipo Inmueble	Frecuencia Semanal	Cantidad de Costales	Precio
Vivienda individual	1	1	Q.9,61
Vivienda individual	1	2	Q.19,23
Vivienda individual	1	3	Q.28,84
Comercio	1	4	Q.38,45
Comercio	1	5	Q.48,06
Comercio	1	6	Q.57,68
Comercio	1	7	Q.67,29
Comercio	2	8	Q.76,90
Comercio	2	9	Q.76,90
Comercio	1	10	Q.96,13
Comercio	1	12	Q.115,35
Comercio	1	13	Q.124,97
Comercio	1	15	Q.144,19
Comercio	2	20	Q.192,25
Restaurantes	3	25	Q.240,32
Colegio	1	27	Q.240,32
Colegios	1	cualquier cantidad	Q.307,61
Hospital	2	cualquier cantidad	Q.336,45
Por comercio	5	cualquier cantidad	Q.961,27
Vivienda individual	2		Q.9,61
Institución pública	2		Q.28,84
Colegio privado	2		Q.28,84
Comercios	3		Q.28,84
Industria	3		Q.38,45

Fuente: elaboración propia.

4. PROCEDIMIENTOS DE IMPLEMENTACIÓN PARA EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

4.1. Plan de adiestramiento a recolectores

El objetivo del plan de adiestramiento dirigido a los recolectores, es proveerles de conocimiento sobre las actividades que realizan para que puedan llevarlas a cabo de una manera efectiva y eficiente, tanto como ésta labor impacta en la vida de la comunidad. Se impartirá talleres de adiestramiento a recolectores proporcionándoles material impreso. El programa que se les impartirá se presenta en el anexo 2.

4.2. Plan de seguridad e higiene en rutas de recolección

El objetivo del plan de seguridad e higiene en rutas de recolección, es dictaminar normas a seguir para un buen proceso de recolección en el que los empleados minimicen los riesgos de accidentes laborales. El desglose este plan se encuentra en el anexo 3.

4.3. Plan de información pública del nuevo sistema de recolección

El objetivo del plan de información pública es hacer de conocimiento de la población el nuevo sistema de recolección, el cual requiere la colaboración y apoyo de toda la comunidad, debido a que ciertas actividades del nuevo proceso dependen completamente de los usuarios. La información se transmitirá por medio de afiches, trifoliales, reuniones y por medio de radioemisoras. El plan informativo se encuentra en el anexo 4.

4.4. Verificación de rutas

La verificación de rutas la realizará el administrador de limpieza de la municipalidad, el cual es de suma importancia para la correcta implementación del sistema, es en esta fase que se pueden hacer mejoras en el sistema y se puede llegar a obtener mejores resultados. Los pasos para la verificación de rutas es el siguiente:

- Realizar la ruta de recolección en cada camión.
- Cuantificar la longitud del recorrido por kilómetro de cada ruta.
- Constatar los sentidos de circulación vial.
- Comprobar si las calles son transitables y accesibles.
- Notificar si dentro de las rutas propuesta existe alguna calle deshabilitada.
- Notificar sobre problemas de circulación, ocasionados por calles angostas, obstrucción de vehículos.
- Realizar los cambios que se consideren pertinentes.

El formato de la figura 20, será llenado y almacenado responsable de la verificación de rutas, los cambios serán realizados en el siguiente turno, los pilotos y recolectores deben de acatar instrucciones por parte del administrador, todo el trabajo realizado es para hacer eficiente el sistema y que permita desarrollar de una mejor manera las actividades realizadas por todos los integrantes del mismo, ofreciendo un mejor servicio a los usuarios y vecinos del municipio.

A los pilotes de cada camión recolector se les estarán proporcionando los recorridos de cada ruta de recolección, para que lo empleen como una guía al momento de estar realizando la secuencia de recolección.

4.6. Evaluación de rutas

La distribución de las viviendas y otras fuentes de producción de residuos incidirá en las rutas y el tipo de vehículo a emplear. La ruta debe ser simple, con trazos rectos y deberá terminar lo más cerca al lugar de disposición final. La ruta de recolección óptima se ajustará mediante sucesivos ensayos de tipo ensayo-error. En todos los casos, las rutas que se diseñan deben ser corregidas en la práctica.

5. SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

5.1. Proyección de desechos sólidos municipales

La proyección de los desechos sólidos municipales, se puede determinar a partir de los datos históricos de la población y de la producción de desechos por hogar. Esta proyección proporcionará un estimado que será utilizado para establecer las futuras necesidades de recolección y disposición final.

Tabla XXX. **Proyección de desechos sólidos por hogar**

Año	Hogares	Producción kg/hogar/día	Volumen Ton/día
2010	7 764	2,02	15,68
2011	7 961	2,04	16,23
2012	8 162	2,06	16,81
2013	8 369	2,08	17,40
2014	8 581	2,10	18,01
2015	8 798	2,12	18,64
2016	9 020	2,14	19,29
2017	9 249	2,16	19,97
2018	9 483	2,18	20,66
2019	9 723	2,20	21,38

Fuente: elaboración propia.

5.2. Plan de evaluación periódica

Se realizará la evaluación semestral del sistema de recolección de desechos sólidos así como del transporte de los mismos hacia el basurero municipal. El objetivo de la evaluación es el tener un sistema de recolección de desechos sólidos en el municipio funcionando eficientemente, el cual realiza las rutas planificadas, el buen funcionamiento de las unidades y la buena atención por parte de los recolectores.

- Interesados: los principales interesados en que el sistema esté vigente y en un correcto funcionamiento son:
 - Los usuarios del sistema: del buen desenvolvimiento del sistema se creará más confianza sobre el correcto procedimiento de conducción de los desechos sólidos y éste puede a su vez, en todas las actividades que los vecinos realicen, desarrollando una conciencia social sobre el correcto manejo de los desechos. Y sobre todo que no aparezcan botaderos clandestinos.
 - Municipalidad: es parte de sus obligaciones el brindar el servicio de recolección para evitar contaminación dentro el municipio, así como el correcto transporte y depósito de los mismos. Esta tarea debe de recaer sobre el departamento del tren de aseo.

El responsable de realizar las evaluaciones del sistema de recolección es el administrador del Departamento de Limpieza de la municipalidad, pues es él quien tiene a su cargo a los pilotos de los camiones transportadores y a los recolectores, está en contacto con toda la actividad referente al sistema.

Debe de estar atento a las quejas provenientes de los usuarios o de los vecinos del municipio, para que al momento en que se evalúe el sistema las tome en cuenta para poder retroalimentar a los recolectores. Las evaluaciones que se realizarán al sistema tiene tres partes: la primera es al de recolección, al transporte de los desechos, y al área de depósito de los mismos.

- Del sistema de recolección
 - Verificar que el proceso de recolección de los desechos de origen doméstico y comercial, se realice conforme a la normativa municipal que la regula la materia.
 - Constatar que la recolección de los desechos sólidos sea realizada de acuerdo a la ruta determinada, a la frecuencia y los horarios establecidos, con el fin de verificar su cumplimiento. En tal sentido se deberá seleccionar una muestra de las rutas de recolección que se hayan programado, tomando como criterio aquellas rutas que el grupo auditor considere como críticas.
 - Verificar que los órganos competentes apliquen métodos de recolección, acatando para su ejecución las medidas de higiene y seguridad apropiadas.
 - Constatar que las operaciones de limpieza urbana se ejecuten de forma continua y conforme a los programas establecidos.

- Del transporte de desechos
 - Verificar que el proceso de transporte interno de los desechos de origen doméstico y comercial, sea realizado conforme a la normativa nacional y municipal que regulan la materia.
 - Constatar que el transporte utilizado para la recolección de desechos sólidos sea destinado exclusivamente a ese fin, y que el mismo sea adecuado para la finalidad prevista.
 - Retroalimentar sobre quejas o comentarios recibidos, por parte de los usuarios o vecinos, sobre la forma de conducir los camiones a los pilotos.

- El botadero municipal
 - Verificar la cantidad de desechos que se depositan en el botadero diariamente.
 - Verificar el procedimiento de descarga y el lugar en el que se deposita.
 - Cuantificar el número de descargas de los camiones diariamente y si coinciden con los planificados.
 - Verificar si la cantidad o el pronóstico de producción de desechos diarios contra la que ingresa al botadero.

La población y los desechos sólidos siguen creciendo de la mano, por lo que el botadero municipal es insuficiente a la cantidad de desechos producidos diariamente, y luego que el botadero está ubicado en un área forestal y que no es lugar para tenerlo, además que, su exposición al aire libre contamina y es un riesgo latente para las comunidades cercanas y para el manto acuífero pues los lixiviados corren y pueden contaminar los ríos cercanos.

La solución al almacenamiento al aire libre y sin un control adecuado de los desechos sólidos, es la creación de un relleno sanitario que vendría a ser una forma de almacenar correctamente los desechos sólidos, ya que es un vertedero de desechos controlado. En el relleno conforme se vayan colocando los desechos ésta va siendo compactada con maquinaria y cubierta por capas de tierra y otros materiales y así sucesivamente, hasta darse por saturado.

Los factores más importantes para localización del terreno se deben de considerar:

- Localización
- Condiciones hidrogeológicas
- Material de cobertura
- Vías de acceso
- Conservación de los recursos naturales
- Condiciones climatológicas
- Costos de operación
- Vida útil del terreno

Para realizar el relleno sanitario, primero se deben de tomar en consideración los siguientes aspectos:

- Población total de habitantes
- Producción per cápita
- Producción de desechos sólidos
- Densidad de los desechos sólidos
- Composición física y química
- Sistema de recolección de desechos (ingreso de desechos)

Es parte de una voluntad política de las autoridades el poder realizar este proyecto, ya que deben de apoyar económicamente para la realización del relleno sanitario, y debiéndose hacer el estudio de factibilidad pertinente para la realización del mismo. Parte de las revisiones que se deben de realizar en forma frecuente al momento de tener en funcionamiento un relleno sanitario son:

- Verificar la cantidad de desechos depositados
- Revisar canales de evacuación de gases
- Verificar los ductos de lixiviados

El manejo eficiente y eficaz del sistema de recolección de desechos sólidos permite extraer del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, todos los desechos provenientes de actividades domésticas y comerciales, y que no contaminen el ornato municipal y mitiga las plagas que se puedan generar por éstos, por lo que es vital la correcta evaluación semestral del sistema para corregirlo y mantenerlo en funcionamiento, permitiendo una mayor satisfacción del usuario y prologando la vida de las futuras generaciones.

CONCLUSIONES

1. Empleando metodologías de recolección de desechos sólidos se presentaron nuevas rutas de recolección optimizadas con equipo de compactación, que permite el transporte de una mayor cantidad de residuos al vertedero, lo cual se refleja en ahorro de recursos municipales; al igual se presentó una nueva tarifa de precios que permitirá un sistema autónomo, ya no necesitará de apoyo económico adicional por parte de la municipalidad y se podrán realizar otros proyectos relacionados con los desechos sólidos con los fondos.
2. Según el análisis de la situación actual del sistema de recolección y transporte de los desechos se determinó que el servicio es prestado solamente al 61 % de la población, mientras que se desconocen los métodos utilizados por el otro 49 % de la población, para deshacerse de los desechos, lo que lleva a inferir que esto contribuye al crecimiento de botaderos clandestinos.
3. Mediante la diagramación en mapas del municipio de las rutas actuales, se logró establecer los tiempos empleados por cada camión en sus diferentes rutas, lo que a su vez permitió establecer un costo aproximado del sistema actual de recolección.

4. Empleando la metodología de rutas se logró establecer las nuevas rutas óptimas de recolección, eliminando tiempos y recorridos improductivos, el principal factor es la capacidad de 15 metros cúbicos por camión compactador, siendo estos dos, lo que permite realizar menos viajes al basurero municipal.
5. El municipio se sectorizó en cinco partes, esta sectorización, aunado a la metodología de rutas, dieron como resultado las nuevas rutas óptimas de recolección, de forma que ambos camiones atiendan el mismo sector un mismo día de la semana.
6. Con base en la sectorización y el establecimiento de las nuevas rutas, se determinaron los puntos de recolección necesarios para los lugares de difícil acceso, logrando con esto, minimizar los tiempos y recorridos improductivos.

RECOMENDACIONES

1. Implementar las rutas de recolección propuestas, realizar todas las evaluaciones, corrigiendo lo que sea necesario, así como implementar la tarifa de recolección de desechos municipal, y la clasificación de los usuarios del sistema de recolección con la finalidad de realizar los cobros pertinentes de acuerdo al sistema a prestar.
2. El sistema de recolección de desechos sólidos urbanos debe ser obligatorio para todas las viviendas del casco urbano del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, con la finalidad de evitar la aparición y crecimiento de botaderos clandestinos.
3. Realizar la verificación de rutas de recolección y efectuar los cambios necesarios, que permitan que el sistema de recolección sea más eficiente.
4. Programar sesiones de capacitación a todo el personal que labora en el sistema de recolección de desechos sólidos para comunicarles cómo seguir los mapas y rutas establecidas, asimismo. establecer sesiones informativas para la población en general sobre el manejo y las nuevas rutas de recolección.

5. En el sistema de verificación de rutas y evaluación del sistema, así como en la capacitación que se brinde a los pilotos, se les debe inculcar el seguir las rutas establecidas sin que ellos se guíen por su intuición, porque esto estaría fuera de lo establecido y permitiría que realizaran rutas innecesarias.

6. Revisar frecuentemente las rutas, opiniones de los pilotos y recolectores sobre puntos de recolección, que puedan mejorar el trabajo, así como métodos de seguimiento para la clausura de botaderos clandestinos en donde se incentive la participación ciudadana. Deberá realizarse, por lo menos dos veces al año, la evaluación al sistema de recolección, para evitar la obsolescencia y proponer la actualización del mismo cuando se considere necesario.

BIBLIOGRAFÍA

1. CIFUENTES MORALES, Jairo Omar. *Estudio de prefactibilidad para la implementación municipal de un programa de recolección de residuos sólidos urbanos en Sanarate, El Progreso*. Trabajo de graduación Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2007. 165 p.
2. DOMÍNGUEZ VELÁSQUEZ, Selvin Omar. *Plan de operación para incineradores de la planta de residuos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez, del Departamento de San Marcos*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 125 p.
3. FERNÁNDEZ COLIMINA, Alejandro; SÁNCHEZ-OSUNA, Mayra. *Guía para la gestión integral de residuos sólidos urbanos* [en línea]. La Habana: United Nations Industrial Development Organization, [ref. de 2007] 140 p. http://www.unido.org/fileadmin/import/72852_Gua_Gestin_Integral_de_RSU.pdf
4. Instituto Nacional de Estadística. *Censo Nacional XI de Población y VI de Habitación*. Guatemala: INE, 2002. 48 p.

5. MEJÍA DUARTE, Dennis Alexander. *Propuesta de un plan de recolección de desechos sólidos y aseo urbano en el municipio de Esquipulas, Chiquimula*. Trabajo de graduación Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 147 p.
6. MONZÓN LÓPEZ, Edelman Cándido. *Propuesta de recolección y manejo de los desechos sólidos generados en el municipio de Quetzaltenango, departamento de Quetzaltenango*. Trabajo de graduación Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 68 p.
7. Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. *Plan Estratégico territorial de municipios del valle, departamento de San Marcos*, 2006. 78 p.
8. RAMOS VELÁSQUEZ, Henry Alexander. *Propuesta para el manejo de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos*. Trabajo de graduación Ing. Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 156 p.
9. REYES REINOSO, Raúl. *Diseño del programa de recolección de desechos sólidos domiciliarios para el municipio de Atizapán de Zaragoza como aplicación del problema del Agente Viajero*. D.F.: Instituto Politécnico Nacional. México, 2005. 63 p.
10. SAKURI, Kunitoshi, *Diseño de rutas de recolección de residuos sólidos*. Santiago de Chile: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Área de Residuos Sólidos, 1980. 36 p.

11. SEDESOL. *Manual para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos municipales*. México: Dirección General de Infraestructura y Equipamiento, 1997. 145 p.
12. SOTO RAXÓN, Luis Osvaldo. *Sistema de recolección y disposición de desechos sólidos del municipio de Santa María de Jesús, departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 61 p.
13. TCHOBANOGLIOUS, George, et al. *Gestión integral de residuos sólidos*. Vol 2. España: McGraw-Hill, 1996. 1120 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Encuesta de servicio



Universidad de San Carlos de Guatemala.
Facultad de Ingeniería.
Escuela de Mecánica Industrial.
Febrero de 2010.

Instrumento de medición (encuesta)

Dirigido a los hogares sampedranos para el proyecto de tesis *“Diseño de rutas de recolección de desechos sólidos para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos”*.

Objetivo: conocer la opinión de los habitantes sobre el servicio de recolección de desechos sólidos urbanos.

1. ¿Cómo evalúa en general el servicio de recolección de los desechos sólidos?

Excelente _____ Bueno _____ Regular _____ Malo _____ Pésimo _____

2. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un servicio de recolección de desechos sólidos?

Nada _____ Q. 10,00 _____ Q. 15,00 _____ Q. 20,00 _____
Q. 25,00 _____ Q. 30,00 _____ Q. 35,00 _____ Q. 40,00 _____
Q. 45,00 _____ Otros: _____

3ª. ¿Dónde piensa que existe mayor contaminación provocada por los desechos sólidos?

Mercados _____ Comercios _____ Terminal de buses _____
Parques _____ Escuelas _____ Otros _____

3^b. ¿Qué tipo de Comercios?

Restaurantes_____	Barberías_____	Librerías y Fotocopiadoras_____
Venta de ropa_____	Cantinas_____	Tiendas y Abarroterías_____
Carnicerías_____	Bancos _____	Farmacias_____

4. ¿Cree que el problema de contaminación provocada por los desechos debe resolverlo la municipalidad o los habitantes del municipio?

Municipalidad_____ Población_____ Todos_____ Otros_____

5. ¿Cuál cree que sería el medio ideal para promover un programa de recolección de desechos en el municipio?

Radio_____ Televisión_____ Medios escritos_____
Otros_____

6. ¿Usaría recipientes o botes para clasificar correctamente los desechos de su hogar?

Si_____ No_____ Tal vez_____

7. ¿Cree que la gente está consciente del problema de la contaminación en el municipio?

Si_____ No_____

8. ¿Conoce dónde está ubicado actualmente el basurero municipal?

Si_____ No_____

9. ¿Cree que el basurero está en buena ubicación?

Si_____ No_____

¿Por qué?:_____

10. ¿Considera que el servicio de recolección de desechos mejoraría si se le concede la tarea a empresas privadas?

Si _____ No_____

11. ¿Estaría de acuerdo con que se realizara una recolección vespertina y nocturna?

Si_____ No_____

12. ¿Cuántos años tiene?_____

13. ¿Sexo? Masculino_____ Femenino_____

14. ¿Cuántos miembros viven en su hogar?_____

15. ¿Posee medio de transporte propio?

Ninguno_____

Automóvil_____

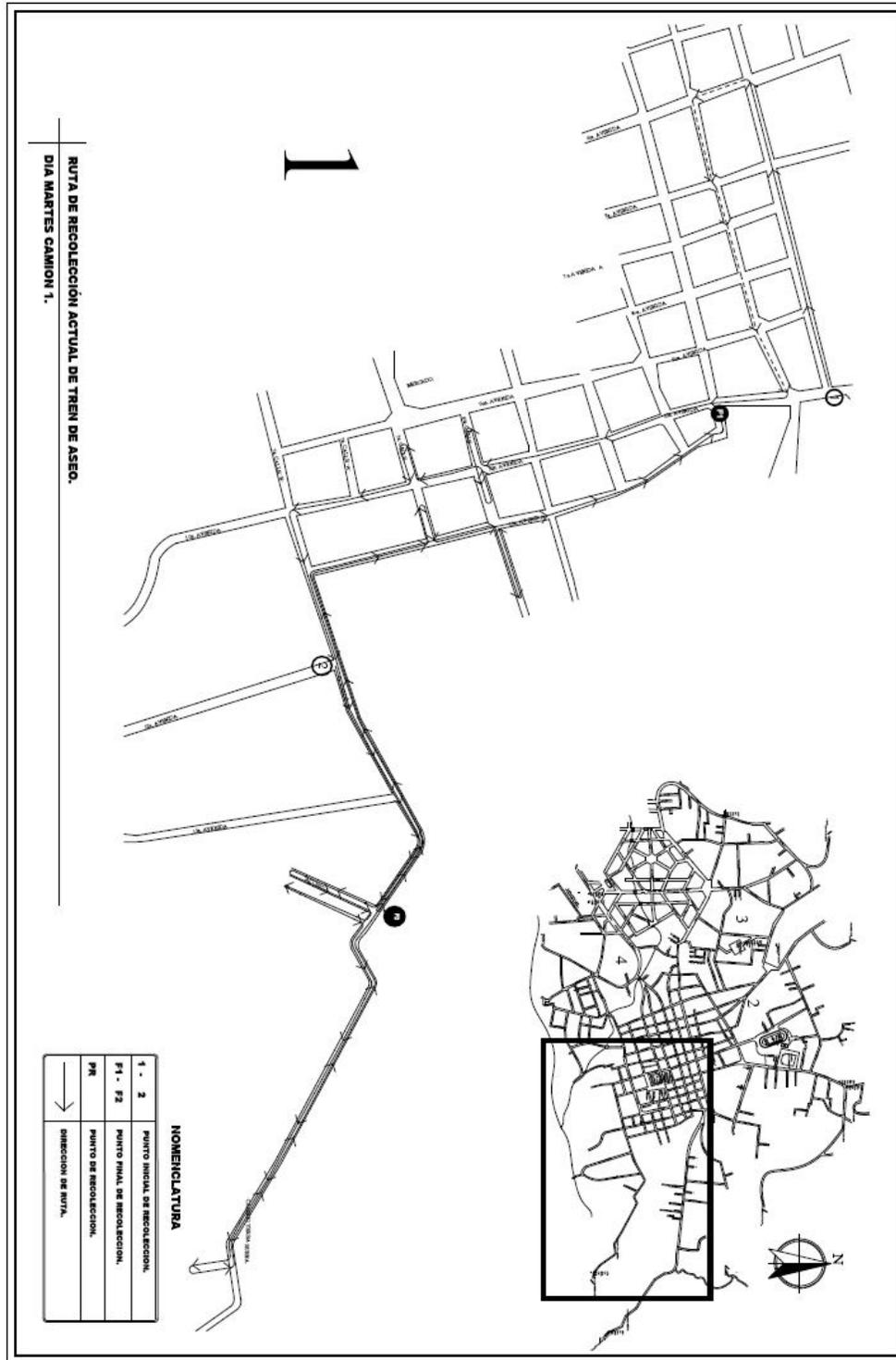
Motocicleta_____

Bicicleta_____

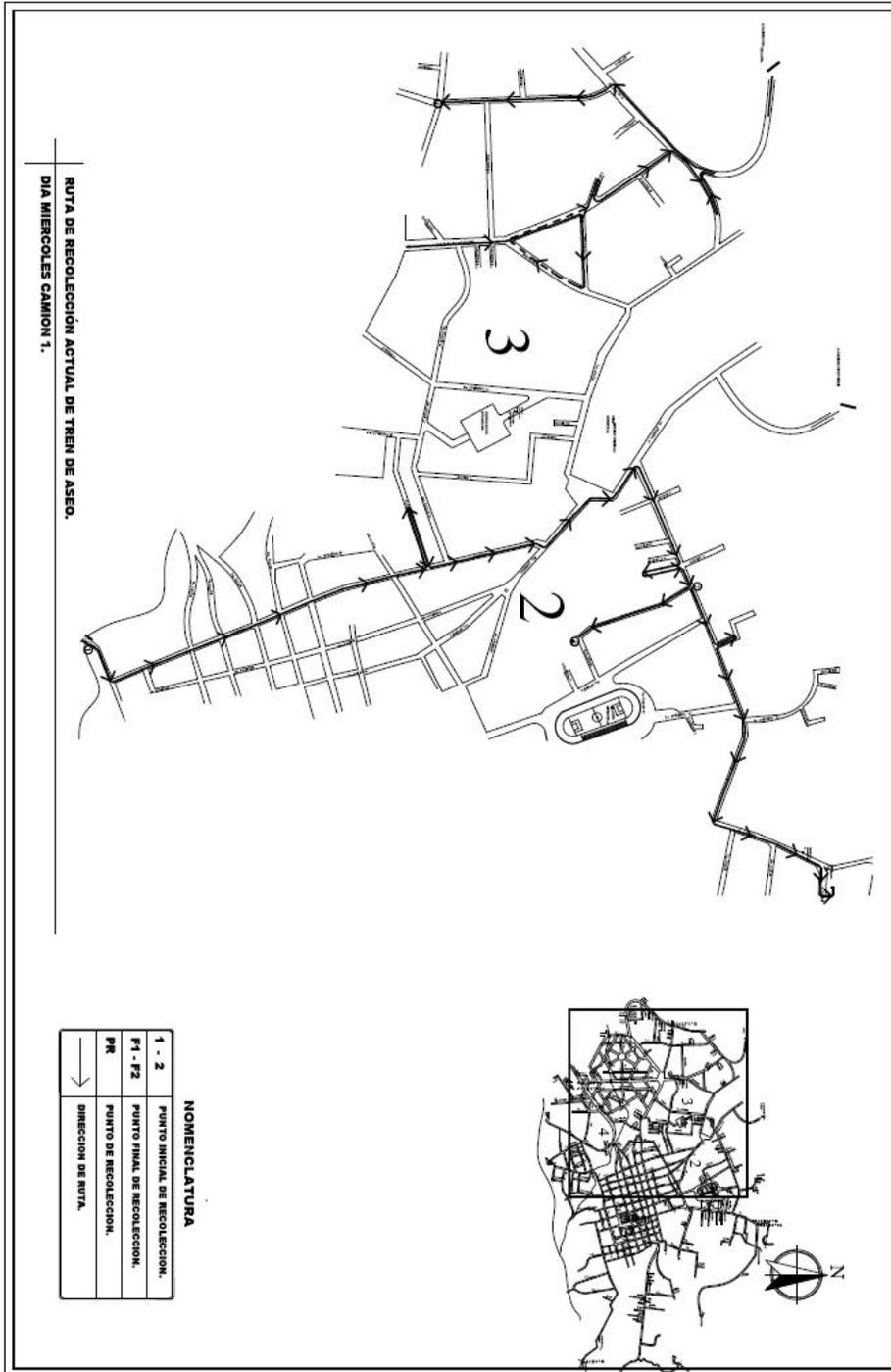
Otros_____

Fuente: elaboración propia.

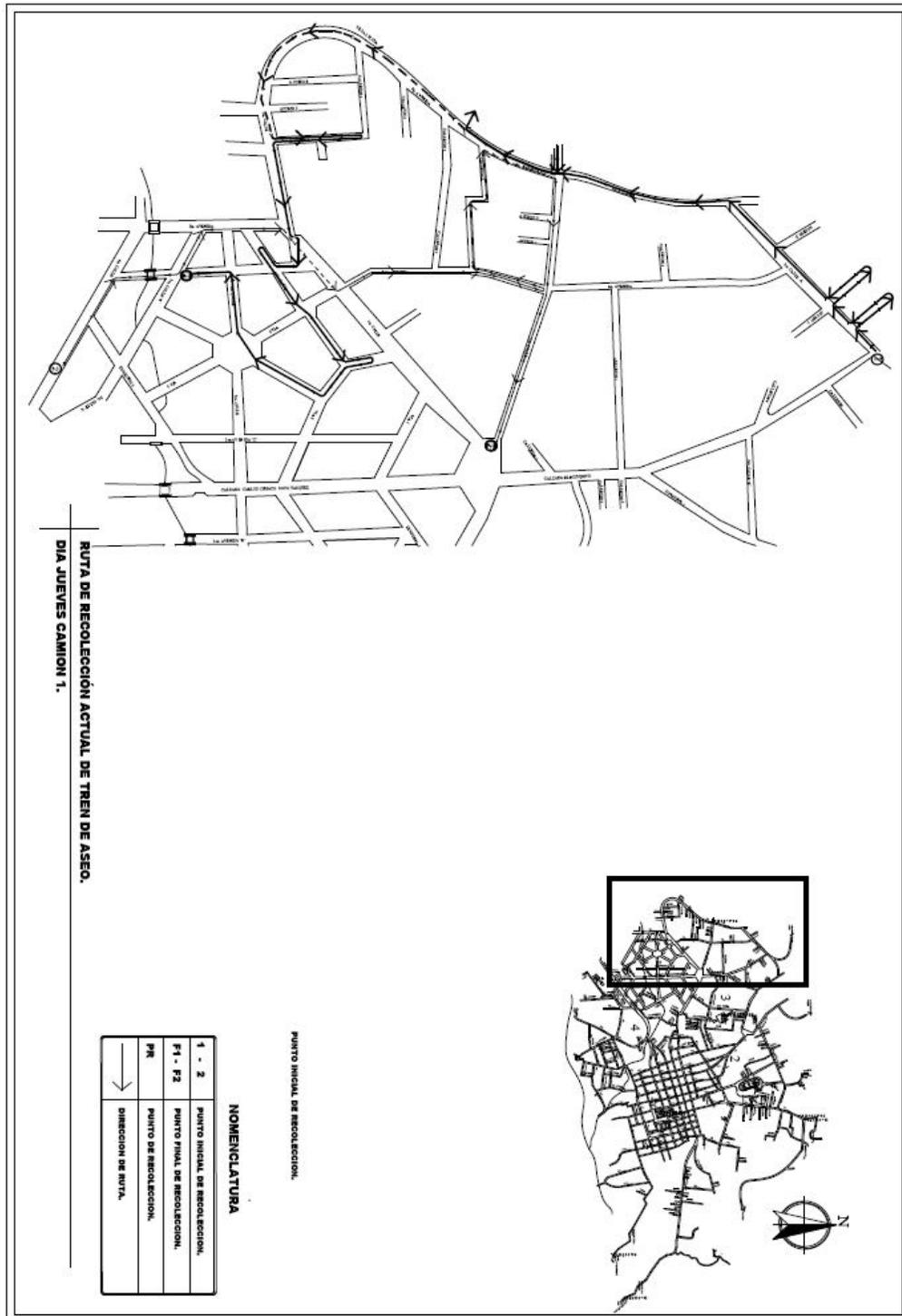
Continuación del apéndice 2.



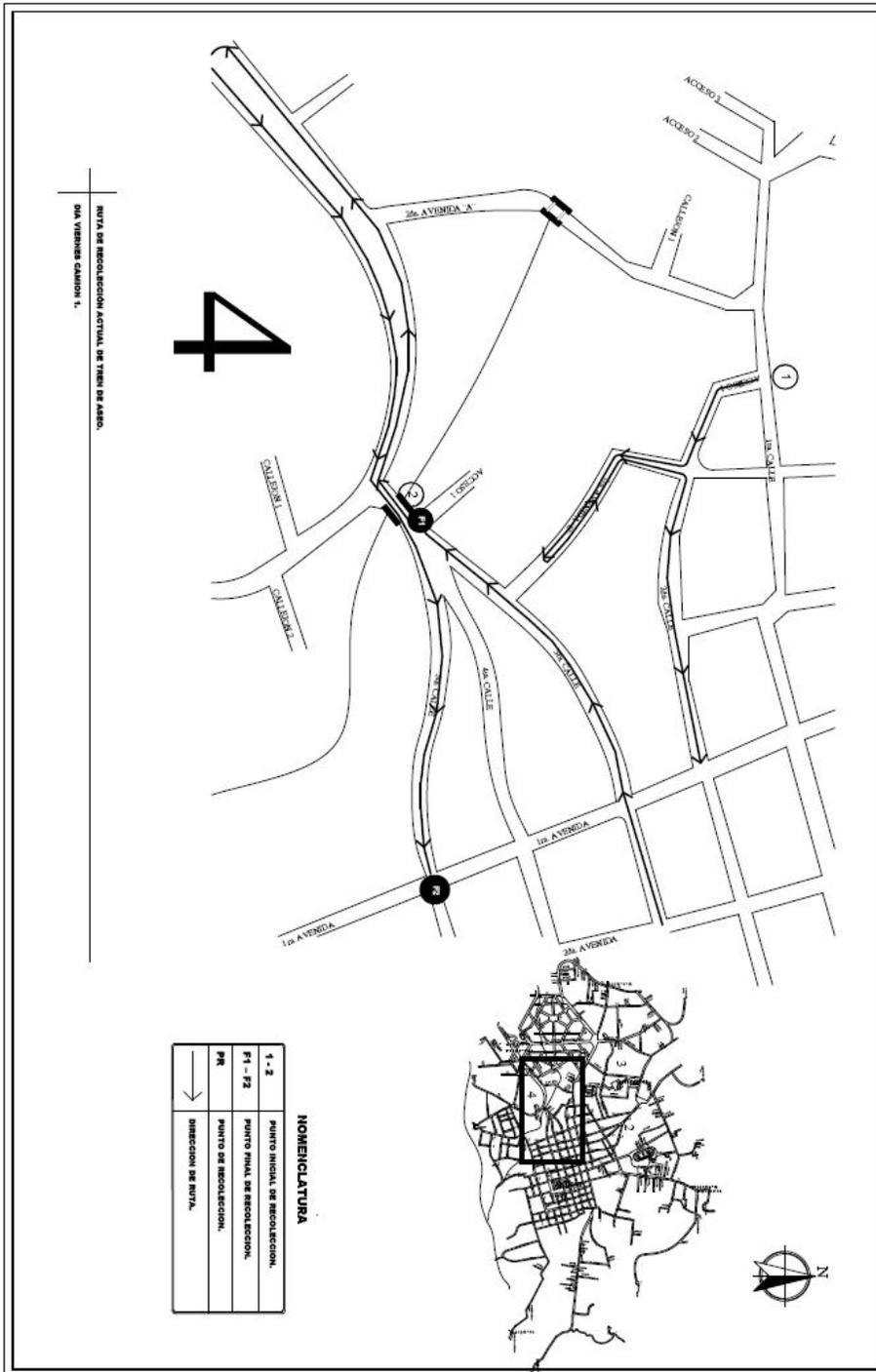
Continuación del apéndice 2.



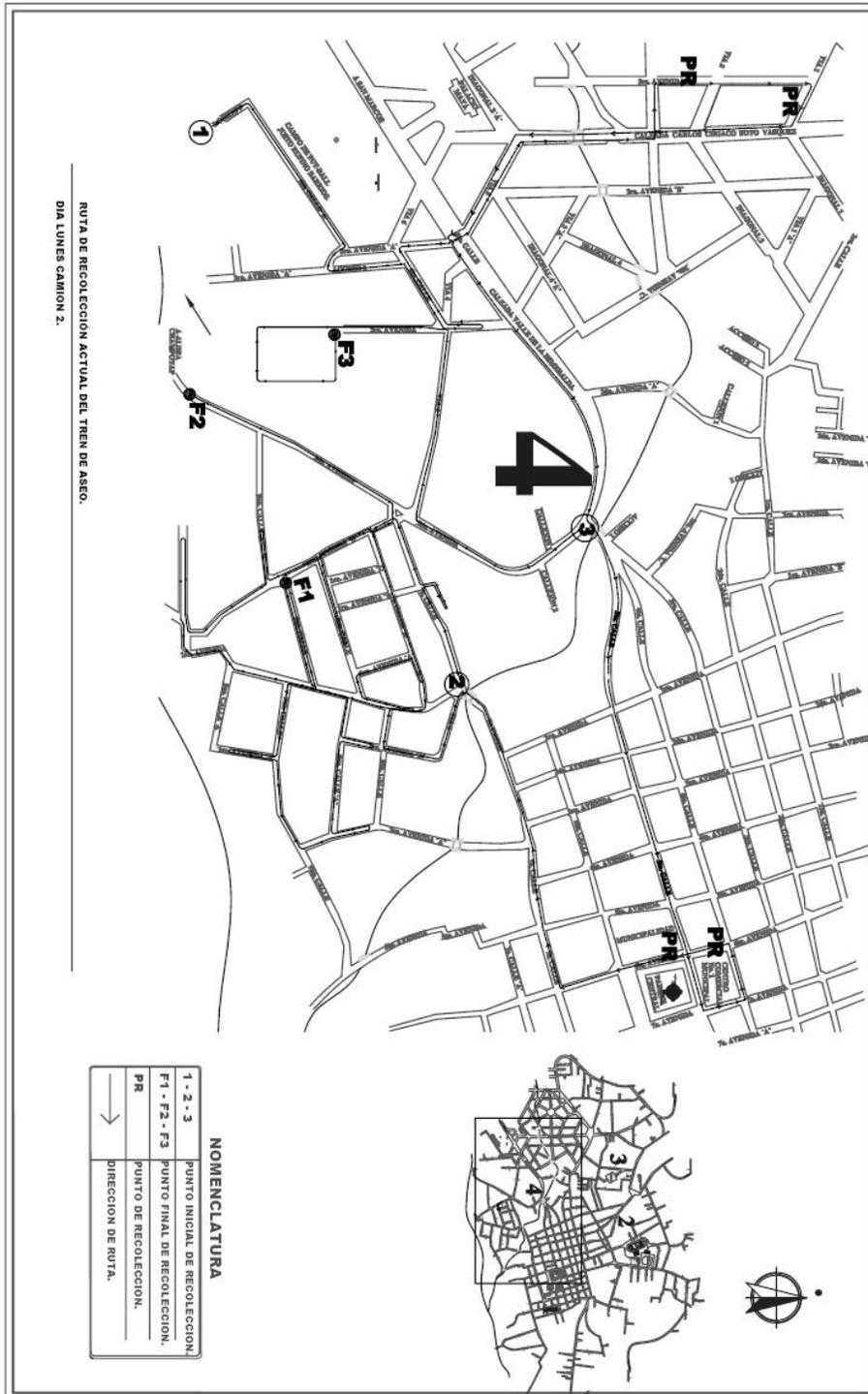
Continuación del apéndice 2.



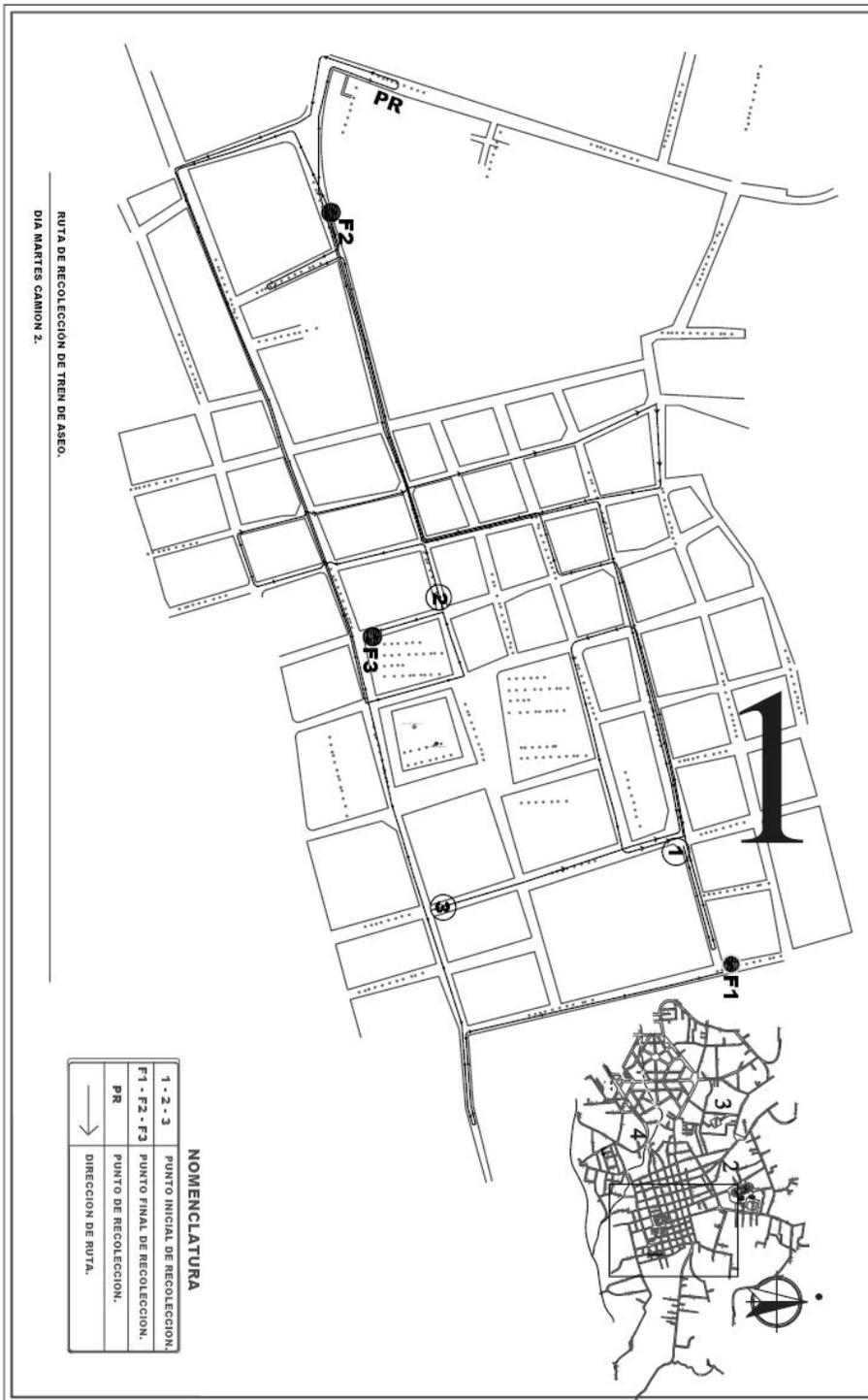
Continuación del apéndice 2.



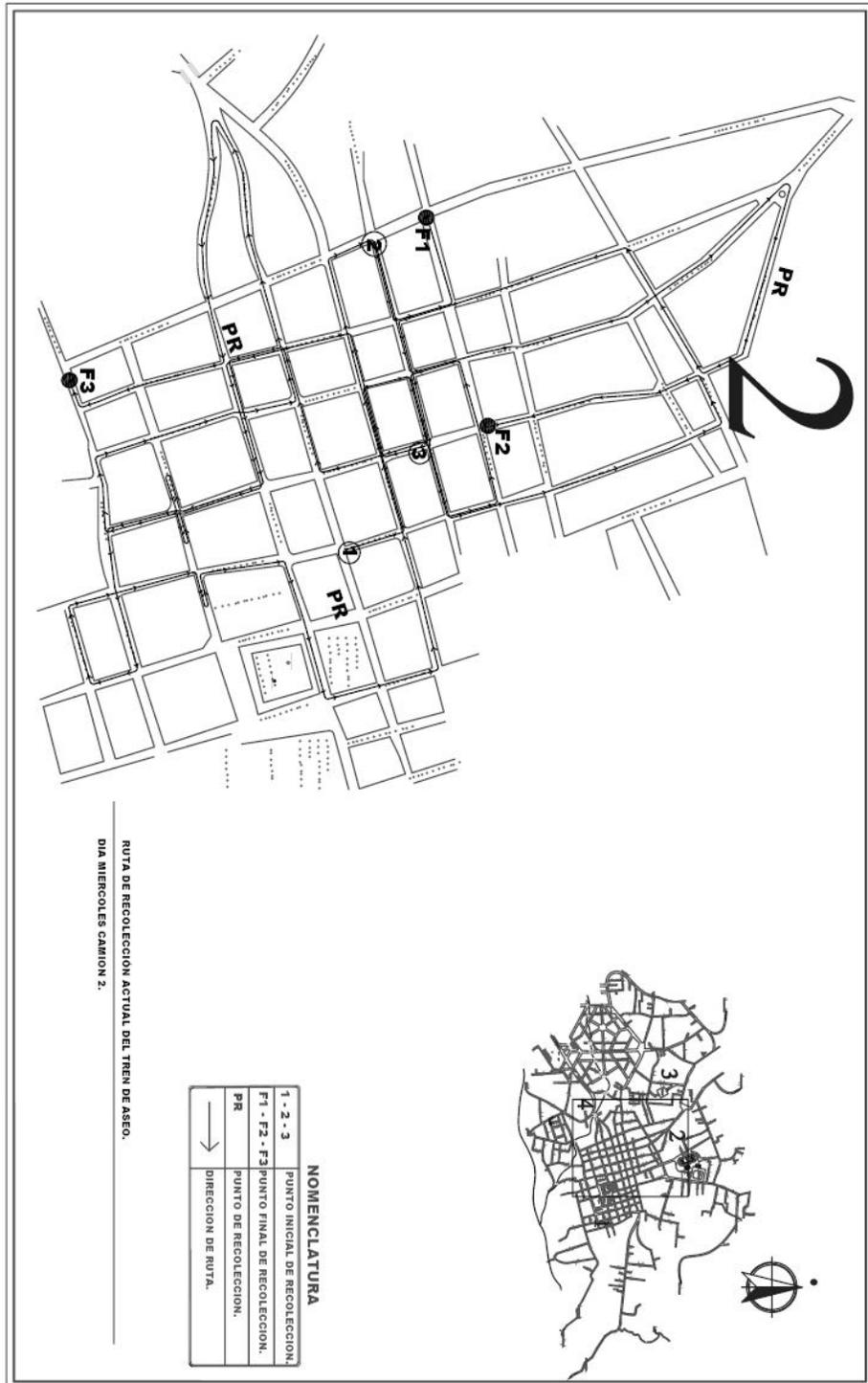
Continuación del apéndice 2.



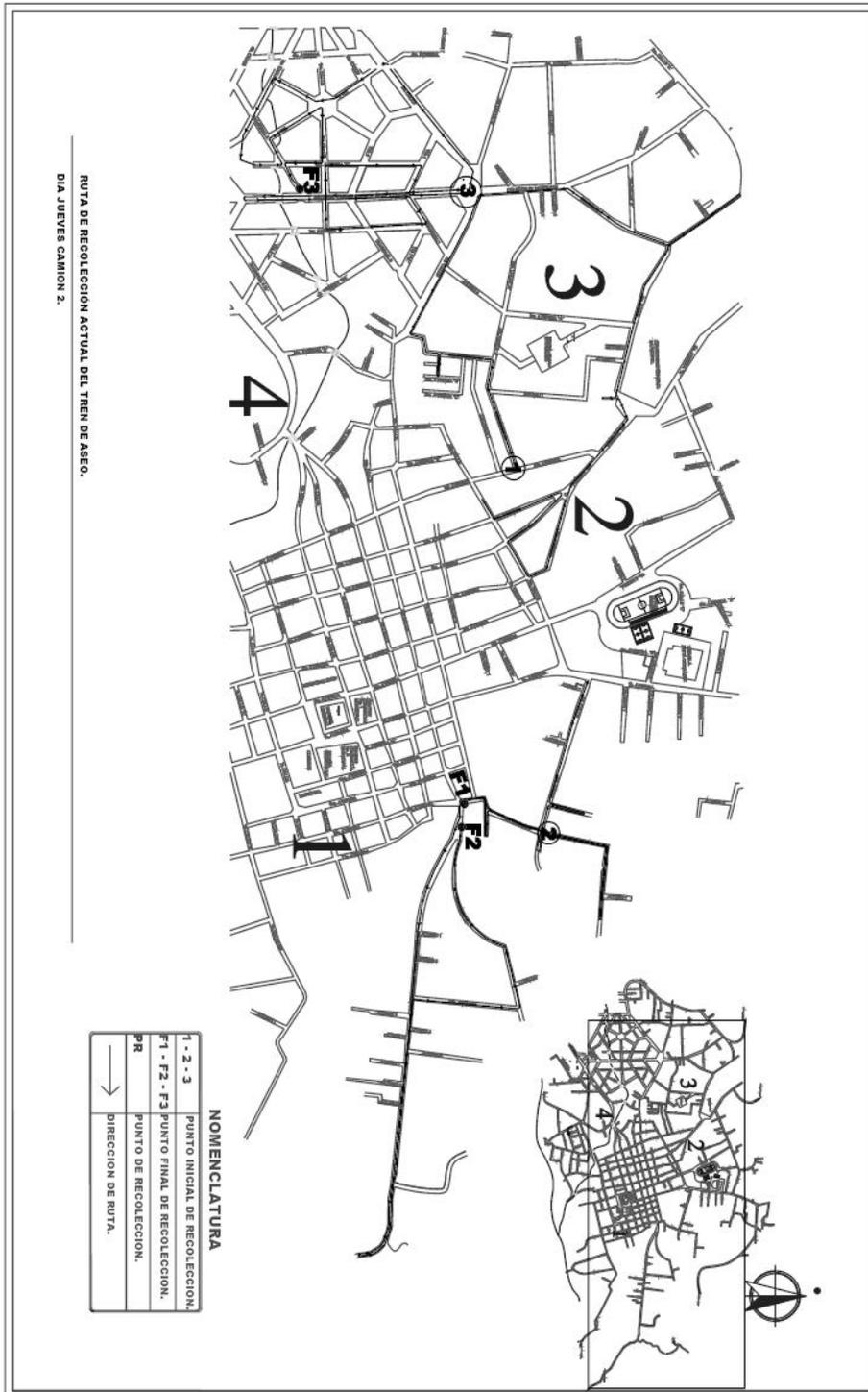
Continuación del apéndice 2.



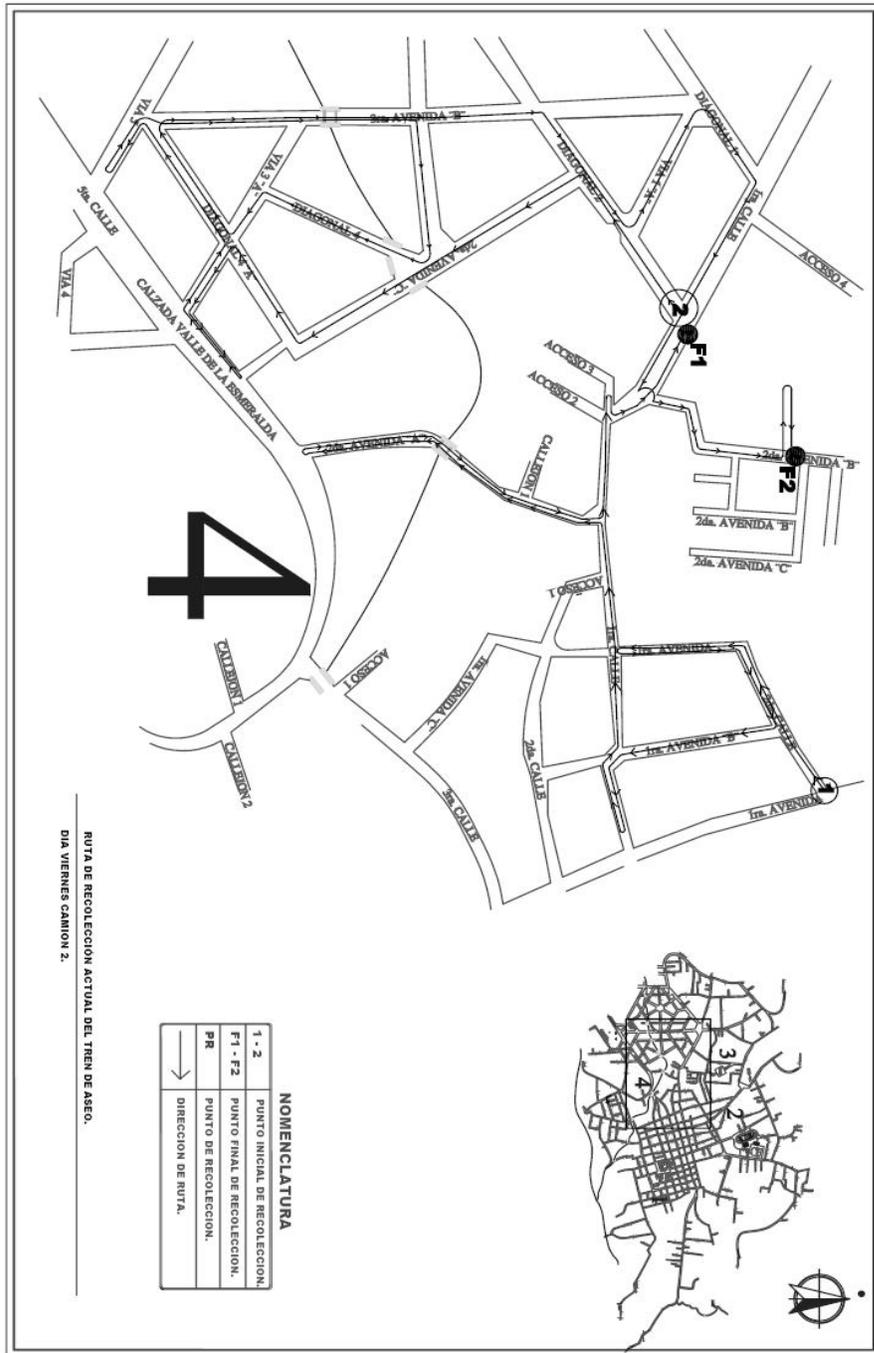
Continuación del apéndice 2.



Continuación del apéndice 2.

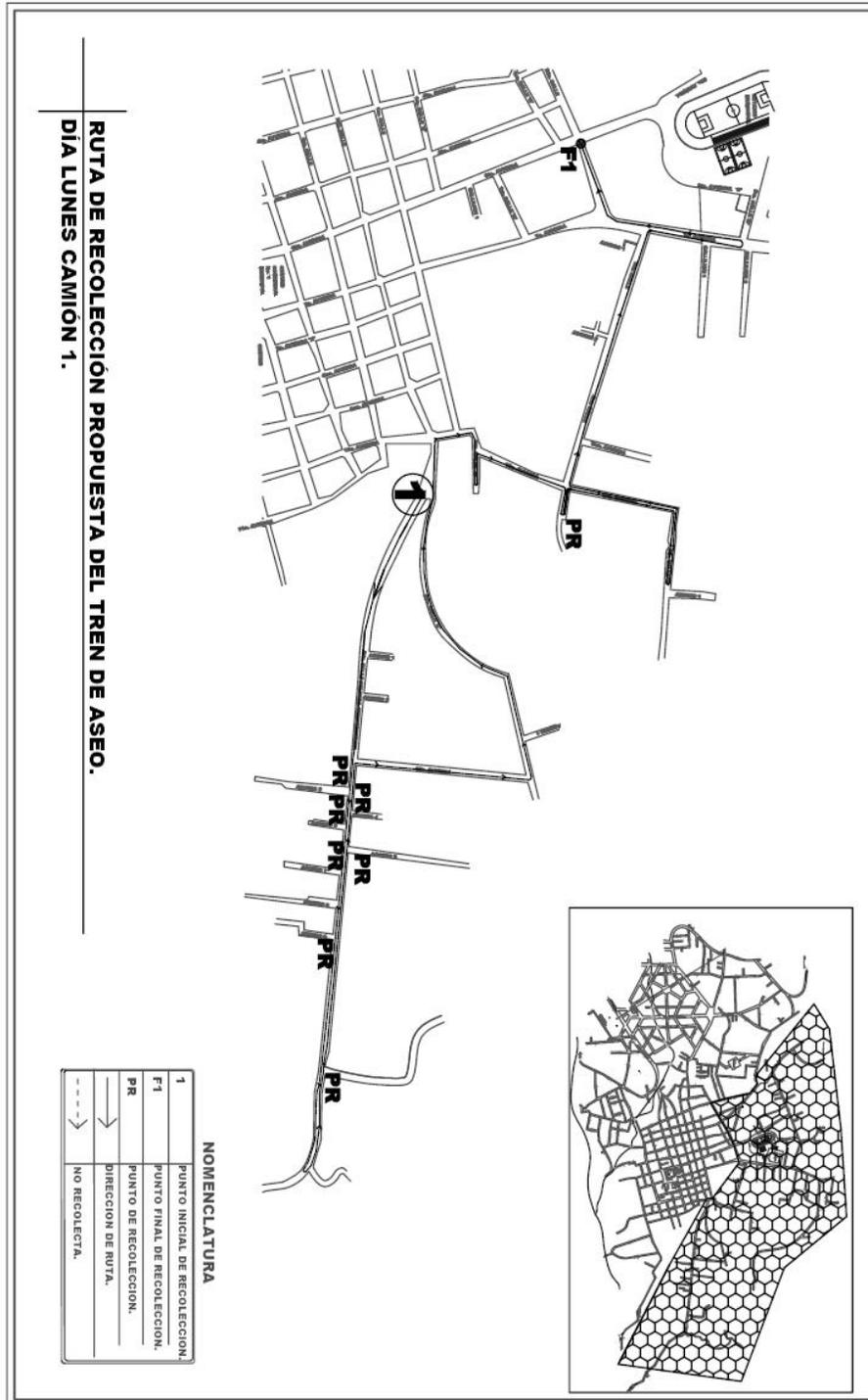


Continuación del apéndice 2.

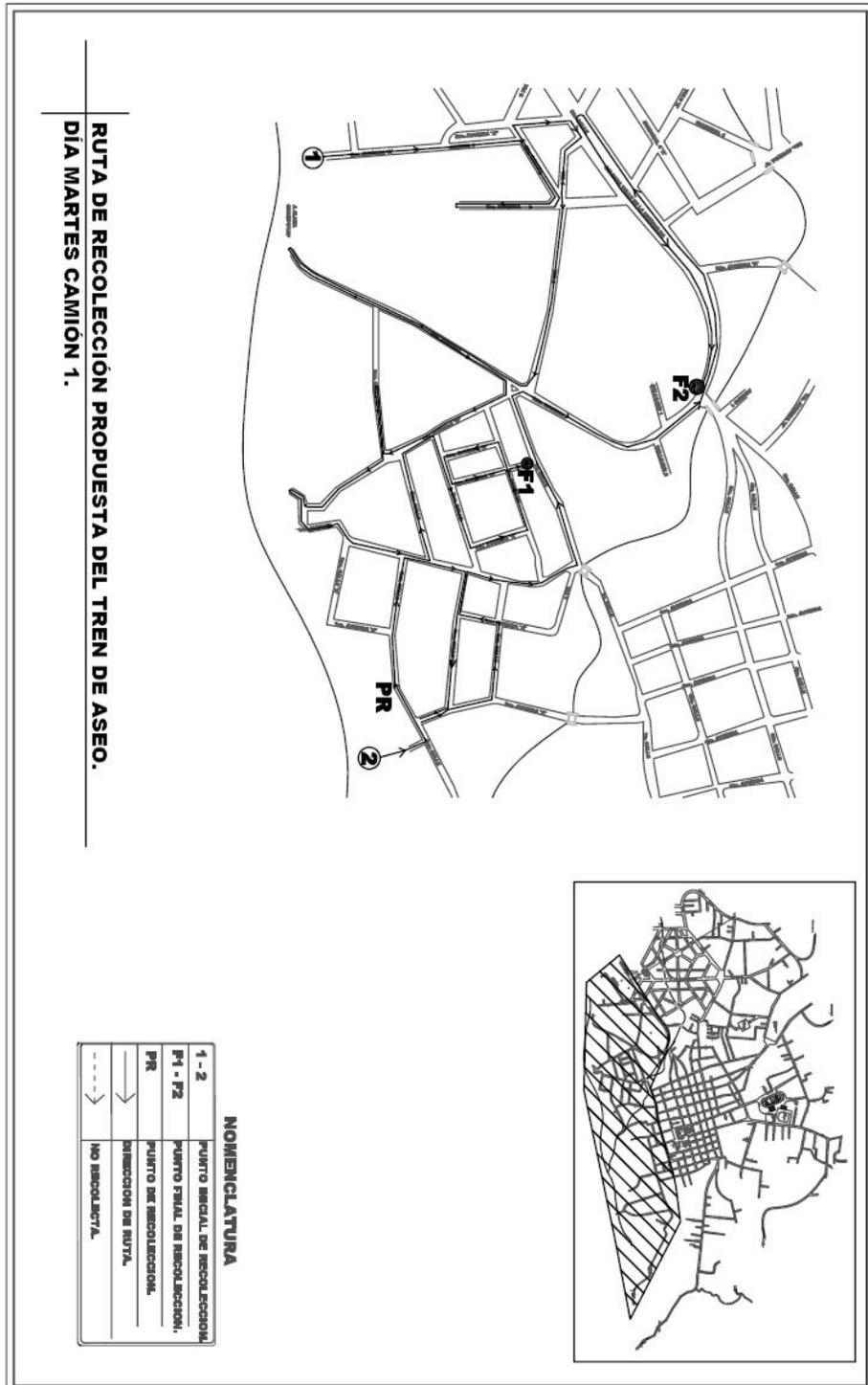


Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

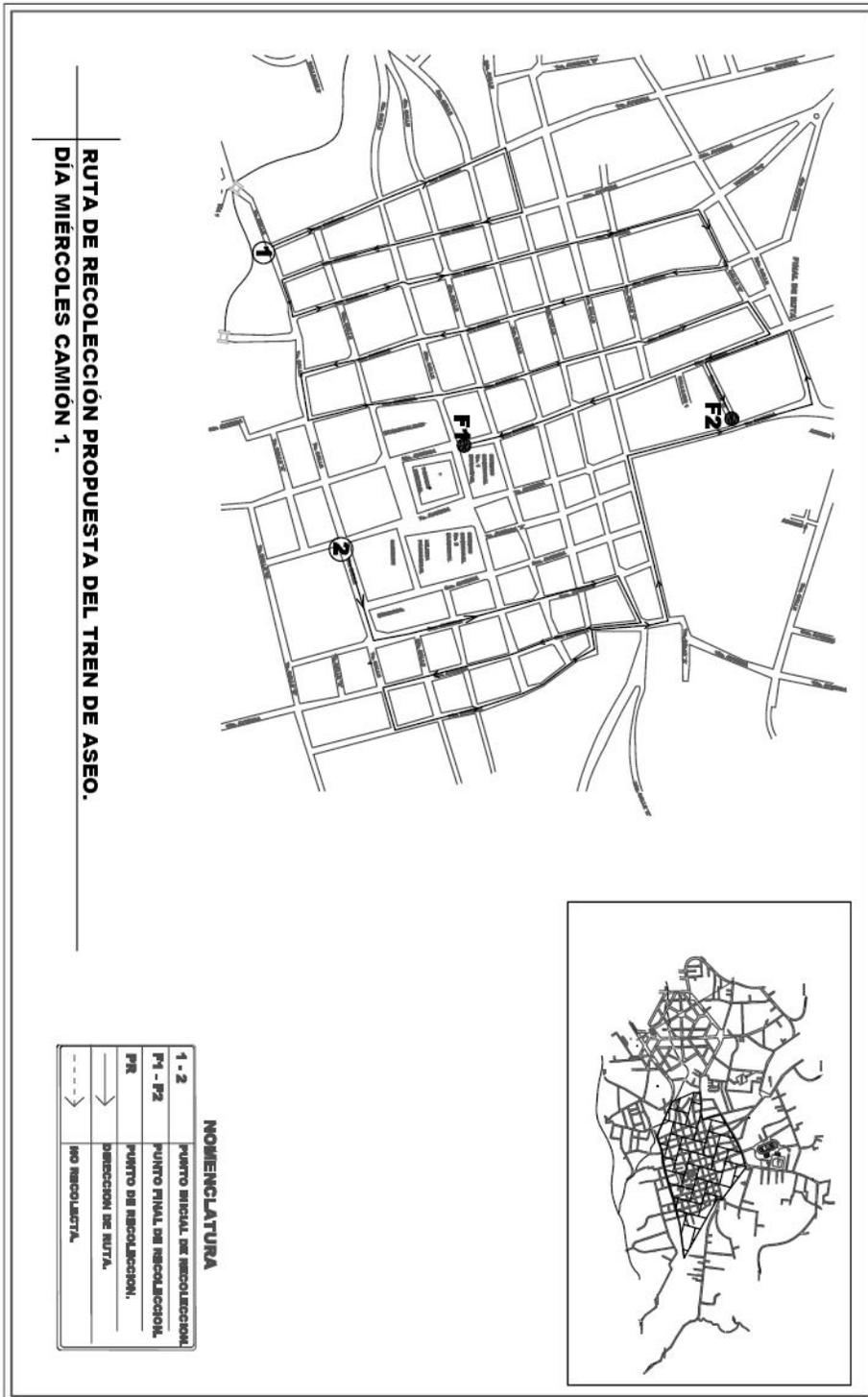
Apéndice 3. Rutas nuevas



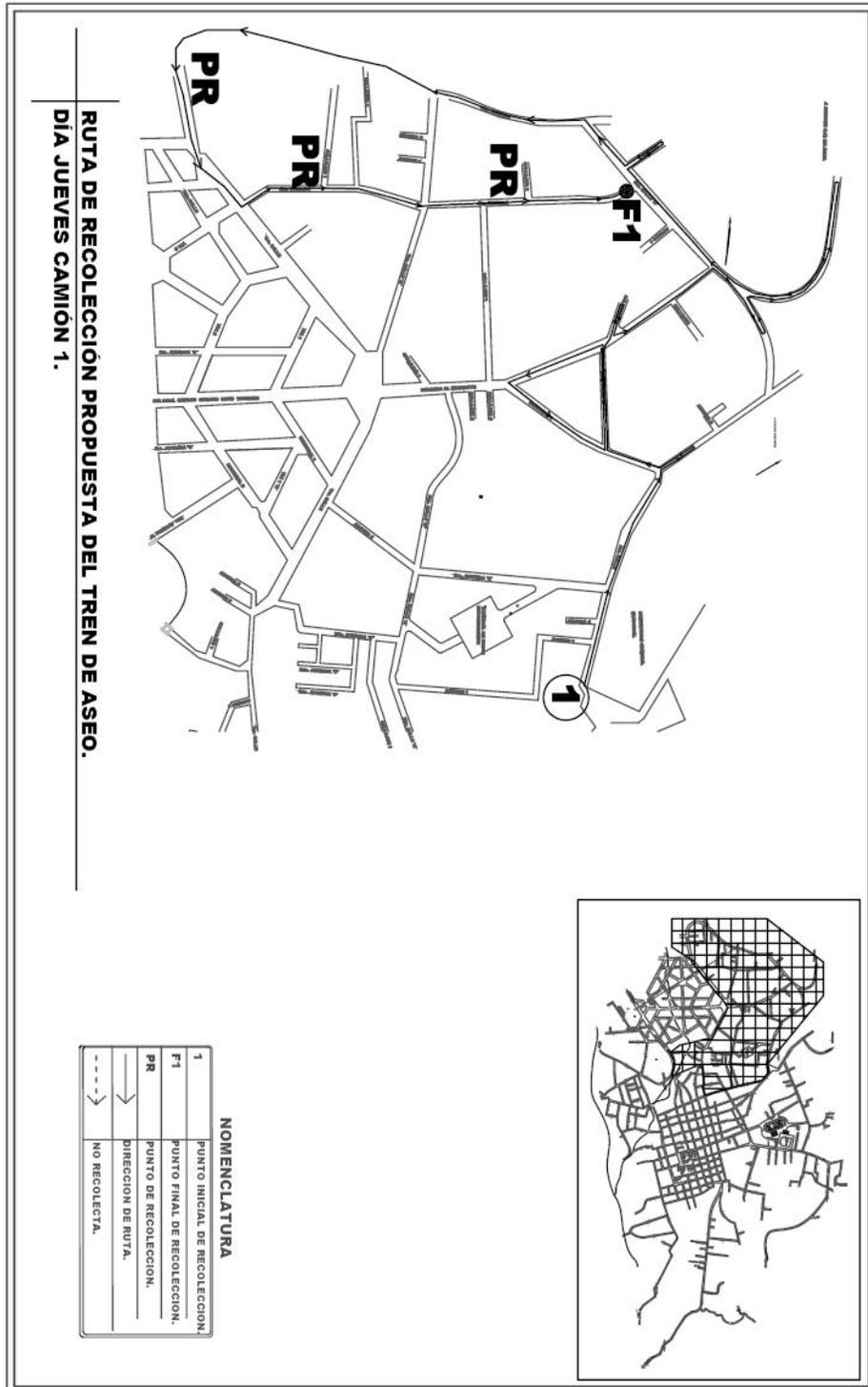
Continuación del apéndice 3.



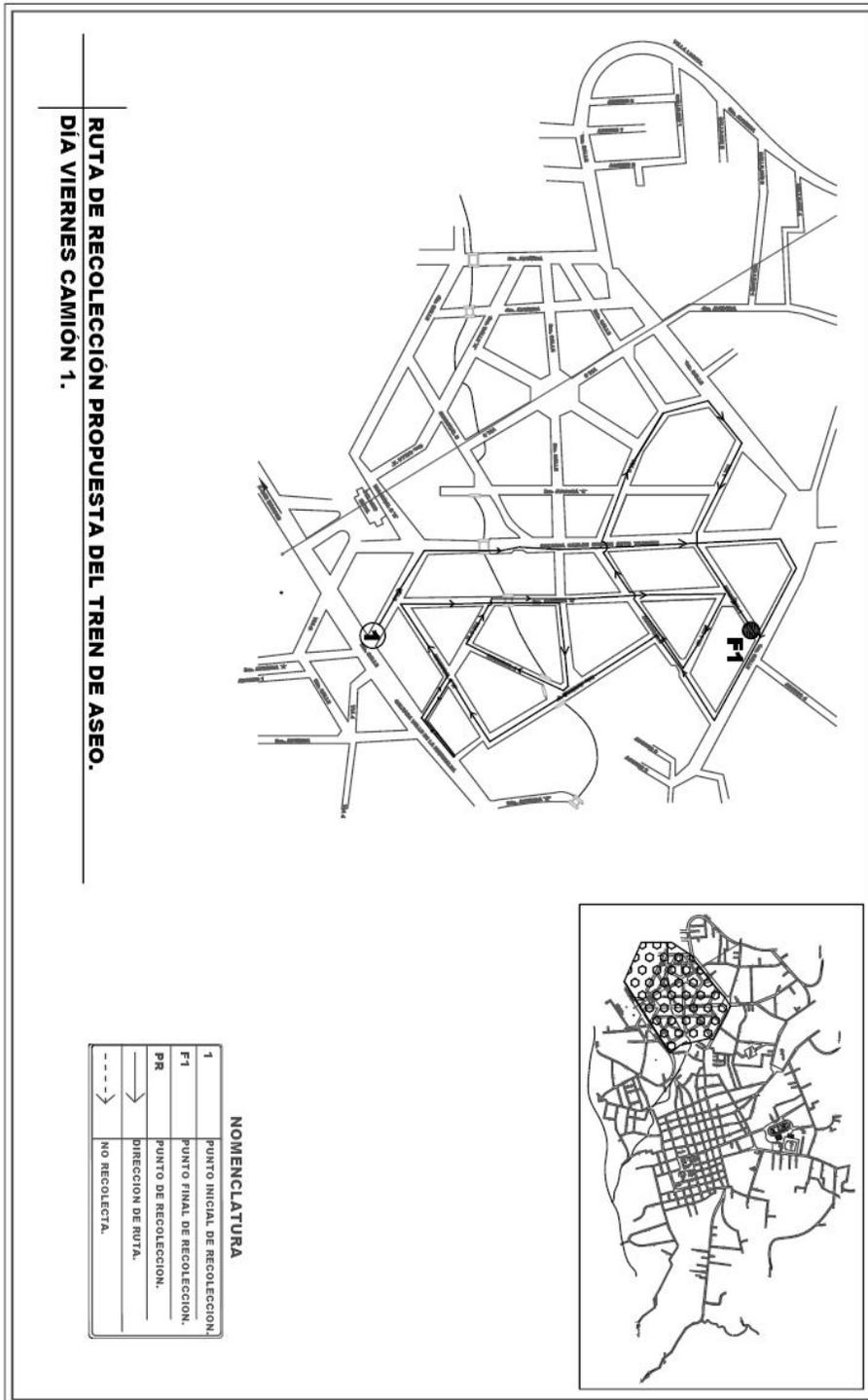
Continuación del apéndice 3.



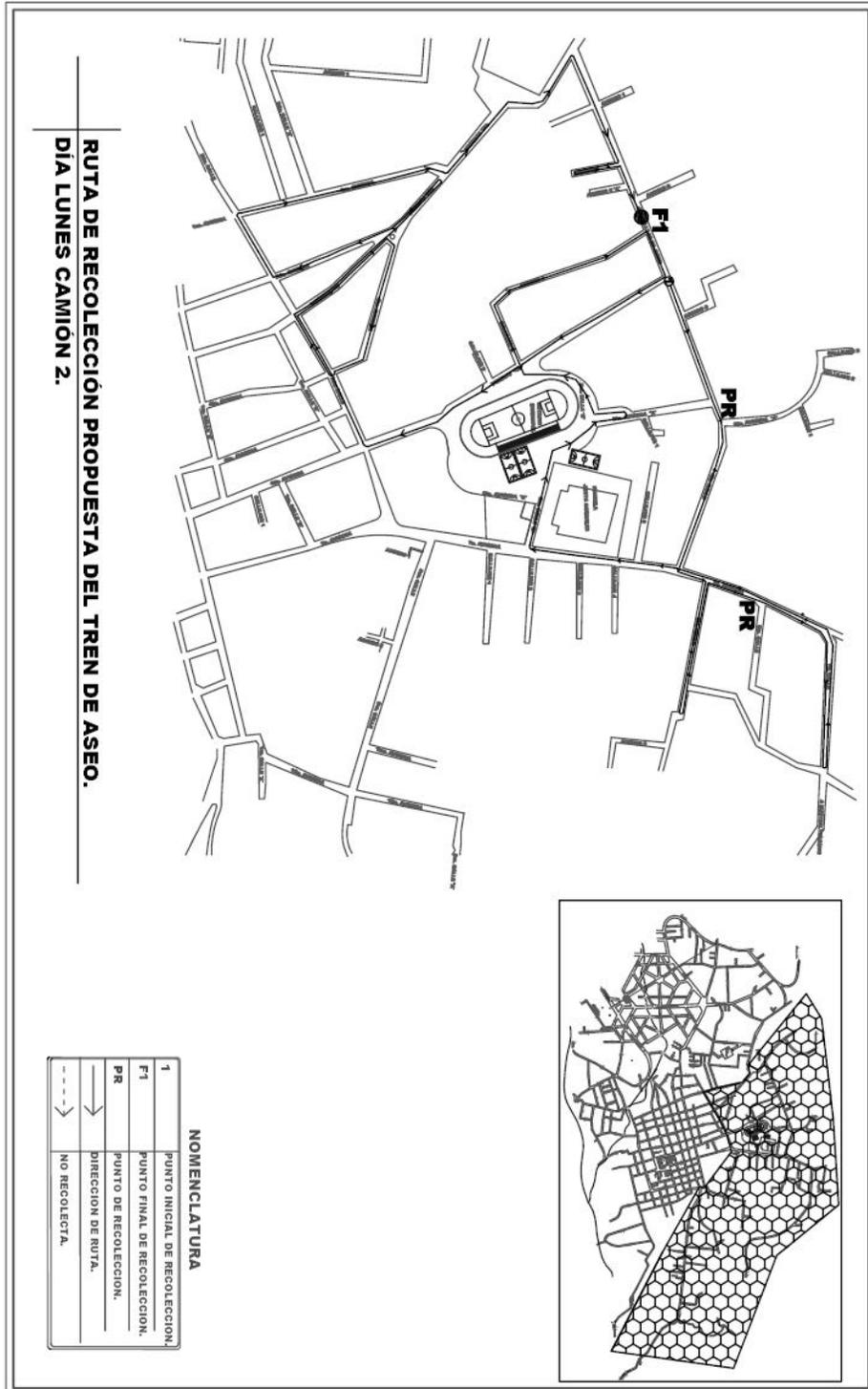
Continuación del apéndice 3.



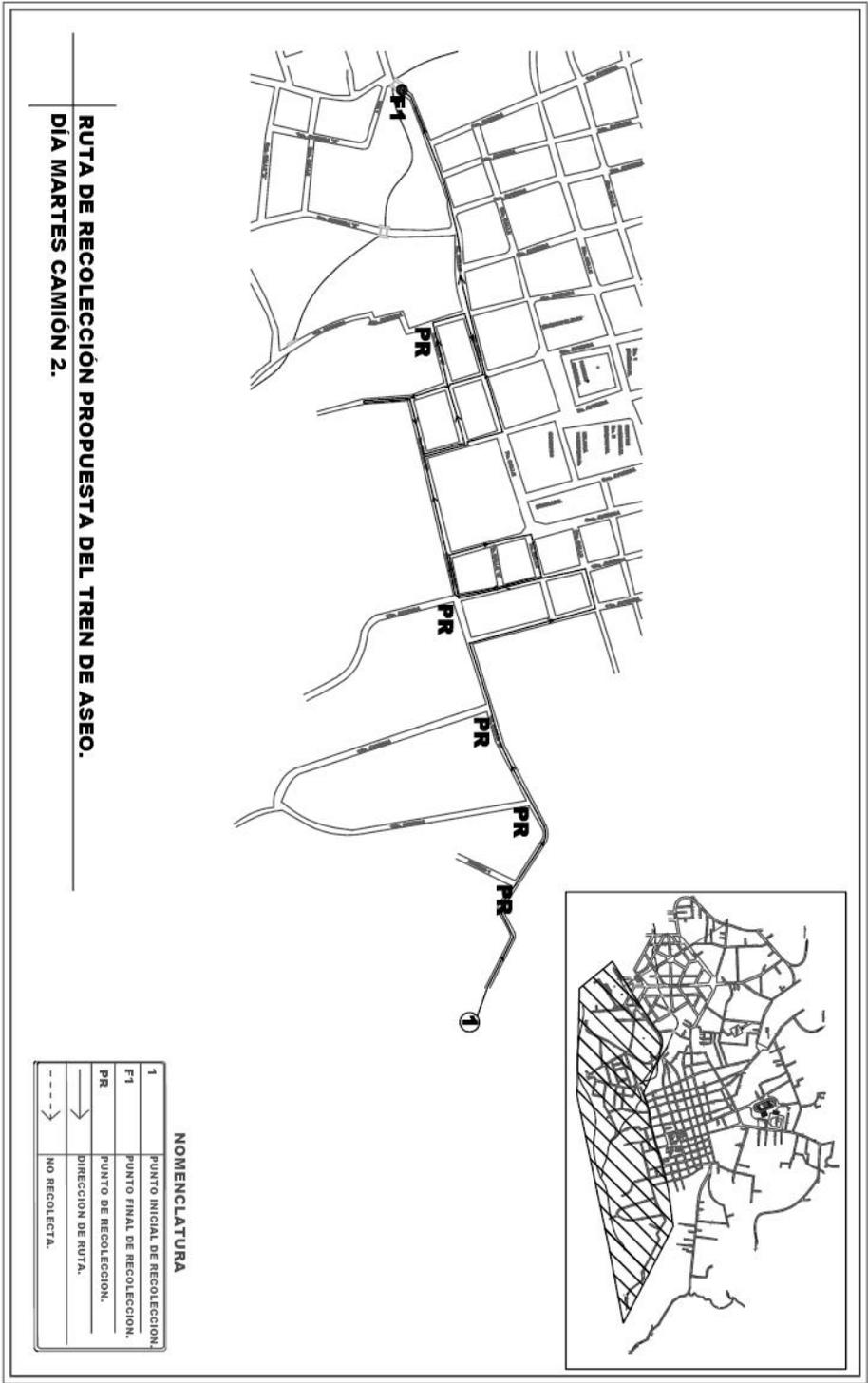
Continuación del apéndice 3.



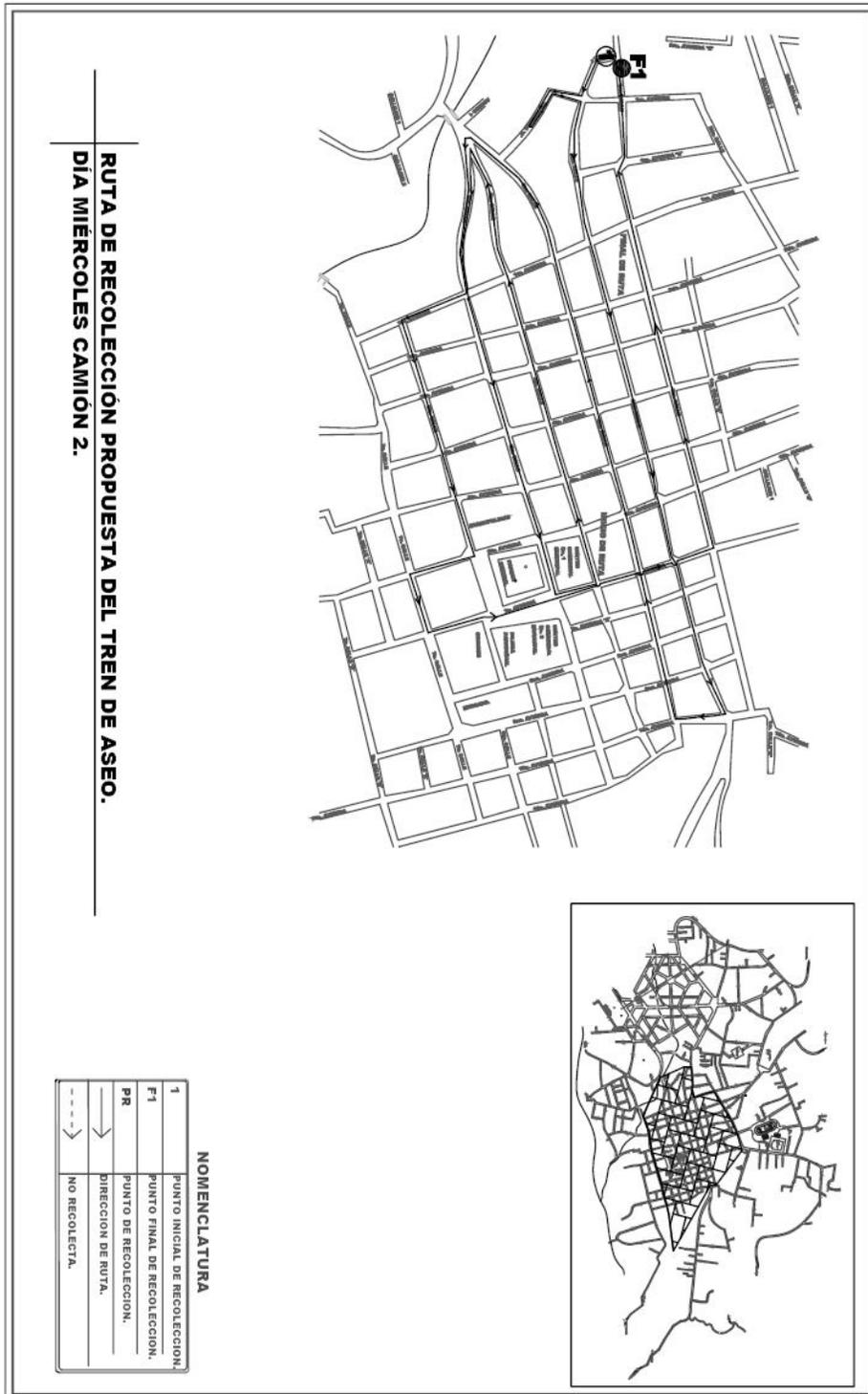
Continuación del apéndice 3.



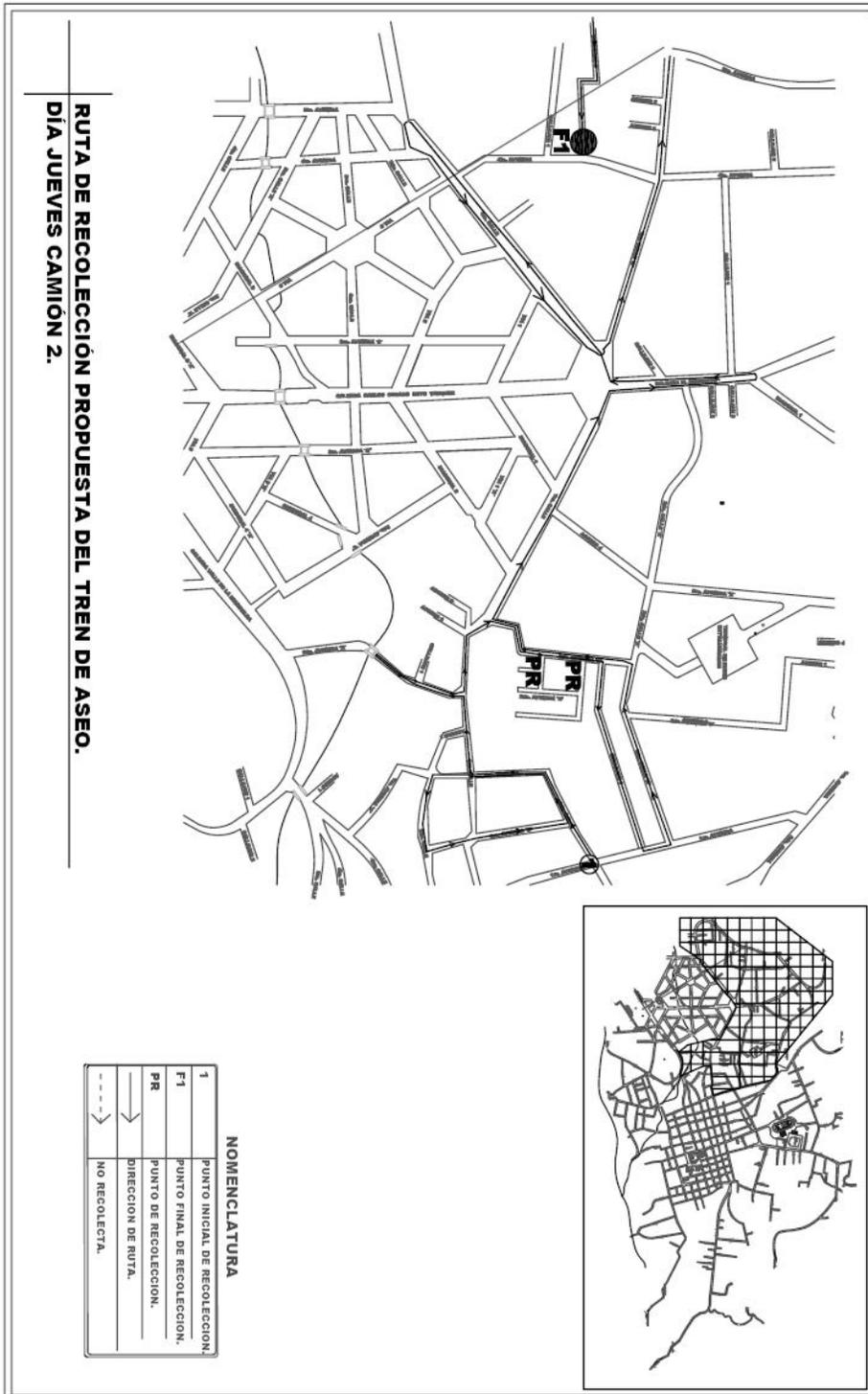
Continuación del apéndice 3.



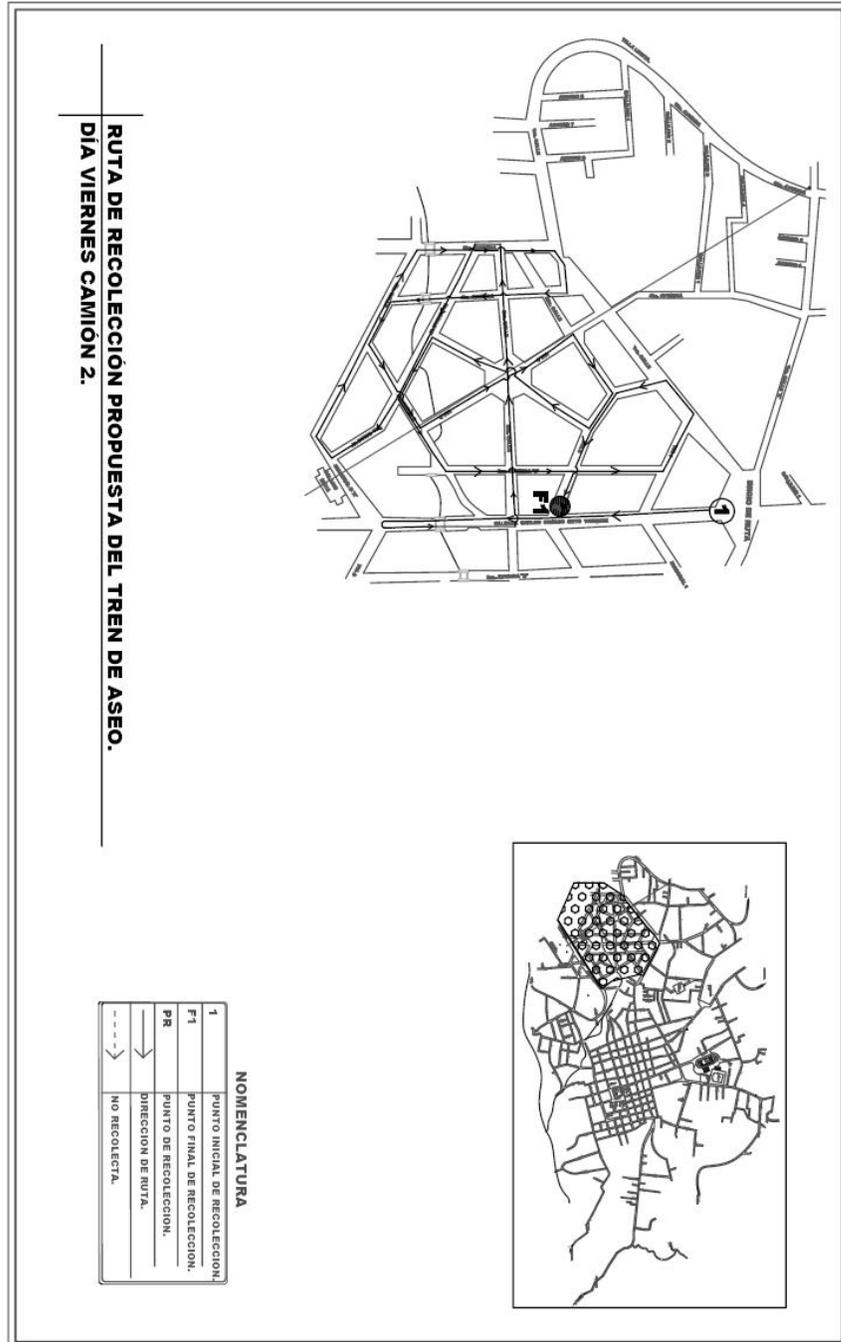
Continuación del apéndice 3.



Continuación del apéndice 3.

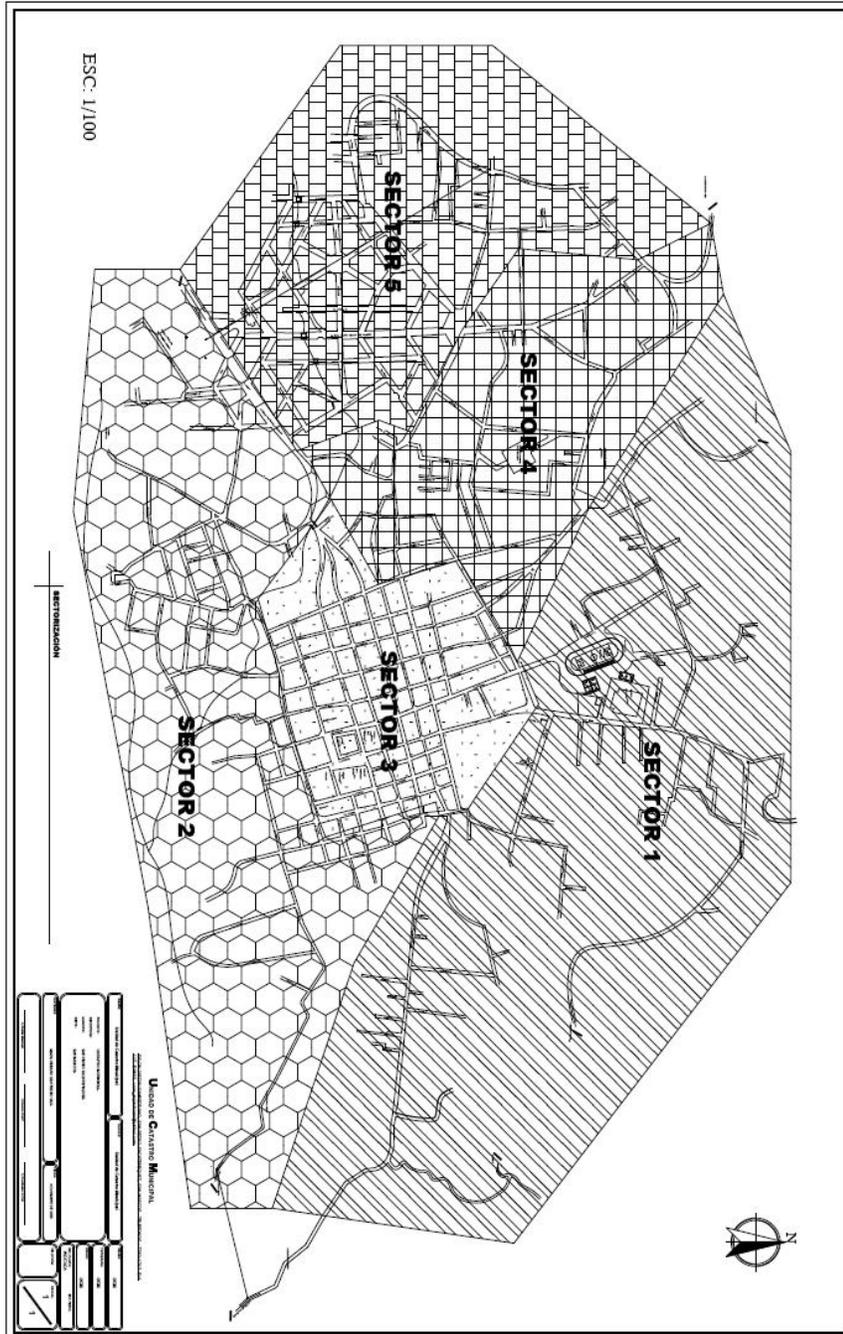


Continuación del apéndice 3.



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

Apéndice 4. Sectorización



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad.

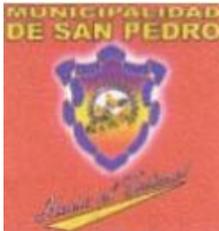
Apéndice 5. Tarifas del tren de aseo

Año	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Inflación	5,1 %	8,9 %	6,3 %	5,9 %	9,2 %	8,6 %	5,8 %	8,8 %	9,4 %	0,0 %	5,4 %	
Precio	Q. 5,00	Q. 5,26	Q. 5,72	Q. 6,08	Q. 6,44	Q. 7,03	Q. 7,64	Q. 8,08	Q. 8,79	Q. 9,62	Q. 9,62	Q. 10,14
	Q. 10,00	Q. 10,51	Q. 11,45	Q. 12,17	Q. 12,88	Q. 14,07	Q. 15,28	Q. 16,17	Q. 17,59	Q. 19,24	Q. 19,24	Q. 20,28
	Q. 15,00	Q. 15,77	Q. 17,17	Q. 18,25	Q. 19,33	Q. 21,10	Q. 22,92	Q. 24,25	Q. 26,38	Q. 28,86	Q. 28,86	Q. 30,42
	Q. 20,00	Q. 21,02	Q. 22,89	Q. 24,33	Q. 25,77	Q. 28,14	Q. 30,56	Q. 32,33	Q. 35,18	Q. 38,48	Q. 38,48	Q. 40,56
	Q. 25,00	Q. 26,28	Q. 28,61	Q. 30,42	Q. 32,21	Q. 35,17	Q. 38,20	Q. 40,41	Q. 43,97	Q. 48,10	Q. 48,10	Q. 50,70
	Q. 30,00	Q. 31,53	Q. 34,34	Q. 36,50	Q. 38,65	Q. 42,21	Q. 45,84	Q. 48,50	Q. 52,77	Q. 57,73	Q. 57,73	Q. 60,84
	Q. 35,00	Q. 36,79	Q. 40,06	Q. 42,58	Q. 45,09	Q. 49,24	Q. 53,48	Q. 56,58	Q. 61,56	Q. 67,35	Q. 67,35	Q. 70,98
	Q. 40,00	Q. 42,04	Q. 45,78	Q. 48,67	Q. 51,54	Q. 56,28	Q. 61,12	Q. 64,66	Q. 70,35	Q. 76,97	Q. 76,97	Q. 81,12
	Q. 44,64	Q. 46,92	Q. 51,09	Q. 54,31	Q. 57,52	Q. 62,81	Q. 68,21	Q. 72,16	Q. 78,51	Q. 85,90	Q. 85,90	Q. 90,53
	Q. 50,00	Q. 52,55	Q. 57,23	Q. 60,83	Q. 64,42	Q. 70,35	Q. 76,40	Q. 80,83	Q. 87,94	Q. 96,21	Q. 96,21	Q. 101,40
	Q. 60,00	Q. 63,06	Q. 68,67	Q. 73,00	Q. 77,31	Q. 84,42	Q. 91,68	Q. 96,99	Q. 105,53	Q. 115,45	Q. 115,45	Q. 121,68
	Q. 65,00	Q. 68,32	Q. 74,40	Q. 79,08	Q. 83,75	Q. 91,45	Q. 99,32	Q. 105,08	Q. 114,32	Q. 125,07	Q. 125,07	Q. 131,83
	Q. 75,00	Q. 78,83	Q. 85,84	Q. 91,25	Q. 96,63	Q. 105,52	Q. 114,60	Q. 121,24	Q. 131,91	Q. 144,31	Q. 144,31	Q. 152,11
	Q. 100,00	Q. 105,10	Q. 114,45	Q. 121,66	Q. 128,84	Q. 140,70	Q. 152,80	Q. 161,66	Q. 175,88	Q. 192,42	Q. 192,42	Q. 202,81
	Q. 125,00	Q. 131,38	Q. 143,07	Q. 152,08	Q. 161,05	Q. 175,87	Q. 191,00	Q. 202,07	Q. 219,86	Q. 240,52	Q. 240,52	Q. 253,51
	Q. 132,81	Q. 139,58	Q. 152,01	Q. 161,58	Q. 171,12	Q. 186,86	Q. 202,93	Q. 214,70	Q. 233,59	Q. 255,55	Q. 255,55	Q. 269,35
	Q. 160,00	Q. 168,16	Q. 183,13	Q. 194,66	Q. 206,15	Q. 225,11	Q. 244,47	Q. 258,65	Q. 281,41	Q. 307,87	Q. 307,87	Q. 324,49
	Q. 175,00	Q. 183,93	Q. 200,29	Q. 212,91	Q. 225,47	Q. 246,22	Q. 267,39	Q. 282,90	Q. 307,80	Q. 336,73	Q. 336,73	Q. 354,91
	Q. 200,00	Q. 210,20	Q. 228,91	Q. 243,33	Q. 257,69	Q. 281,39	Q. 305,59	Q. 323,32	Q. 351,77	Q. 384,83	Q. 384,83	Q. 405,62
	Q. 500,00	Q. 525,50	Q. 572,27	Q. 608,32	Q. 644,21	Q. 703,48	Q. 763,98	Q. 808,29	Q. 879,42	Q. 962,09	Q. 962,09	Q. 1.014,04

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Reglamento para la administración, operación y mantenimiento del servicio de recolección y disposición de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.



Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.
Departamento de San Marcos
Teléfonos: 77601213,77601017
Telefax, 77604380

El Infrascrito Secretario Municipal de la Ciudad de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos, CERTIFICA: Tener a la vista el libro de Actas de Sesiones Ordinarias y Extraordinarias del Concejo Municipal, en el que aparece el acta que copiada en lo conducente dice: ACTA NÚMERO: CERO SESENTA Y CINCO GUIÓN NOVENTA Y CINCO (065-95). Sesión Pública Ordinaria celebrada por la corporación Municipal de la Ciudad de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos, el día diez de Octubre de mil novecientos noventa y cinco, presidida por el Señor Alcalde Municipal, ciudadano Doroteo Guillermo Bautista Orozco, con asistencia del Señor Síndico 1° Municipal don Angel Francisco Orozco y Orozco, con asistencia de los siguientes Concejales: 1°. Señor Urbano Alejandro Ochoa Rabanales, 2°. Señor Vida Prudencio Fuentes Juárez, 3°. Lic. Filiberto Moisés Godínez Fuentes, 4°. Señor Antolín Moisés Vásquez Méndez, 5°. Profesor Guillermo Reyes Velásquez García, Tesorero Municipal, T.A.E. Humberto Augusto Orozco Velásquez y Secretario que certifica,

P.C. Artemio Saúl Bautista Orozco, siendo las dieciocho horas en el Salón de Honor Municipal se procedió de la siguiente manera: PRIMERO: OCTAVO: La Corporación Municipal de esta ciudad, CONSIDERANDO: Que la salud de los habitantes de la nación es un bien público.

Todas las personas é Instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento. CONSIDERANDO: Que las disposiciones legales relativas a la protección, promoción, recuperación, rehabilitación de la salud de los habitantes en general, así como las que se refieren al medio ambiente, son de orden público, por consiguiente, su aplicación es forzosa y su cumplimiento obligatorio. CONSIDERANDO: Que compete a la Corporación Municipal la emisión de ordenanzas y reglamentos del municipio, con el objeto de proteger la salud de sus habitantes, disponiendo lo relativo a la organización del servicio de limpieza, recolección, tratamiento y disposición de basuras y desechos sólidos, ya que con ello se mejorará el ingreso y la calidad de vida de la población, CONSIDERANDO: Que la participación de los vecinos es indispensable para hacer efectivo el programa de administración, operación y mantenimiento del servicio de recolección y disposición de desechos sólidos de esta Municipalidad, a efecto de que el mismo cumpla con sus fines y su financiamiento permita mejorarlo en el futuro. POR TANTO: Con base en los artículos: 95-253, inciso c) y 255 de la Constitución Política de la República de Guatemala; 37 inciso a), y e), 30-29-40, inciso a),b),e),h),k),m),s) del Código Municipal; 5-19-38 del Código de Salud, 14, incisos a) y d) de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, ACUERDA: Emitir el: **reglamento para la administración, operación y mantenimiento del servicio de recolección y disposición de desechos sólidos de la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos**, en la forma siguiente:

I. DISPOSICIONES GENERALES:

Artículo 1°. La Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, es propietaria de los bienes presentes y futuros de todos los activos que deben figurar en el inventario Municipal.

Artículo 2°. La recolección de basura es un servicio de carácter público, que tiene como propósito la recolección ordenada y sanitaria de desechos sólidos y el transporte hacia los lugares destinados específicamente por la Municipalidad para la disposición final, de conformidad con las normas establecidas por el Código de Salud y demás leyes relacionadas.

Artículo 3°. La Municipalidad administrará, operará y mantendrá, el servicio de acuerdo al presente reglamento, los usuarios, funcionarios y trabajadores deben observarlo y cumplirlo correctamente. El Alcalde velará porque el servicio se preste eficientemente, sin preferencias de ninguna naturaleza y que la recaudación de las tasas derivadas del mismo se haga debidamente.

Artículo 4°. No se concederá cualquiera de los derechos contemplados en este reglamento a título gratuito, las instituciones de servicios público y entidades del estado, que haga uso del servicio, pagarán las mismas tasas que los particulares y estarán sujetas a las normas establecidas en el presente instrumento legal.

II. DEL SERVICIO EN GENERAL:

Artículo 5°. La Municipalidad prestará el servicio público de recolección y transporte de desechos sólidos, sin perjuicio de los servicios privados que para este fin puedan establecerse, realizará el barrido de calles, plazas y mercado municipal, recolectará y transportará los desechos provenientes de estas áreas, según sus propios recursos.

Artículo 6°. La basura y desperdicios que entreguen las personas que hagan uso de los servicios, deberán hacerlo en recipientes cerrados debiendo colocarlos en lugares visibles, en la parte exterior del inmueble para su fácil recolección y de acuerdo con el horario que se fije en el sector, lo cual hará del conocimiento del usuario.

Artículo 7°. La Municipalidad de acuerdo a sus posibilidades, colocará depósitos en los parques, plazas, mercados, así como en otros lugares que considere conveniente, para el uso exclusivo de peatones o transeúntes.

Artículo 8°. La Municipalidad establecerá un depósito o sitio de disposición de basura y desperdicios, de conformidad con las normas que al respecto fije el Código de Salud y demás leyes relacionadas y la accesoria que proporcione el INFOM. Todos los desechos provenientes de la recolección ya sea esta Municipalidad o Privada, deberá ser transportada a este depósito, salvo otra disposición de la Municipalidad.

Artículo 9°. La recolección de desechos provenientes de las construcciones deberá realizarla diariamente el propietario o responsable de la construcción.

III. DEL PERSONAL ENCARGADO DEL SERVICIO:

Artículo 10°. Son atribuciones del Tesorero Municipal, además de las contenidas en el Código Municipal, las siguientes:

- Ejecutar el presupuesto específico de ingresos y egresos el servicio, velando por la correcta aplicación y oportuna recaudación de las tasas establecidas.
- Llevar el registro analítico del activo fijo para uso del servicio.

- Recibir por parte del administrador o encargado del servicio el monto de las tasas recaudadas mensualmente de conformidad con los talonarios emitidos para el efecto.
- Informar mensualmente al Alcalde sobre la situación financiera del servicio, dando a conocer si las tasas cubren los costos de funcionamiento del servicio, en caso contrario gestionar la aplicación de los correctivos correspondientes.

Artículo 11°. El administrador o Encargado del servicio velará, juntamente con el Alcalde, que la prestación del servicio se haga en forma eficiente y por la correcta aplicación del presente reglamento, sus atribuciones son:

- Recibir solicitudes del servicio, analizar la factibilidad de concederlo y autorizarlo de acuerdo a la categoría correspondiente y a las rutas determinadas para el mismo.
- Efectuar la apertura y operación de tarjetas de cuenta corriente por cada suscriptor.
- Efectuar, controlar y dirigir el cobro de las tasas por servicio.
- Determinar las rutas y paradas del servicio de conformidad con el número de suscriptores.
- Organizar el horario de labores del personal.
- Rendir informe mensual a la Tesorería Municipal sobre el gasto de combustible, mantenimiento de vehículos y otros implementos utilizados en el servicio.
- Dirigir los trabajos del servicio a su cargo, velando porque los trabajadores cumplan con sus obligaciones.
- Informar al Alcalde de cualquier anomalía que observe en el funcionamiento del servicio o irregularidad en la aplicación del reglamento.

- Procurar su capacitación y la del personal a su cargo para prestar con más eficiencia el servicio.
- Participar directamente en las campañas de promoción que efectúe la Municipalidad, a organizarlas por propia iniciativa con la autorización correspondiente.

Artículo 12°. Son atribuciones del cobrador, las siguientes:

- Efectuar el cobro de la tasa por prestación del servicio, por delegación de la Tesorería Municipal, extendiendo para el efecto el correspondiente comprobante de pago debidamente autorizado y entregar los fondos y documentos al encargado del servicio.
- Enviar mensualmente al administrador o encargado una lista de morosos, especificando: nombre y dirección del usuario, monto que adeuda y periodo en mora.
- Acatar las órdenes del administrador o encargado y colaborar en la búsqueda de soluciones a los problemas que surjan en la prestación del servicio.

Artículo 13°. Son atribuciones del Conductor, las siguientes.

- Conducir el vehículo que se le encomiende y velar por su buena conservación y funcionamiento para evitar la interrupción el servicio, siendo responsable de su deterioro por descuido o negligencia.
- Acatar las disposiciones de la administración en cuanto a los lugares de paradas y rutas a correr diariamente de conformidad con el calendario que se elabore para el efecto.

- Rendir un informe diario al administrador o encargado sobre los kilómetros recorridos, el combustible consumido, lubricantes y accesorios, así como los desperfectos que hubiere sufrido el vehículo en su recorrido.
- Informar al administrador o encargado de la anomalía relativas al servicio que observe en su recorrido diario.

Artículo 14°. Son atribuciones de los ayudantes recolectores de basura y desperdicios:

- Trasladar la basura o desperdicios del lugar donde sean colocados por los usuarios, al vehículo que utilice el servicio.
- Atender correctamente y con cortesía a los usuarios.
- Cumplir con las demás tareas que le sean encomendadas por el administrador o encargado, relacionadas con el servicio.

En el relleno Sanitario:

Artículo 15°. Son atribuciones del operador de maquinaria (tractor).

- Acatar las órdenes del administrador o encargado en los trabajos de relleno sanitario municipal.
- Operar la maquinaria y velar por su conservación y funcionamiento para evitar la interrupción de los trabajos en el depósito de desechos.
- Informar diariamente al administrador o encargado sobre consumo de combustible y lubricantes así como de los accesorios que necesite la maquinaria.

Artículo 16°. Son atribuciones de los ayudantes de los operadores de la maquinaria (tractor):

- Trabajar en coordinación con el operador para la separación y distribución de los desechos en los trabajos que realicen en el relleno sanitario.
- Cumplir con otras tareas que le sean encomendadas por el Administrador, relacionados con el servicio.

IV. ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS:

Artículo: 17°. Anualmente se calcularán los ingresos y egresos del servicio, los que se incluirán en el presupuesto municipal aprobado con las formalidades que estable el Código Municipal.

Artículo 18°. Los fondos que se generen por la prestación del servicio serán destinados a cubrir los gastos de administración operación y mantenimiento del servicio, así como demás compromisos que ocasione la prestación del mismo.

Artículo 19°. Por el servicio municipal de recolección, transporte y disposición de basura y desperdicios se cobrara una tasa mensual de acuerdo al uso que se le de al inmueble y a la frecuencia del servicio de la siguiente manera:

- a) Por cada vivienda individual, servicio 2 veces/semana.....Q. 5,00
- b) Por cada institución pública, servicio 2 veces/semana.....Q. 15,00
- c) Por cada Colegio Privado, servicio 2 veces/semana.....Q. 15,00
- d) Por los comercios, servicios 3 veces/semana.....Q. 15,00
- e) Por cada industria, servicio 3 veces/semana.....Q. 20,00

Artículo 20°. La municipalidad evaluará anualmente, o antes si fuere necesario, si las tasas y el Reglamento se adecuan a las necesidades del servicio para efectuar las modificaciones pertinentes en el momento oportuno, para lo cual se puede solicitar la asesoría técnica del INFOM.

Artículo 21º. La recepción de las tasas por el servicio estará a cargo del cobrador quién extenderá el comprobante de pago en talonarios autorizados para el efecto. Este pago se hará en los primeros cinco días hábiles de cada mes.

V. PROHIBICIONES Y SANCIONES:

Artículo 22º. Para la prestación regular del servicio, la conservación del medio ambiente y preservación de la salud del vecindario, se prohíbe:

- El almacenamiento de desechos en la vía pública o en lugares no autorizados para tal fin.
- Almacenar desechos de construcción en la vía pública, sin perjuicio de lo que especifica el Reglamento de construcción en materia de almacenamiento de materiales de construcción.
- Arrojar basura y otros desperdicios en calles, plazas o cualquier otro sitio que no sea expresamente destinado para este fin.
- Ensuciar calles, plazas o centros públicos, satisfaciendo necesidades corporales que afecten la limpieza y ornato de la ciudad.

Artículo 23º. Las personas que estén debidamente autorizadas para vender en la vía pública, deberán evacuar diariamente sus propios desechos en el servicio municipal o privado de recolección, quienes contravengan ésta disposición depositando sus desechos en lugares no autorizados, serán sancionados con la suspensión en la autorización rescisión de contrato y la multa que determine la municipalidad de acuerdo a la Ley.

VI. DE LA RECOLECCIÓN PRIVADA:

Artículo 24°. La municipalidad regulará todo lo relativo al servicio privado de recolección y transporte de desechos en el municipio. El Consejo otorgará la concesión del servicio a las personas naturales o jurídicas que lo soliciten y que a su juicio llenen los requisitos para operar en el área sanitaria del municipio.

Artículo 25°. La recolección de basura y desperdicios en domicilios comercios, industrias, etc. Solo podrán realizarla personas o empresas debidamente autorizadas por la municipalidad y con vehículos que llenen los requisitos y especificaciones contempladas en el Contrato de concesión y únicamente en el área que se les hubiere asignado.

Artículo 26°. La concesión del servicio de recolección y transporte de desechos se hará de conformidad a lo estipulado en los artículos 32 a135 del Decreto número 58-88 Código Municipal.

Artículo 27°. La municipalidad establece las siguientes tasas derivadas del contrato y que percibirán del concesionario así.

Derecho de concesión por un año.....	Q. 2 000,00
Renovación de concesión.....	Q. 2 000,00

Artículo 28°. Las empresas comerciales e industriales que cuenten con su propio servicio de transporte de desechos deberán contar con la autorización de la Municipalidad y están obligados a trasladar los desechos al sitio establecido como botadero municipal o relleno sanitario u otro que señale la Municipalidad y pagarán la cantidad de Q. 40,00 al mes.

VI. DISPOSICIONES FINALES:

Artículo 29°. El Juez de Asuntos Municipales o el Alcalde en función de Juez podrá ordenar la suspensión del servicio, aplicar sanciones e imponer multas en base a lo que para el efecto establece el ordenamiento jurídico, de acuerdo a la gravedad de la falta.

Artículo 30°. La municipalidad podrá contratar los servicios de transporte particular, para la prestación del servicio de recolección cuando por circunstancias especiales no le sea posible hacerlo con vehículo propios. En este caso los servicios contratados, deberán cumplir con los requisitos que exija la Municipalidad y quedarán bajo la vigilancia y supervisión del Administrado o Encargado del servicio.

Artículo 31°. Los casos no previstos en el presente reglamento serán resueltos por el Alcalde Municipal de conformidad con el Código Municipal, pudiendo en cualquier caso solicitar la Asesoría del INFOM.

Artículo 32°. Este reglamento entrará en vigor ocho (8) días después de su publicación en el Diario oficial. Dado en el Salón de Sesiones de la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos, a diez días del mes de octubre de mil novecientos noventa y cinco.

NOVENO: Se finaliza la sesión siendo las veintidós horas, en el mismo lugar y fecha. Leído lo escrito se finaliza y en constancia se firma. Aparecen siete firmas ilegibles. Sellos correspondientes.

Vo. Bo. Dr. Marco Antonio Arriola
Alcalde Municipal

The image shows a handwritten signature in black ink over a circular official seal. The seal is purple and contains the text "MUNICIPALIDAD MUNICIPAL" at the top, "SAN PEDRO SACATEPEQUEZ" in the middle, and "DEPTO. SAN MARCOS GUATEMALA, C.A." at the bottom. The seal also features a central emblem with a figure and a wreath.

Fuente: DOMÍNGUEZ, Selvin, Plan de operación para incineradores de la planta de residuos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez., del departamento de San Marcos. p. 97.

Anexo 2. Plan de adiestramiento a recolectores

1. Dos recolectores deberán cargar los contenedores de desechos demasiado pesados.



2. El trabajo en equipo de los recolectores contribuye a la recolección de desechos segura.



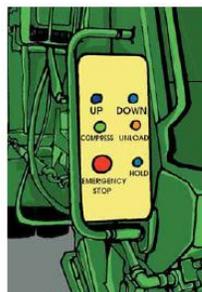
3. Manejar los materiales puntiagudos con precaución. Utilizar guantes y lentes protectores.



4. Los botones de emergencia de los camiones deben ser claramente visibles.



5. Todos los botones deben tener etiquetas claras de su operación.



6. Una cabina cómoda incrementa la comunicación del equipo.



7. Los recolectores deben ayudar al conductor a parquear el camión de forma segura.



Fuente: KAWAKAMI, Tsuyoshi, work adjustment for recycling and managing waste. Tailandia, 2010. p. 77.

Anexo 3. Plan de seguridad e higiene en rutas de recolección

1. Caminar de forma segura de un área de recolección de desechos a otra.
No correr.



2. Caminar cuidadosamente cuando trabaje en una calle concurrida.



3. Limpiar el camión después del trabajo.



4. Trabajar de forma lenta y cuidadosa en la lluvia.



5. Manejar con cuidado en la oscuridad.



6. No tocar los recipientes de desechos desconocidos. Avisar a los demás recolectores de su equipo que se mantengan alejados.



7. No tocar los recipientes que huelen mal y que tienen moscas.



- Investigar las sustancias nocivas encontradas en áreas de recolección de desechos.



- Utilizar guantes y zapatos seguros. El uniforme de trabajo debe ser de un color llamativo para evitar accidentes de tránsito.



- Verificar que los zapatos y otro equipo de protección se encuentren en buen estado.



11. Mantener el equipo de protección en condiciones óptimas. Cambiarlo tan pronto sea posible.



12. Reportar dolores y enfermedades al supervisor tan pronto como se sientan molestias.



Fuente: KAWAKAMI, Tsuyoshi, work adjustment for recycling and managing waste. Tailandia, 2010. p. 77.

Anexo 4. Plan de información pública del nuevo sistema de recolección

1. Seleccionar un lugar seguro y conveniente para almacenar los desechos.



2. Buenos recipientes de almacenaje mantienen limpia la comunidad.



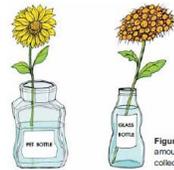
3. Ajustar la altura de los recipientes de desechos al nivel aproximado de la cintura de los recolectores.



4. Si los desechos son demasiados, dividirlos en dos bolsas, esto ayudará a los recolectores.



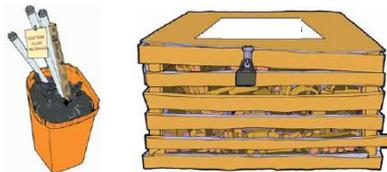
5. Reusar las botellas de vidrio y plástico.



6. Separar los desechos para reciclaje.



7. Separar materiales puntiagudos como vidrio y metal, coloque una etiqueta de advertencia para los recolectores.



8. Los desechos médicos y hospitalarios no deben ser colocados en área de recolección de desechos de la comunidad. Deben ser recolectados a través de un sistema independiente de desechos médicos.



9. La comunidad puede mantener el área de recolección higiénica y segura.



10. Los carros privados deben estar parqueados en su garaje, no deben estar parqueados en la calle.



Fuente: KAWAKAMI, Tsuyoshi, work adjustment for recycling and managing waste. Tailandia, 2010. p. 77.