



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos
Hidráulicos, -ERIS-

**MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA
URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PÍNULA**

**INGENIERO ROMMEL JOSUÉ RAUDALES OSORTO
INGENIERO MARVIN OVIDIO GRÁDIZ CÁCERES**

Asesorado por el Dr. Ing. ADÁN POCASANGRE COLLAZOS

Guatemala, junio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

TESIS

**MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA
URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PÍNULA**

PRESENTADO AL COMITÉ DE LA MAESTRÍA EN INGENIERÍA SANITARÍA

POR

**INGENIERO ROMMEL JOSUE RAUDALES OSORTO
INGENIERO MARVIN OVIDIO GRÁDIZ CACERES**

ASESORADO POR

Dr. Ing. ADÁN POCASANGRE COLLAZOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO (MAGISTER SCIENTIFICAE) EN INGENIERÍA SANITARIA

GUATEMALA, JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



HONORABLE 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	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**DIRECTOR DE LA ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y
RECURSOS HIDRÁULICOS**

M.Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO

EXAMINADOR	M.Sc. Ing. Pedro Cipriano Saravia Celis
EXAMINADOR	M.Sc. Ing. Joram Matías Gil
EXAMINADOR	Dr. Ing. Adán Pocasangre Collazos

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:

MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PÍNULA

Tema que nos fuera asignado por la Comisión de Admisión y Otorgamiento de Grado de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos ERIS, en el mes de agosto de 2011.

Ing. Rommel Josue Raudales Osorto

Ing. Marvin Ovidio Grádiz Caceres

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios
Todopoderoso** Que me ha dado la sabiduría, la dedicación y la fortaleza para estar lejos de mi familia, para perseverar aún en los momentos difíciles.
- Mis padres** Santos Raudales y Domitila Osorto, por apoyar cada uno de mis sueños, por comprenderme y brindarme su amor incondicional.
- Mi esposa** Jansy por su amor, por esperar pacientemente a que dé este paso, por comprenderme y estar a mi lado en todo momento. Te amo mi vida.
- Mis hijos** Jesua y Katherin por ser una bendición en mi vida, por llenarme de felicidad con sus locuras.
- Mis hermanas** Karla y Wendy, a mis sobrinos Ara y José David, y en especial a la “Peluda” y “Yeye”, por estar siempre pendientes de mí y darme su cariño.
- A ese pedacito de mi corazón que espero con paciencia a que nazca.
- Mis amigos** Por cada momento compartido, en especial a Alicia Moncada por apoyarme 24/7, Te quiero Licha.

Rommel Josué Raudales Osorto

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme brindado la oportunidad de estudiar esta maestría y a la vez por permitir alcanzar este nuevo logro profesional en mi vida.
- Mi esposa** Por su apoyo, paciencia, comprensión pero sobre todo por su amor durante todo este tiempo de estudio.
- Mis hijos** Avril, Mónica y David por su amor, paciencia y por ser esa fuerza extra para alcanzar esta meta.
- Mis padres** Ovidio Grádiz y Ondina Cáceres, por apoyar mi espíritu de superación y por el amor brindado a lo largo de mi vida.
- Mis hermana** Claudia, por su apoyo y cariño brindado.
- Mis cuñados** Dunia, Jesús, Bertha, Doris y Renan, por su ayuda, apoyo y por estar siempre pendientes de mí y de mi familia.

Marvin Ovidio Grádiz Cáceres

AGRADECIMIENTOS A:

Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD)	Por habernos brindado la oportunidad de cursar nuestros estudios de maestría.
Secretaria de Salud de Honduras y al Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados	Por apoyar el desarrollo de nuestro crecimiento como profesionales.
Catedráticos de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos	Por todos los conocimientos brindados que sabemos que serán de gran utilidad en nuestra vida profesional.
Nuestro asesor Dr. Ing. Adan Pocasangre	Por orientarnos durante cada una de las etapas de nuestro estudio, por su tiempo y por compartir de su experiencia y conocimientos.
La Municipalidad de Santa Catarina Pínula	Por habernos brindado toda la colaboración y facilidades para la realización de nuestro estudio.
Señor Moisés Dubón	Por toda la colaboración prestada.

**Todos nuestros
compañeros de la ERIS**

Por su apoyo y hospitalidad.

***Rommel Raudales
Marvin Grádiz***

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
TABLAS	X
GLOSARIO	XIII
INTRODUCCIÓN	XVIII
ASPECTOS GENERALES	XIX
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XIX
OBJETIVOS	XIX
HIPÓTESIS	XX
JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIARIOS	XX
VIABILIDAD	XXI
ALCANCE	XXII
LIMITACIONES.....	XXII
1. ANTECEDENTES.....	1
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PÍNULA.....	4
2.1. Ubicación	4
2.2. División administrativa	5
2.3. Demografía	7
2.4. Topografía natural.....	7
2.5. Actividad comercial	7

3.	MARCO TEÓRICO	9
3.1.	Clasificación de los residuos sólidos por su origen.....	9
3.2.	Impacto de los residuos sólidos en la salud pública	11
3.3.	Impacto de los residuos sólidos en el medio ambiente.....	13
3.1.1.	Contaminación de los recursos hídricos	14
3.1.2.	Contaminación del suelo.....	15
3.1.3.	Contaminación atmosférica	15
3.1.4.	Contaminación del recurso paisajístico	16
3.4.	Gestión de residuos sólidos.....	16
3.4.1.	Gestión integral de residuos sólidos	17
3.4.2.	Objetivos de la gestión integral de residuos sólidos.....	17
3.4.3.	Generación en la fuente	19
3.4.4.	Almacenamiento	20
3.4.5.	Recolección y transporte	21
3.4.6.	Tratamiento.....	23
3.4.6.1.	Incineración.....	23
3.4.6.2.	Compostaje.....	24
3.4.6.3.	Reciclaje	25
3.4.6.4.	Transformación de residuos sólidos.....	26
3.4.7.	Disposición final.....	27
3.4.7.1.	Relleno sanitario	28
3.4.7.2.	Comparación de métodos de disposición final de residuos sólidos.....	29
3.5.	Caracterización de los residuos sólidos.....	30
3.5.1.	Metodología	30
3.5.2.	Determinación del tamaño de la muestra	31

3.5.3.	Técnicas del muestreo.....	32
3.5.4.	Análisis físicos de los residuos sólidos	33
3.5.4.1.	Producción per cápita de los residuos sólidos (PPC)	33
3.5.4.2.	Prueba de densidad.....	34
3.5.4.3.	Determinación de la composición física de los residuos sólidos	34
3.5.4.4.	Determinación del potencial de Hidrogeno (pH) de la muestra.....	36
3.5.4.5.	Determinación del porcentaje de humedad.....	36
3.5.4.6.	Determinación del porcentaje de cenizas.....	37
3.5.5.	Determinación de la carga contaminante de los residuos sólidos.....	38
4.	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	41
4.1.	Generalidades	41
4.2.	Aspectos vinculados con la salud de las personas.....	41
4.2.1.	Morbilidad en el municipio de Santa Catarina Pínula	41
4.3.	Aspectos vinculados al medio ambiente.....	43
4.3.1.	Problemática generada en el medio ambiente por la mala disposición de los residuos sólidos	43
4.4.	Manejo actual de los residuos sólidos	46
4.4.1.	Manejo de los residuos sólidos a nivel municipal.....	47
4.4.1.1.	Almacenamiento de residuos sólidos en el hogar.....	48
4.4.1.2.	Recolección de residuos sólidos.....	49

4.4.1.3.	Recolección y transporte municipal ...	50
4.4.1.4.	Barrido de calles y áreas públicas	52
4.4.2.	Sistema de recolección privada	53
4.4.3.	Frecuencias de recolección	54
4.4.4.	Coberturas del manejo de los desechos sólidos en Santa Catarina Pínula.....	54
4.4.5.	Disposición final.....	56
4.4.6.	Manejo de los residuos sólidos hospitalarios	56
4.4.7.	Rastro y mercado municipal	58
4.5.	Reciclaje	58
5.	DISEÑO DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	59
5.1.	Delimitación del área de estudio.....	59
5.2.	Premuestreo	59
5.3.	Determinación del tamaño real de la muestra de la caracterización.....	61
5.4.	Caracterización de los residuos sólidos en Santa Catarina Pínula	64
5.4.1.	Socialización del estudio.....	64
5.4.2.	Equipo utilizado para caracterización de los residuos	65
5.4.3.	Período de muestreo	66
5.4.4.	Lugar seleccionado para realizar la caracterización.....	66
5.4.5.	Descripción de los trabajos realizados durante el período de muestreo.....	66
5.4.5.1.	Primer día	66
5.4.5.2.	Segundo día	68

5.4.5.3.	Tercer día	69
5.4.5.4.	Cuarto día	70
5.4.5.5.	Quinto día	71
5.4.6.	Disposición final de los residuos utilizados durante la caracterización	71
5.5.	Caracterización de los residuos sólidos institucionales	71
5.6.	Caracterización de los residuos sólidos comerciales.....	72
6.	RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN	73
6.1.	Premuestreo	73
6.2.	Residuos sólidos domiciliars.....	75
6.2.1.	Producción percapita (PPC)	75
6.2.2.	Composición de los residuos sólidos domiciliars ...	88
6.2.3.	Densidad, potencial de hidrogeno, porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas	90
6.2.4.	Relación carbono/nitrógeno y análisis químico de la materia orgánica	90
6.3.	Composición residuos sólidos institucionales.....	92
6.4.	Composición residuos sólidos comerciales	93
6.5.	Carga contaminante de los residuos sólidos	94
6.6.	Barrido de calles	94
6.7.	Resultados de la encuesta.....	95
7.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	96
7.1.	Premuestreo	96
7.1.1.	Composición física y análisis de la materia orgánica	96
7.2.	Producción percapita (PPC)	97
7.2.1.	Variación de la PPC durante los días de estudio.....	99

7.3.	Composición de los residuos sólidos	100
7.3.1.	Composición de los residuos sólidos domiciliares	100
7.3.2.	Composición de los residuos sólidos institucionales	103
7.3.3.	Composición de los residuos sólidos comerciales.....	104
7.3.4.	Consolidado de las características de los residuos sólidos según su origen.....	106
7.4.	Análisis de los parámetros físicos y químicos de los residuos sólidos domiciliars.....	108
7.4.1.	Densidad, porcentaje de humedad, porcentaje de cenizas y potencial de hidrógeno.....	108
7.4.2.	Análisis químicos	110
7.5.	Análisis de la carga contaminante generada por los residuos sólidos	112
7.6.	Diagnóstico de la ruta crítica de la gestión integral de residuos sólidos	113
7.6.1.	Generación en la fuente	113
7.6.1.1.	Generación de residuos sólidos domiciliares	113
7.6.1.2.	Barrido de calles	114
7.6.2.	Separación de los residuos sólidos	114
7.6.3.	Almacenamiento de los residuos sólidos	115
7.6.4.	Recolección y transporte de los residuos sólidos ..	117
7.6.4.1.	Recolección	117

	7.6.4.1.1.	Tipo de recolección utilizada en Santa Catarina Pínula	117
	7.6.4.1.2.	Problemática identificada por el uso de este tipo de recolección	118
	7.6.4.1.3.	Trazado de rutas de recolección	120
	7.6.4.1.4.	Frecuencia y horarios de recolección	121
	7.6.4.2.	Transporte	121
	7.6.4.2.1.	Transporte municipal	122
	7.6.4.2.2.	Transporte privado	123
7.6.5.		Disposición final	123
	7.6.5.1.	Disposición final de operarios privados	124
	7.6.5.2.	Disposición final de operario municipal	124
	7.6.5.3.	Proyección generación de residuos sólidos	124
7.7.		Marco legal	125
7.8.		Resultados de la encuesta	126
	7.8.1.	Número de personas por vivienda	126
	7.8.2.	Formas de disposición	126
	7.8.3.	Frecuencia de recolección	127

7.8.4.	Costo promedio del servicio de recolección.....	127
7.8.5.	Disposición para asumir incrementos en la tarifa ..	128
8.	MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PROPUESTO PARA EL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PÍNULA.....	130
8.1.	Generación	132
8.2.	Almacenamiento	134
8.3.	Recolección y transporte	135
8.3.1.	Recolección	135
8.3.2.	Transporte	135
8.4.	Centro de transferencia	136
8.5.	Tratamiento: reciclaje	137
8.6.	Disposición final.....	141
8.7.	Sistema tarifario.....	145
8.8.	Aspectos externos relacionados directamente al manejo de los residuos sólidos	145
8.8.1.	Aspectos legales.....	145
8.8.2.	Aspectos institucionales.....	146
8.8.3.	Educación sanitaria	147
	CONCLUSIONES	149
	RECOMENDACIONES	153
	BIBLIOGRAFÍA	157
	APÉNDICE.....	161
	ANEXOS	171

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Basurero clandestino, Santa Catarina Pínula.....	XVIII
2.	Vista Aérea cabecera del municipio de Santa Catarina Pínula	4
3.	División administrativa municipio de Santa Catarina Pínula.....	6
4.	Etapas del manejo integral de residuos sólidos	18
5.	Metodología empleada para caracterización de residuos sólidos	31
6.	Basurero Clandestino zona 2, Santa Catarina Pínula	46
7.	Organigrama de la Dirección de Servicios Públicos.....	47
8.	Recipientes plásticos utilizados para el almacenaje.....	49
9.	Camiones municipales con capacidad para 2 y 12 toneladas respectivamente	50
10.	Viviendas cubiertas por el servicio de recolección domiciliar	51
11.	Ingresos anuales por cobro de tarifa	51
12.	Barrido de calles y disposición en centro de transferencia.....	52
13.	Camión de recolección privada empresa Artradesgua	54
14.	Coberturas de recolección de residuos sólidos	55
15.	Acumulación de los residuos sólidos hospitalarios.....	57
16.	Actividades de pesaje premuestreo.....	61
17.	Esquema de actividades caracterización	64
18.	Socialización del estudio con las familias seleccionadas	65
19.	Bolsas codificadas según la vivienda de las cuales proceden	67
20.	Descarga y pesaje de bolsas	69
21.	Trabajos realizados en la caracterización	70
22.	Cuarteo y cclasificación de los residuos domiciliare por categorías ..	70

23.	Composición de los residuos sólidos obtenida durante el premuestreo	97
24.	Variación de la PPC durante el estudio de caracterización	100
25.	Gráfico de composición promedio de los residuos sólidos domiciliarios en Santa Catarina Pínula	102
26.	Composición de los residuos sólidos institucionales en Santa Catarina Pínula.....	104
27.	Composición de los residuos sólidos comerciales del casco urbano de Santa Catarina Pínula	105
28.	Tipo de recolección empleada en el municipio.....	118
29.	Animales rompiendo las bolsas y segregador en tarea de reciclaje	118
30.	Sitios inadecuados de disposición de residuos generados	119
31.	Puntos utilizados como botaderos clandestinos, aldea El Carmen y zona 2 respectivamente	120
32.	Gráfico de los porcentajes de disposición de residuos sólidos.....	126
33.	Frecuencia de recolección de residuos sólidos.....	127
34.	Gráfico de tarifas por servicio de recolección de residuos sólidos	128
35.	Gráfico de la disponibilidad para asumir incrementos tarifarios por mejoras en el manejo de los residuos sólidos	128
36.	Esquema de modelo de gestión integral de desechos sólidos	131
37.	Esquema del centro de transferencia.....	137
38.	Diagrama de flujo del proceso de reciclaje.....	139

TABLAS

I.	Resumen de comercios por localidad.	8
II.	Fuentes de residuos sólidos en la comunidad.....	10
III.	Enfermedades transmitidas por vectores relacionados con residuos sólidos.....	12
IV.	Características de una adecuada gestión de residuos sólidos	19
V.	Calidad promedio del abono (compost) de desechos orgánicos.	24
VI.	Cuadro comparativo de los diferentes métodos de disposición final de los residuos sólidos	30
VII.	Porcentajes de los compuestos de los residuos sólidos	38
VIII.	Pesos atómicos de los elementos presentes en los residuos sólidos	40
IX.	Resumen de morbilidad durante el 2011.....	42
X.	Resumen de basureros clandestinos ubicados en el municipio de Santa Catarina Pínula	44
XI.	Barrido de calles y parques	53
XII.	Cobertura de recolección de los residuos sólidos.	55
XIII.	Generación de residuos sólidos hospitalarios.	57
XIV.	Precios por reciclaje de productos	58
XV.	Número de viviendas para el muestreo en base al riesgo α	60
XVI.	Distribución de viviendas por localidad	62
XVII.	Distribución de viviendas por localidad según muestra	63
XVIII.	Resultados caracterización muestreo	73
XIX.	Consolidado de resultados obtenidos durante la aplicación de la encuesta del muestreo	74
XX.	Resultados diarios de la PPC por vivienda	76

XXI.	Resultados de la producción de residuos sólidos por persona por día (PPC)	87
XXII.	Composición promedio de los residuos sólidos de origen domiciliario en el municipio de Santa Catarina Pínula	88
XXIII.	Composición de los residuos sólidos durante los diferentes días de caracterización	89
XXIV.	Resultados de densidad, pH, porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas	90
XXV.	Relación carbono/nitrógeno y análisis químico de la materia orgánica	91
XXVI.	Composición de los residuos sólidos de origen institucional.....	92
XXVII.	Densidad de los residuos sólidos de origen institucional	92
XXVIII.	Composición de los residuos sólidos de origen comercial	93
XXIX.	Densidad de los residuos sólidos de origen comercial.....	93
XXX.	Carga contaminante según el origen de los residuos sólidos	94
XXXI.	Determinación de la densidad de los residuos sólidos proveniente del barrido de calles	94
XXXII.	Resultados encuesta sobre manejo de los residuos sólidos	95
XXXIII.	Valores de PPC para diferentes ciudades	98
XXXIV.	Variación de la PPC durante el estudio de caracterización.....	99
XXXV.	Comparación de la composición de los residuos sólidos domiciliarios urbanos de Santa Catarina Pínula y otras ciudades de la región	101
XXXVI.	Comparación residuos sólidos institucionales.....	103
XXXVII.	Composición residuos sólidos comerciales.....	105
XXXVIII.	Composición de los residuos sólidos según su origen	106
XXXIX.	Densidades de los residuos sólidos de Santa Catarina Pínula según su origen.....	107
XL.	Análisis físicos residuos sólidos domiciliarios	108

XLI.	Valores recomendados para la elaboración de compost.....	111
XLII.	Comparación de la carga contaminante de los diferentes tipos de residuos sólidos según su origen.....	112
XLIII.	Generación de residuos sólidos en Santa Catarina Pínula.....	113
XLIV.	Generación diaria por barrido de calles	114
XLV.	Proyección de la generación de residuos sólidos en Santa Catarina Pínula hasta el 2020	125
XLVI.	Categorías de residuos sólidos que puede ser incluidas dentro de un programa de reducción en la fuente.....	132
XLVII.	Propuesta de reducción en la fuente, con un 5,5 % incremental por año	133
XLVIII.	Reducción diaria de la disposición final de residuos sólidos domiciliarios, a través del reciclaje y reducción en la fuente.....	140
XLIX.	Composición química de la reducción de la carga contaminante mediante el tratamiento del reciclaje	141
L.	Reducción de la carga contaminante mediante el tratamiento del reciclaje	141
LI.	Consolidado de acciones a implementar en el modelo de gestión integral de los residuos sólidos.....	143
LII.	Reducción de carga contaminante a través del reciclaje.....	149
LIII.	Composición de los residuos sólidos del municipio de Santa Catarina Pínula	150
LIV.	Densidades de los residuos sólidos de Santa Catarina Pínula.....	151
LV.	Comercios participantes en el estudio	164
LVI.	Operarios privados ARTRADESGUA	178

GLOSARIO

Aseo urbano	Es el conjunto de procesos y actividades que comprenden el manejo de los desechos sólidos en las comunidades.
Basurero	Acumulación inapropiada de residuos en vías y espacios públicos, así como en áreas urbanas, rurales o baldías que generen riesgos sanitarios o ambientales. Carecen de autorización sanitaria.
Botadero	Lugar donde se arrojan los residuos a cielo abierto en forma indiscriminada sin recibir ningún tratamiento sanitario.
Biodegradable	Una sustancia o material que puede ser descompuesto por microorganismos.
Centro de transferencia	Instalación donde se hace el traslado de los residuos transferencia sólidos del vehículo recolector a otro con mayor capacidad de carga que lleva los residuos sólidos al sitio de disposición final.
CEPIS	Es el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), es la Unidad de Saneamiento Básico del Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental (SDE) de la Organización

Panamericana de la Salud (OPS), Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Fue creado en 1968 y desde entonces funciona en Lima, Perú.

Compostaje Descomposición controlada de los residuos orgánicos sólidos en condiciones aeróbicas y anaeróbicas. Puede ser en pilas, pilas estáticas o contenedores cerrados.

Competencia abierta En la competencia abierta los domicilios y establecimientos privados contratan directamente a las empresas privadas para la recolección de los residuos sólidos. El rol de la municipalidad es regular y monitorear el servicio.

Concesión Las concesiones son acuerdos por los cuales la empresa privada financia y, por un período de tiempo, es propietaria de las instalaciones (infraestructura y equipo). Estas instalaciones son utilizadas para el manejo de residuos sólidos a cambio de concesiones de una cantidad específica y calidad de manejo de residuos sólidos.

Desarrollo sostenible Mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes, sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras, tomando en cuenta los impactos sociales, económicos y ambientales de las acciones.

Franquicia	Mediante las franquicias una municipalidad puede dar el derecho exclusivo de responsabilidad del servicio de recolección, disposición y reciclaje de todo el municipio o zonas específicas a empresas privadas. Bajo este sistema las empresas se encargan de cobrar por sus servicios directamente al consumidor o cliente. Los gobiernos locales emiten los permisos y licencias pertinentes y son responsables de supervisar y monitorear las actividades que efectúan las firmas privadas y de regular los cobros.
Gestión integral de residuos sólidos	Disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, economía, ingeniería, conservación, estética y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas.
Lixiviado	Líquido percolado a través de los residuos sólidos, en un relleno compuesto principalmente por el agua de lluvia, humedad y descomposición orgánica, materiales disueltos y suspendidos.
OMS	Abreviaturas de la Organización Mundial de la Salud.
OPS	Abreviaturas de la Organización Panamericana de la Salud.

pH	Término que indica la concentración de iones de hidrógeno en una disolución. Se trata de una medida de la acidez de una disolución.
PPC	Es una estimación de la producción promedio de residuos sólidos por persona, puede ser a nivel domiciliario, comercial, institucional, municipal, etc.
Residuos sólidos	Todo material descartado por la actividad humana, que no tiene utilidad inmediata.
Residuo sólido domiciliario	Debido a su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado por viviendas o establecimientos similares.
Relleno Sanitario	Técnica de ingeniería para el adecuado confinamiento de los residuos sólidos municipales. Comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte por lo menos diariamente, el control de la proliferación de vectores y el manejo adecuado de gases y lixiviados, con el fin de evitar la contaminación del medio ambiente y proteger la salud de la población.
Segregadores	Personas que trabajan informalmente en el negocio de la separación y venta de componentes de los residuos sólidos. Son llamados también: clasificadores, pepenadores, picadores, guajeros, recicladores, etc.

Tratamiento Proceso de transformación física, química, biológica de los residuos sólidos para alterar sus características, proporcionándoles una mayor estabilidad o posibilidad de aprovechar su potencial.

Trinchera Técnica de tratamiento de residuos sólidos que se usa cuando el nivel de las aguas freáticas es profundo y las pendientes del terreno son suaves; de ahí que las zanjas pueden ser excavadas con equipos de movimiento de tierra. Este método consiste en depositar los residuos en un extremo de la zanja recostándolo contra el talud; ahí los trabajadores los esparcen y compacta en capas con herramientas de albañilería hasta formar una celda que al final de la jornada será recubierta con la tierra extraída de la zanja.

Vector Portador o huésped intermedio de un parasito o virus que transmite el germen de una enfermedad a otro huésped.

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos surgen de las diferentes actividades que realizan los seres humanos para su subsistencia, siendo estos por sus características, considerados como inservibles o no queridos. Con el crecimiento cada vez más acelerado de la población, la producción de residuos sólidos ha alcanzado niveles exorbitantes, convirtiéndose en una fuente importante de contaminación ambiental.

Figura 1. **Basurero clandestino, Santa Catarina Pínula**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz, año 2012.

A través de una gestión integral es posible manejar y disponer adecuadamente los residuos sólidos generados por la población, evitando con esto el deterioro del medio ambiente y la salud pública. En la presente investigación se analiza y se brinda información acerca de los volúmenes de generación, características y composición física de los residuos sólidos de

Santa Catarina Pínula. Así mismo, se propone un modelo de gestión integral acorde a las características del municipio.

ASPECTOS GENERALES

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo de los residuos sólidos es un problema que no ha sido debidamente abordado en el municipio de Santa Catarina Pínula, es común observar como día a día la proliferación de basura en las calles aumenta, producto de las limitaciones para efectuar una correcta recolección y disposición final.

Las consecuencias principales de esta problemática se ven reflejadas en un incremento en el número de botaderos clandestinos (39 identificados actualmente), lo cual además de generar el descontento de la comunidad, se traduce en una mayor contaminación ambiental.

Teniendo en consideración lo anterior; ¿Cuál es la carga contaminante generada, producto del mal manejo de los residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula?

OBJETIVOS

General

Proponer un modelo de gestión integral que eficiente el manejo y disposición final de los residuos sólidos, en armonía con la conservación del medio ambiente y la salud pública.

Específicos

1. Caracterizar en cantidad y calidad los residuos sólidos urbanos del municipio, determinando a su vez su porcentaje de reusó o reciclaje.
2. Analizar la ruta crítica en el manejo y disposición final de los residuos sólidos urbanos.
3. Determinar la ubicación y cantidad de botaderos clandestinos en el área urbana del municipio.
4. Determinar la carga contaminante generada por los residuos sólidos municipales.

HIPÓTESIS

Poseen los residuos sólidos de Santa Catarina Pínula, características que permitan disminuir un 10 por ciento de la carga contaminante, mediante el empleo de alguna técnica de tratamiento.

JUSTIFICACIÓN Y BENEFICIARIOS

La municipalidad de Santa Catarina Pínula no cuenta con un registro de datos acerca de los volúmenes, características y composición física de los residuos sólidos generados en el área urbana del municipio. Actualmente los residuos son recolectados y dispuestos sin que existan una cultura orientada hacia la reducción en la fuente, reciclaje o reutilización de los mismos.

De acuerdo a datos proporcionados por la municipalidad el 4,86 por ciento de los hogares en Santa Catarina Pínula tienen acceso al sistema de recolección domiciliar y un 55,60 por ciento dispone de sus residuos sólidos por medio de un servicio privado, lo anterior permite estimar un déficit de cobertura del 39,54 por ciento, facilitado con esto la proliferación de basureros clandestinos en detrimento de la salud de las personas y el medio ambiente.

Los principales beneficiarios de esta investigación serán:

- La municipalidad de Santa Catarina Pínula: ya que a través del estudio se le darán las herramientas necesarias para efectuar un mejor manejo de los residuos sólidos.
- AMSA: al proporcionar una base de información para la toma de decisiones, acerca de las acciones que permitan la conservación de la cuenca del lago Amatitlan.

VIABILIDAD

La información que se derive de esta investigación, proporcionará una línea de base para el manejo de los residuos sólidos de Santa Catarina Pínula, quedando la misma a disposición de la municipalidad y AMSA, para la toma de acciones que ellos estimen convenientes.

Se cuenta con el recurso financiero provisto por el DAAD (Servicio Alemán de Intercambio Académico) para llevar a cabo todas las actividades derivadas de la caracterización de los residuos sólidos, así mismo se cuenta con el apoyo del laboratorio de Mecánica de Suelos de la USAC para la realización de los análisis físicos. La ERIS provee adicionalmente el acceso a la bibliografía relacionada al tema, asesoramiento y acceso a laboratorio.

ALCANCE

El alcance del estudio, es la disponibilidad de información técnica sobre los volúmenes de generación, características y composición física de los residuos sólidos urbanos, proponiendo a su vez un modelo de gestión integral de residuos sólidos acorde a las características del municipio.

LIMITACIONES

- Existe poca información de parte de la municipalidad en cuanto al manejo de los residuos sólidos.
- Poco acceso a información sobre el manejo que le dan los operadores privados a los residuos sólidos.
- No se tuvo acceso a algún estudio socioeconómico, que permitiera efectuar la caracterización de acuerdo a los diferentes estratos sociales.
- No existe el tiempo suficiente para monitorear los indicadores de salud y ambiente, que puedan verse modificados al establecer un plan de gestión integral de residuos sólidos.
- No se tuvo acceso a información sobre los sitios donde no existe cobertura de recolección.

1. ANTECEDENTES

El problema del manejo de los residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula es antiguo. La comunidad ha experimentado en los últimos años un crecimiento urbano y comercial acelerado, trayendo consigo un aumento en la demanda de servicios públicos, entre ellos el de recolección de residuos sólidos. Como la mayor parte de los municipios del departamento de Guatemala, Santa Catarina Pínula dispone sus desechos en el botadero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala, mientras que un mínimo porcentaje es tratado en el relleno sanitario de tecnología mejorada de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del lago de Amatitlán (AMSA).

La baja cobertura del servicio de recolección, sumado a la falta de sitios adecuados para la disposición final, ha facilitado la proliferación de basureros clandestinos, generando en el municipio una mayor contaminación ambiental y un incremento en el número de personas con padecimientos o enfermedades relacionadas con el inadecuado manejo de los residuos.

Con el objetivo de mejorar dicha situación la alcaldía municipal creó en el 2000 la división de limpieza, mediante la cual se ha ido mejorando paulatinamente la cobertura del servicio de recolección domiciliar (principalmente en el casco urbano, zonas 1 y 2), así como otras actividades asociadas como es el barrido de calles, jardinería, limpieza de áreas verdes y ríos, eliminación de botaderos clandestinos entre otras. De la misma forma se ha ejercido un mejor control sobre los operarios privados quienes han manejado sin regulación alguna todo lo concerniente a la recolección y transporte de residuos sólidos.

El tema del manejo de los residuos sólidos no ha sido tan extensamente abordado en nuestra región, sin embargo la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria cuenta con una serie de estudios que ayudan a enriquecer la información acerca de este tema, entre estos estudios se tiene:

- Relleno Sanitario, análisis económico del equipo usado en la ciudad de Guatemala. Ruiz Quirós, Manuel Enrique, 1974.
- Disposición de desechos sólidos en la ciudad universitaria. Barraza. Cabezas, Mario, 1975.
- Análisis de la composición de las basuras en la ciudad de Guatemala para una posible reutilización. Del Cid Flores, Juan Rafael 1975.
- Análisis sobre el sistema de recolección de desechos sólidos en una zona de la ciudad de Guatemala, tomando en cuenta los problemas de circulación. Vallecillo Chávez, María Lourdes, 1979.
- Evaluación preliminar del proceso de compostamiento en la planta de tratamiento de la municipalidad de Guatemala. Tay Oroxom, José Manuel, 1984.
- Estudio de la eliminación de desechos sólidos en el hospital Roosevelt de la ciudad de Guatemala. Wyss Orozco, Juan Rodolfo, 1984.
- Sistema de desechos sólidos en un área marginada de la ciudad de Guatemala. Santos Vigil, Amelia Elizabeth, 1986.

- Estudio de recolección y disposición de los desechos sólidos del municipio de Sumpango, Sacatepéquez. Moreno Ponce, León Julio, 1991.
- Caracterización de los desechos sólidos del mercado municipal de Antigua Guatemala. Reyes Vásquez, Alcibíades, 1994.
- Manejo integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez. Domínguez de Franco, Viccelda María; Franco Cruz, Noriel Alfredo, 1996.
- Análisis de la situación del manejo de desechos sólidos municipales en el área urbana del municipio de Coatepeque. Lewis, Gilroy Francis; Matías Palacios, Ronald David, 2005.

Específicamente en el área de Santa Catarina Pínula se han realizado los siguientes estudios:

- Propuesta para el tratamiento y utilización de las aguas residuales, provenientes del rastro de porcinos del municipio Santa Catarina Pínula de Guatemala. Calvo Gutiérrez, Jorge Alberto, 1997.
- Análisis histórico de la calidad de agua cruda del río Pínula que abastece a la planta de tratamiento “El Cambray” Hernández Moran, Mario Roberto, 2004.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PÍNULA

2.1. Ubicación

Santa Catarina Pínula es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala, se encuentra ubicado al extremo sur oeste de la ciudad capital, a una distancia de 9 kilómetros, cuenta con un área aproximada de 51,15 kilómetros cuadrados de acuerdo a estimaciones del Instituto Geográfico Nacional (IGN), siendo la altura de la cabecera municipal de 1 550 metros sobre el nivel del mar.

Figura 2. Vista aérea cabecera del municipio de Santa Catarina Pínula



Fuente: *Google Earth*, 2012.

Los límites del municipio de Santa Catarina Pínula son: al norte con la Ciudad Guatemala; al este con San José Pínula y Fraijanes; al sur con Fraijanes y Villa Canales; y al oeste con Villa Canales y la Ciudad de Guatemala.

2.2. División administrativa

El municipio de Santa Catarina Pínula se encuentra dividido administrativamente en 10 zonas, la cabecera municipal está ubicada en la zona uno y dos, además lo conforman las diferentes aldeas, colonias, caseríos, residenciales y condominios de gran auge en los últimos tiempos.

Las aldeas son:

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| 1. El Pueblito 2 | 8. Don Justo |
| 2. Nueva Concepción | 9. El Pajón |
| 3. Puerta Parada | 10. Laguna Bermeja |
| 4. La Salvadora | 11. Manzano La Libertad |
| 5. Piedra Parada de Cristo Rey | 12. San José el Manzano |
| 6. Piedra Parada el Rosario | 13. Cuchilla del Carmen |
| 7. Canchón | 14. Aldea El Carmen |

Las zonas uno, dos y la aldea El Pueblito, son las áreas de mayor influencia urbana del municipio, en la zona uno se encuentra situado el parque central, la escuela urbana mixta 810, el edificio municipal, el rastro, el cementerio y el salón municipal, la histórica iglesia católica, la subestación de la Policía Nacional Civil, cancha de básquetbol entre otras obras, siendo la zona más urbanizada y de mayor población, todas sus calles se encuentran debidamente asfaltadas y en su caso adoquinadas, contando los habitantes con los servicios de agua potable, drenaje sanitario y alumbrado público entre otros.

En la zona dos, se encuentra el estadio municipal de fútbol que lleva por nombre Pínula Contreras y otras tres canchas a su alrededor, el mercado municipal, y el parque ecológico El Huisital entre otros.

Figura 3. **División administrativa municipio de Santa Catarina Pínula**



Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pínula, 2012

La aldea El Pueblito, se encuentra ubicada en la zona tres del municipio de Santa Catarina Pínula, situada entre el río Pínula y el riachuelo Panasequeque, es la aldea más cercana a la cabecera municipal, existe una carretera principal debidamente asfaltada, asimismo un 90 por ciento de las calles y callejones se encuentran pavimentadas, cuentan con servicios de agua

potable y alcantarillado sanitario, esta es una de las aldea más pequeñas en extensión territorial.

2.3. Demografía

Según el XI censo nacional de población y VI de habitación de 2002, el municipio de Santa Catarina Pínula contaba con una población de 74 626 personas compuesto por 36 408 hombres y 38 218 mujeres.

2.4. Topografía natural

Forma del terreno: la superficie del terreno del municipio es muy variable, existen barrancos de laderas perpendiculares de más o menos 100 metros de profundidad, la cual lo divide geográficamente con otras jurisdicciones municipales (Guatemala y Villa Canales).

2.5 actividad comercial

La actividad comercial en el municipio de Santa Catarina Pínula se desarrolla básicamente en todo el trayecto de la carretera CA-1 hacia El Salvador y cabecera municipal, aquí se encuentra gran cantidad de negocios de diferente índole, siendo las tiendas el tipo de comercio más predominante, el resumen de comercios por localidad se presenta en la tabla I.

Tabla I. **Resumen de comercios por localidad**

Ubicación	Total comercios
Cabecera Municipal	387
El Carmen	284
Los Cipreses	1
El Cambray	7
Carretera a El Salvador	173
Santo Domingo	50
San Jose Manzano	31
Puerta Parada	105
Piedra Parada, Cristo Rey	99
Nueva Concepción	10
Laguna Bermeja	34
Salvadora II	2
El Rosario	30
El Pueblito	101
El Pajón	209
Manzano Libertad	26
El Canchón	4
Don Justo	59
Cuchilla del Carmen	43
Salvadora I	17
Total	1672

Fuente: Municipalidad Santa Catarina Pínula/ Mod. Ing. Marvin Grádiz, 2012

3. MARCO TEÓRICO

Los residuos sólidos comprenden todos aquellos objetos, materiales, productos o sustancias, resultantes del consumo o uso de un bien que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. El origen y la composición de los residuos sólidos generados en una comunidad, dependen en gran medida de su localización geográfica, del tipo de uso que se le da al suelo, nivel de acceso socioeconómico, costumbres y clima, entre otros.

3.1. Clasificación de los residuos sólidos por su origen

“Aunque puede desarrollarse un número variable de clasificaciones sobre los orígenes de los residuos sólidos, las siguientes son categorías útiles”,¹):

- Doméstico
- Comercial
- Institucional
- Construcción y demolición
- Servicios Municipales
- Zonas de plantas de tratamiento de aguas residuales
- Industrial
- Agrícola

¹ (TCHOBANOGLOUS, GEORGE et al, 1,997. Gestión Integral de Residuos Sólidos

La tabla II muestra los diferentes tipos de residuos generados de acuerdo a su origen

Tabla II. **Fuentes de residuos sólidos en la comunidad**

Fuente	Instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan	Tipos de residuos sólidos
Doméstica	Viviendas aisladas y bloques de baja, mediana y elevada altura, etc.; unifamiliares y multifamiliares	Residuos de; comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, madera, vidrio, latas de hojalata, aluminio, otros metales, cenizas, hojas en la calle, especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos, bienes de la línea blanca, residuos de jardín recogidos separadamente, baterías, pilas, aceite, neumáticos), domésticos peligrosos.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos, etc.	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, especiales (Ver párrafo superior), residuos peligrosos.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales.	(Como en comercial)
Construcción y demolición	Lugares nuevos de construcción, lugares de reparación/renovación de carreteras, derribos de edificios, pavimentos rotos.	Madera, acero, hormigón, suciedad, etc.
Servicios Municipales (excluyendo plantas de tratamiento)	Limpieza de calles, paisajismo, limpieza de cuencas, parques, playas, otras zonas de recreo.	Residuos especiales, basura, barraduras de la calle, recortes de árboles y plantas, de cuencas, generales de parques, playas y zonas de recreo.
Plantas de tratamiento; incineradoras municipales	Agua, aguas residuales y procesos de tratamiento industrial, etc.	Residuos de plantas de tratamiento, compuestos principales de fangos.

Continuación de la tabla II.

Fuente	Instalaciones, actividades o localizaciones donde se generan	Tipos de residuos sólidos
Residuos Sólidos Urbanos	Todos los citados	Todos los citados
Industrial	construcción, fabricación ligera y pesada, refinerías, plantas químicas, centrales térmicas, demolición, etc.	Residuos de; procesos industriales, materiales de chatarra etc. No industriales incluyendo residuos de comida, basura, cenizas, residuos de demolición y construcción, especiales, residuos peligrosos.
Agrícolas	Cosechas de campo, árboles frutales, viñedos, ganadería intensiva, granjas, etc.	Residuos de comida, agrícolas, basura, peligrosos.

Fuente: TCHOBANOGLOUS, GEORGE et al, 1997. Gestión Integral de Residuos Sólidos.

3.2. Impacto de los residuos sólidos en la salud pública

Existe una estrecha relación entre el deterioro de la salud pública y el inadecuado manejo de los residuos sólidos. Es normal que aquellas personas que entran en contacto directo o indirecto con los residuos sólidos puedan verse mayormente expuestas a contraer diferentes tipos de enfermedades, siendo el personal encargado de la recolección y los recicladores el grupo mayormente afectado.

Si bien es cierto algunas enfermedades no pueden ser atribuidas al contacto de los humanos con los residuos sólidos, la existencia cada vez mayor de vertederos a cielo abierto proporciona el alimento y hábitat propicio para la reproducción de ratas, moscas, cucarachas, mosquitos, y otros vectores

transmisores de enfermedades como la fiebre tifoidea, Salmonelosis, disenterías, intoxicaciones alimenticias, diarreas, malaria, dengue, fiebre amarilla, etc.

Tabla III. **Enfermedades transmitidas por vectores relacionados con residuos sólidos**

Vectores	Forma de transmisión	Principales enfermedades
Ratas	A través del mordisco, orina y heces. A través de las pulgas que viven en el cuerpo de la rata.	Peste bubónica Tífus murino Leptospirosis
Mosca	Por vía mecánica (a través de las alas, patas y cuerpo). A través de la heces y saliva.	Fiebre tifoidea Salmonelosis Cólera Amebiasis Disentería Giardiasis
Mosquitos	A través de la picazón del mosquito hembra.	Dengue Malaria Filariasis Leishmaniasis Fiebre amarilla
Cucarachas	Por vía mecánica (a través de las alas, patas y cuerpo) y por las heces.	Cólera Giardiasis Fiebre tifoidea
Cerdos y ganado	Por ingestión de carne contaminada	Cisticercosis Toxoplasmosis Triquinosis Teniasis
Aves	A través de las heces	Toxoplasmosis

Fuente: Manual de Saneamiento e Proteção Ambiental para os Municípios, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG). Fundação Estadual do Meio Ambiental (FEAM/MG), 1995.

Debe recordarse además que los contaminantes biológicos y químicos derivados de los residuos sólidos, pueden ser transportados a través del aire, el agua y el suelo, contaminando de esta forma los alimentos y las fuentes de agua, de las cuales se abastecen las personas.

El inadecuado manejo de los residuos sólidos en vertederos a cielo abierto, permite además que la materia orgánica al biodegradarse o quemarse, desprenda gases orgánicos volátiles, tóxicos y algunos potencialmente carcinógenos, así como subproductos típicos de la biodegradación (metano, sulfuro de hidrógeno y bióxido de carbono). El viento y el humo generado de la quema, afecta además el sistema respiratorio de las personas que viven en las casas ubicadas en las cercanías de los vertederos.

En la mayor parte de los países del área centroamericana, no existen sistemas adecuados de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos, de manera que las personas encargadas de efectuar este trabajo se ven expuestas a contraer diferentes tipos de enfermedades. Es bastante común que los residuos peligrosos provenientes de hospitales o industrias sean descargados junto con los residuos domésticos comunes, lo cual supone un riesgo bastante elevado para aquellas personas que se dedican al reciclaje. La falta de medidas de prevención, equipo adecuado, de hábitos de higiene facilita por tanto el desarrollo de enfermedades en dichos sectores de la población.

3.3. Impactos de los residuos sólidos en el medio ambiente

El crecimiento poblacional que experimentan las zonas urbanas; ha traído consigo un aumento en la generación de residuos sólidos, dificultando de esta forma su adecuada disposición y provocando una serie de impactos negativos en el medio ambiente. Resulta lógico pensar que el efecto más

visible del impacto de los residuos sólidos en el medio ambiente sea por tanto el deterioro estético y del paisaje natural. Los residuos sólidos contaminan el recurso hídrico, emiten malos olores y polvos irritantes, deterioran los suelos, facilitan la existencia de incendios entre otros, de aquí la importancia de su adecuado manejo.

3.3.1. Contaminación de los recursos hídricos

El inadecuado manejo y disposición final de los residuos sólidos contamina el recurso hídrico superficial y subterráneo, dificultando su empleo para el consumo humano, el riego de cosechas o cualquier otra actividad que necesite el empleo de este recurso.

La presencia de basuras, bolsas, colchones, escombros y en general cualquier elemento que pueda represar el cauce normal de un río o una quebrada, puede afectar el flujo normal del agua. En casos muy particulares como en crecientes repentinas o en épocas de alto invierno, la presencia de gran cantidad de residuos, provoca el represamiento de los cauces, produciendo inundaciones que afectan a las familias aledañas a estos cuerpos de agua, dañando zonas de cultivo e impactando negativamente a la zona.

El vertido incontrolado de residuos sólidos en cuerpos superficiales, facilita además el incremento de la carga orgánica, generando compuestos que acidifican el agua eliminan el oxígeno vital para la vida de las especies acuáticas y hace que las aguas para consumo humano se contaminen y generen problemas de salud. Dichos fenómenos permiten además el incremento en los niveles de nutrientes, dando lugar a la formación de algas que contribuyen a la eutrofización de los cuerpos de agua, generan malos olores y deterioran gravemente el aspecto estético.

La presencia de residuos afecta además las costas y playas, amenazando la flora y la fauna marina, el turismo y las actividades económicas relacionadas a estas zonas como son la pesca y la recreación, entre otros. El inadecuado manejo de los lixiviados provenientes de vertederos a cielo abierto, permite que estos se infiltren en el suelo, contaminando los acuíferos con sustancias tóxicas que incrementan los costos de tratamiento de estas fuentes.

3.3.2. Contaminación del suelo

Este es el recurso que más directamente se ve afectado por el inadecuado manejo de los residuos sólidos, ya que el ser humanos los a depositado a través de los años. Su contaminación ocurre a través de diferentes elementos como son los lixiviados, que se filtran a través del suelo, afectando la productividad del mismo y acabando con la microfauna que habita en él (lombrices, bacterias, hongos, musgos, entre otros.), lo cual lleva a la pérdida de productividad del suelo, aportando así a incrementar el proceso de desertificación del suelo. La presencia constante de basuras en el suelo evita la recuperación de la flora de la zona afectada e incrementa la presencia de plagas y animales que causan enfermedades como las ratas, cucarachas, moscas y zancudos.

3.3.3. Contaminación atmosférica

Los residuos sólidos en su proceso de descomposición generan malos olores y gases como metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). Estos gases ayudan a incrementar el efecto invernadero en el planeta, aumentando la temperatura y generando el deshielo en los polos. Este proceso de descomposición se puede controlar con una correcta disposición de los residuos sólidos a través de su incineración tecnificada, de la ubicación de los

residuos en rellenos sanitarios y/o botaderos especializados. También los residuos sólidos pueden afectar el aire, cuando estos son quemados de manera descontrolada, generando humo y material en pequeñas partículas, los cuales afectan el sistema respiratorio de los seres humanos.

3.3.4. Contaminación del recurso paisajístico

Aunque no es uno de los recursos más renombrados, es uno de los más afectados por la incorrecta disposición de los residuos sólidos, ya que la constante presencia de basura en lugares expuestos; causa un deterioro al paisaje, afectando la salud humana ya que genera: estrés, dolor de cabeza, problemas psicológicos, trastornos de atención, disminución de la eficiencia laboral, mal humor.

Estos efectos obstruyen el desarrollo laboral y afecta la calidad de vida, impide que haya armonía con el entorno y afecta a la comunidad en general. El creciente desarrollo urbano y por ende la gran concentración poblacional del país ha generado un deterioro del paisaje y de la calidad de vida, por la falta de cultura en cuanto al manejo de los residuos sólidos.

3.4. Gestión de residuos sólidos

“La gestión de residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética, y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas”²

² (TCHOBANOGLOUS, GEORGE et al, 1997. Gestión Integral de Residuos Sólidos).

Todas las etapas de las que consiste la gestión de residuos sólidos, deben de ser llevadas a cabo, teniendo en cuenta las características de la comunidad, integrando los diferentes grupos involucrados en esta. De esta forma la municipalidad, la ciudadanía, las ONG'S, COCODES, recolectores, recicladores informales etc, deben de ser involucrados en las acciones que faciliten el correcto manejo de los residuos sólidos, facilitando de esta forma la sostenibilidad y beneficios del mismo.

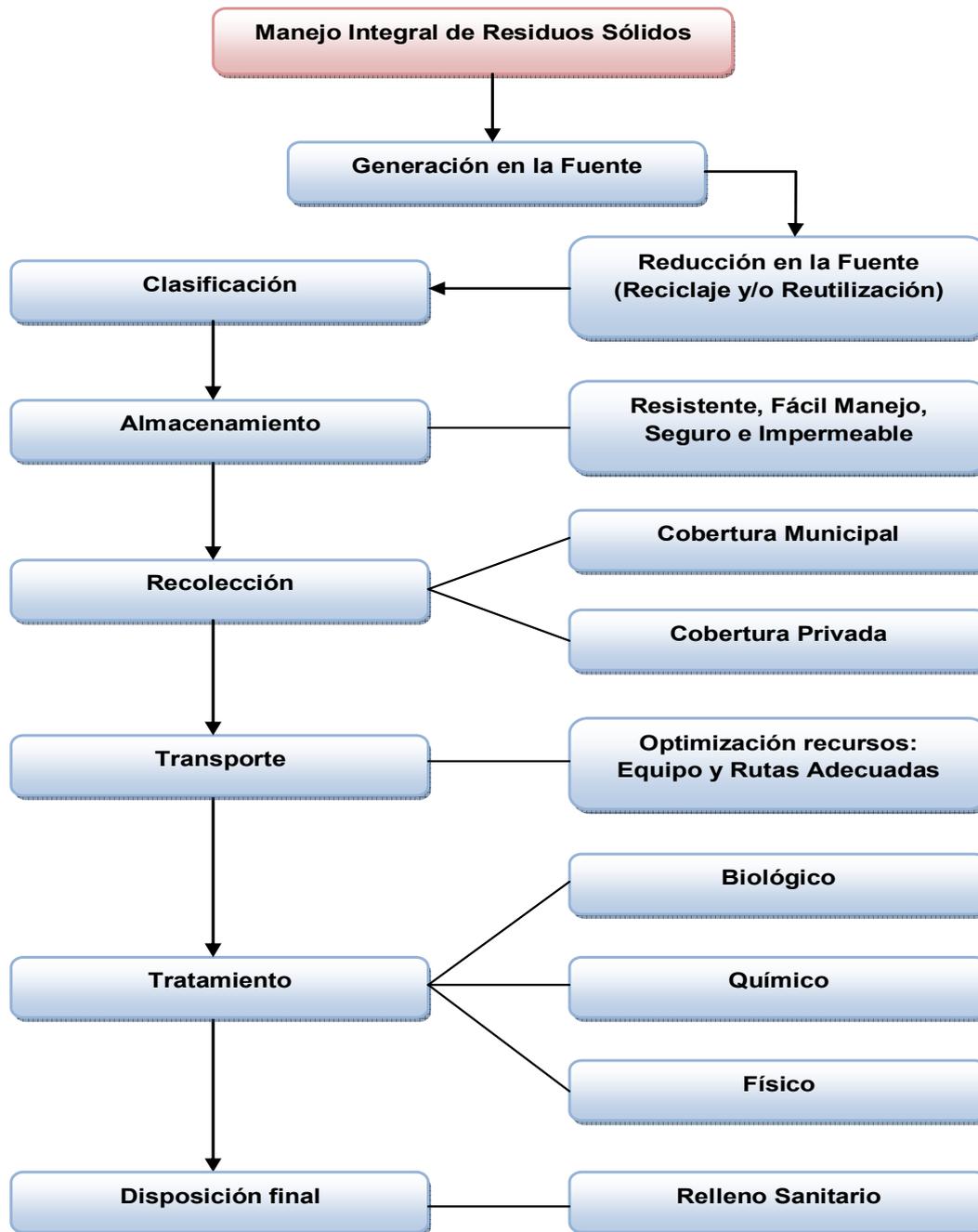
3.4.1. Gestión integral de residuos sólidos

De acuerdo con TCHOBANOGLOUS la gestión integral de residuos sólidos (GIRS) puede ser definida como la selección y aplicación de técnicas, tecnología y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos específicos de gestión de residuos. El manejo integral de residuos sólidos sigue las siguientes etapas, ver figura 4. Además debe incluir en la medida de lo posible las siguientes características que se muestran en la tabla IV.

3.4.2. Objetivos de la gestión integral de residuos sólidos

El objetivo primordial de la gestión de residuos sólidos, es proteger la salud de la población y promover la conservación del medio ambiente. Lo anterior es posible cuando las comunidades cuentan, no solo con una buena cobertura del servicio, sino también con una adecuada educación sanitaria que permita manejar apropiadamente cada etapa del proceso, desde la generación misma en la fuente hasta la disposición final del residuo.

Figura 4. Etapas del manejo integral de residuos sólidos



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

Tabla IV. **Características de una adecuada gestión de residuos sólidos**

Aspecto	Descripción
Técnico	Fácil implementación; operación y mantenimiento; uso de recursos humanos y materiales de la zona; desde la producción hasta la disposición final.
Social	Fomenta los hábitos positivos de la población y desalienta los negativos; promoviendo la participación organizativa de la comunidad.
Económico	Costos de implementación, operación, mantenimiento y administración al alcance de la población que debe pagar el servicio.
Organizativo	La administración y gestión del servicio debe ser simple y dinámica; además de ser racional.
Salud	Debe contemplar un programa mayor de prevención de enfermedades infecciosas.
Ambiental	Evita impactos ambientales negativos que pueden afectar el suelo, agua y aire.

Fuente: CEPIS/OPS/OMS, 1997. Guía para el Manejo de los Residuos Sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales.

3.4.3. Generación en la fuente

Los residuos sólidos surgen de las diferentes actividades que desarrollan los seres humanos en su vida cotidiana, de ahí que su volumen y características varíen de una ciudad a otra, de conformidad con el tipo de actividad económica, características geográficas y sociales propias de la región. De manera general las fuentes de generación de residuos sólidos son viviendas, mercados, ferias, hospitales, colegios, mataderos, agricultura, ganadería entre otros.

“La gestión integral de residuos sólidos plantea la reducción en la fuente como la forma más eficaz de disminuir los costos asociados al manejo de los residuos y los impactos ambientales derivados de estos. La reducción de los

residuos puede ser lograda mediante el diseño, la fabricación, y el envasado de productos con un material tóxico mínimo, un volumen mínimo de material, o una vida útil más larga. En las viviendas, instalaciones comerciales o industriales puede ser lograda mediante la compra selectiva de productos y el reuso o reciclaje”³.

Ya sea que se desee diseñar o mejorar un sistema de residuos sólidos o limpieza pública, se requiere considerar las siguientes tres características:

- Producción por habitante: permite estimar la producción total de desechos sólidos producidos en determinado lugar y tiempo.
- Densidad: estimar el tipo y volumen de recipientes, botes de basura o contenedores y la frecuencia de recolección; calcular la capacidad de vehículos de recolección; determinar los requerimientos de área para el relleno sanitario.
- Composición física (química): evaluar la factibilidad de opciones como reciclaje, compostaje e incineración.

3.4.4. Almacenamiento

Durante esta etapa, los residuos sólidos son retenidos en un lugar seguro, en el cual no causen contaminación al medio ambiente, desarrollo de fauna nociva o mal aspecto; hasta que sean entregados al servicio de recolección. (POCASANGRE, ADAN. Presentación de manejo de residuos sólidos ERIS 2011).

³ (TCHOBANOGLIOUS, GEORGE et al, 1997. Gestión Integral de Residuos Sólidos).

La determinación de las características de los recipientes destinados al almacenamiento de los residuos sólidos, están determinados por una serie de factores como:

- Protección a la salud
- Volumen, densidad y características de los residuos sólidos
- Sistema de recolección utilizado
- Frecuencia de recolección

Es necesario además, que los recipientes destinados para el almacenamiento cuenten con las siguientes características:

- Deben ser de fácil manejo y mantenimiento.
- Fabricados en un material resistente.
- Deberán contar con una tapa ajustada que evite el acceso de moscas y roedores.
- Debe contar con asas laterales para facilitar su manejo.
- No deben de ser inflamables.
- Deben ser impermeables.
- No deben tener bordes o aristas afilados.

3.4.5. Recolección y transporte

Las actividades de recolección y transporte tienen por objeto la evacuación de los residuos sólidos de la fuente de generación, a fin de que estos sean dispuestos en una instalación de procesamiento de materiales, un centro de transferencia, reciclaje o disposición final.

Los servicios de recolección representan alrededor del 50 por ciento de los costos en el manejo de los residuos sólidos, de aquí la importancia de su adecuada operación (TCHOBANOGLIOUS, GEORGE et al, 1,997. Gestión Integral de Residuos Sólidos).

Los servicios de recolección de residuos sólidos, requieren del empleo de diferentes tipos de vehículos de acuerdo con las características de la población y de los residuos. De esta forma pueden ser empleados desde carretas y vehículos tipo *pick up* en pequeñas comunidades, hasta camiones compactadores con sistema de recogida automatizada en las grandes ciudades. La eficiencia en los servicios de recolección no solo está determinada por el tipo de vehículo utilizado, dependerá también de otros factores importantes como el correcto trazado de las rutas, la frecuencia de recolección, el método de recolección empleado entre otros.

En Guatemala la frecuencia promedio de recolección de residuos sólidos es de dos días por semana, lo cual está determinado en gran medida por la producción per cápita por persona. Las formas en que la recolección es efectuada son:

- En la esquina
- En la acera
- Puerta a puerta
- Patio trasero

En ningún caso se deben dejar los residuos sólidos sin recolectar por más de una semana, ya que esto permite la proliferación de insectos (moscas) y malos olores. En mercados, la frecuencia de recolección debe ser diaria. Los

horarios de recolección dependerán a su vez de las características del tráfico, de la topografía y forma física de la ciudad.

3.4.6. Tratamiento

El tratamiento es la penúltima etapa en el ciclo de manejo de los residuos sólidos, tiene por objetivo principal disminuir el riesgo de producir contaminación y proteger la salud. Algunos métodos de tratamiento de residuos sólidos son:

- Incineración
- Compostaje
- El reciclaje y reutilización
- La transformación

3.4.6.1. Incineración

La incineración es un proceso de tratamiento en el cual los desechos sólidos son sometidos a un proceso de combustión completa a altas temperaturas, durante un tiempo de retención adecuado, obteniendo de esta forma un material inerte con un volumen relativamente inferior al del producto inicial. Facilita el tratamiento de los residuos sólidos en núcleos urbanos, en los cuales la disponibilidad de terrenos para la construcción de rellenos sanitarios es limitada, sin embargo los costos asociados a este proceso son relativamente elevados.

El principal impacto adverso de la incineración, es la potencial contaminación atmosférica representada por la generación de gases y cenizas de la combustión, incluyendo la emisión de dióxinas y furanos que pueden

afectar a la salud humana. Por ello, los sistemas deben ser bien operados y los efluentes gaseosos controlados (por ejemplo filtros electrostáticos y lavadores de gases) además, se debe cumplir con las normas de emisión vigentes. Aunque más costosos que los rellenos sanitarios, su adopción se justifica en circunstancias especiales, tales como: para tratar desechos hospitalarios peligrosos. La factibilidad de la incineración depende de aspectos como las características de los desechos sólidos, los costos de transporte, costos comparados con otras formas de tratamiento y disposición final.

3.4.6.2. Compostaje

El compostaje o estabilización biológica de residuos, es un proceso controlado por el cual los residuos orgánicos son tratados y se descomponen dando como resultado un abono con características de un suelo vegetal que se puede utilizar en tierras agrícolas, bosques y jardines. Este abono provee nutrientes esenciales a las plantas, entre ellos; el nitrógeno, fósforo y potasio, ver valores recomendados tabla V.

Tabla V. **Calidad promedio del abono (compost) de residuos orgánicos**

Parámetro	Unidad	Rango ¹	Rango ²
pH	-	-	5 - 7
Contenido de humedad	-	-	50 - 60
Fósforo	%	0,2 – 1,5	-
Potasio	%	0,4 – 1,3	-
Manganeso	ppm	430 - 600	-
Nitrógeno	%	0,6 – 1,7	-
Materia Orgánica	%	20 – 40%	-
Relación C:N	-	-	20 - 25 : 1

Fuente: CEPIS/OPS/OMS, 1997. Guía para el Manejo de los Residuos Sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales.

TCHOBANOGLOUS, GEORGE et al, 1997. Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Además, mejora la estructura física del suelo al incrementar su capacidad para retener agua y contribuye al desarrollo de una importante flora microbiana; que mejora su calidad orgánica. El compostaje se puede preparar con maquinaria y equipo mecanizado o con métodos manuales. Aunque el compostaje es una excelente práctica, desde el punto de vista del aprovechamiento de los desechos, se debe tener en cuenta la existencia de un mercado y garantizar la calidad del abono para evitar la contaminación de los productos agrícolas con metales pesados. Algunas sustancias permanecen en el suelo y se acumulan hasta niveles fitotóxicos, bajo repetidas aplicaciones del abono.

El compostaje es una alternativa recomendada para ciudades pequeñas y medianas, localizadas en zonas agrícolas que pueden utilizar el abono con ventajas económicas por reducción de productos usados como acondicionador de suelos.

3.4.6.3. Reciclaje

El reciclaje constituye una de las actividades fundamentales en la gestión integral de residuos sólidos, implica el desarrollo de ciertas actividades:

- Separación y recogida de materiales residuales
- Preparación de materiales para su posterior procesamiento o reutilización.
- Reutilización, reprocesamiento y nueva fabricación de productos.

“El reciclaje es un factor importante para ayudar a reducir la demanda de recursos y la cantidad de residuos que requieren la evacuación mediante el vertido”⁴.

En el área centroamericana el reciclaje es una actividad relativamente reciente, se desarrolla básicamente en el mercado informal donde se encuentra integrado por pequeños recolectores ambulantes y segregadores que obtienen los residuos y los proporcionan a una serie de intermediarios para su reaprovechamiento. Los principales componentes que se reciclan en el área son los productos de papel, cartón, vidrio, aluminio y plástico. En las áreas rurales el reciclaje de materia orgánica constituida por restos de comida o maleza puede ser útil para la elaboración de compost utilizado en la agricultura.

Antes de comenzar un proyecto de reciclaje es necesario considerar los siguientes aspectos:

- Volumen y tipo de desecho sólido que se desea reciclar
- Tecnología de reciclaje
- Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento
- Uso y demanda de los productos reciclados
- Precio de los productos reciclables.

3.4.6.4. Transformación de residuos sólidos

La transformación de los residuos sólidos implica la alteración física, química o biológica de los residuos con el fin de:

- Mejorar la eficacia de las operaciones de sistemas de gestión de residuos.

⁴ (TCHOBANOGLIOUS, GEORGE et al, 1997. Gestión Integral de Residuos Sólidos).

- Recuperación de materiales reutilizables y reciclables.
- Recuperación de productos de conversión, energía en forma de calor y biogás combustible.

“La transformación de los materiales de los residuos sólidos normalmente da lugar a una mayor duración de la capacidad de los rellenos sanitarios”⁵

La transformación de los residuos sólidos se constituye como una alternativa viable para el correcto reaprovechamiento de los recursos disponibles, disminuyendo a su vez los impactos negativos generados por el alto consumismo y requerimiento de materias primas cada vez más escasas.

3.4.7. Disposición final

Constituye la última etapa de la gestión integral de los residuos sólidos, en la cual la fracción no reciclable o reaprovechable, así como aquellos residuos provenientes de la recuperación de productos y generación de energía, deben dispuestos de manera adecuada, de conformidad con la legislación nacional en materia de protección de la salud pública y el medio ambiente.

Las principales formas en las cuales son dispuestos los residuos sólidos son:

- Relleno sanitario
- Incineración (Cenizas)

⁵ (TCHOBANOGLOUS, GEORGE et al, 1997. Gestión Integral de Residuos Sólidos).

Otras formas de disponer los residuos sólidos son: la quema al aire libre, la disposición en vertederos a cielo abierto o mediante el vertido en corrientes de agua, sin embargo dichas prácticas tienen efectos negativos sobre el medio ambiente, contribuyendo además al deterioro de la salud pública.

3.4.7.1. Relleno sanitario

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de residuos sólidos en el suelo, que requiere de la utilización de áreas de terreno debidamente impermeabilizado, para la colocación de capas de desecho, las cuales son compactadas y cubiertas con material selecto, a fin de confinarlo de manera adecuada, sin que esto constituya un peligro a la salud pública o el medio ambiente. Preveé además el manejo de los gases y líquidos (lixiviados) que se generan durante el proceso de descomposición de la materia orgánica

El método constructivo y la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno seleccionado, la fuente de material de cobertura y la profundidad del nivel freático. De acuerdo con las características del área se puede construir tres tipos de relleno sanitario: de zanja, superficie y ladera. Por lo general, el relleno sanitario de zanja se construye en zonas planas donde se excavan trincheras para depositar los desechos sólidos.

En el relleno sanitario de superficie, se cubren los desechos con tierra en la misma superficie del terreno, mientras que en el relleno sanitario de ladera se trata de aprovechar las depresiones o taludes naturales para disponer los desechos sólidos.

En los tres tipos de rellenos sanitarios se construye celdas en donde se compacta y entierran los desechos sólidos que reciben. Las principales operaciones que se realizan en un relleno sanitario son:

- Recepción de desechos sólidos
- Formación de una celda diaria
- Compactación de la celda
- Recubrimiento de tierra
- Compactación de la celda

El relleno sanitario previene que las personas, animales, vectores que transmiten enfermedades entren en contacto con los desechos sólidos y evita que éstos contaminen el ambiente. Esta técnica de confinamiento también se puede usar para disponer de aquellos desechos que por sus características representan un riesgo mayor a la salud y al ambiente, como los desechos peligrosos de los centros de salud. A este relleno se le llama relleno sanitario de seguridad.

Una ventaja del relleno sanitario sobre otros métodos de tratamiento de desechos es la posibilidad de recuperación de áreas ambientalmente degradadas por la minería o explotación de canteras, así como de terrenos considerados improductivos o marginales. Otras ventajas de un relleno sanitario son: baja inversión de capital comparado con otros métodos de tratamiento, generación de empleo de mano de obra no calificada, flexibilidad, en cuanto a capacidad para recibir cantidades adicionales de desechos y la posibilidad de utilizar el gas metano producido como fuente alternativa de energía.

3.4.7.2. Comparación de métodos de disposición final de residuos sólidos

En la tabla VI se hace un análisis comparativo de las ventajas y problemas que conlleva la utilización de cada uno de los métodos de disposición final de residuos sólidos.

Tabla VI. Cuadro comparativo de los diferentes métodos de disposición final de los residuos sólidos

Técnica	Ventaja	Problemas
Relleno sanitario	Recuperación de zonas degradadas Aprovechamiento de gases	Exige extensas áreas aisladas. Características geológicas especiales.
Compostaje	Reducción de volumen. Producción de acondicionadores de suelo.	Contaminación de los suelos y vegetación por la presencia de metales pesados. Bajos valores de nitrógeno, fósforo y potasio.
Incineración	Reducción de pesos y volúmenes. Descontaminación biológica.	Contaminación atmosférica. Elevados costos de operación y mantenimiento.
Reciclaje	Aprovechamiento de los materiales. Ahorro de energía. Reducción de desechos. Sostenibilidad ambiental	Riesgos ocupacionales inherentes a la recuperación informal de materiales reciclables.

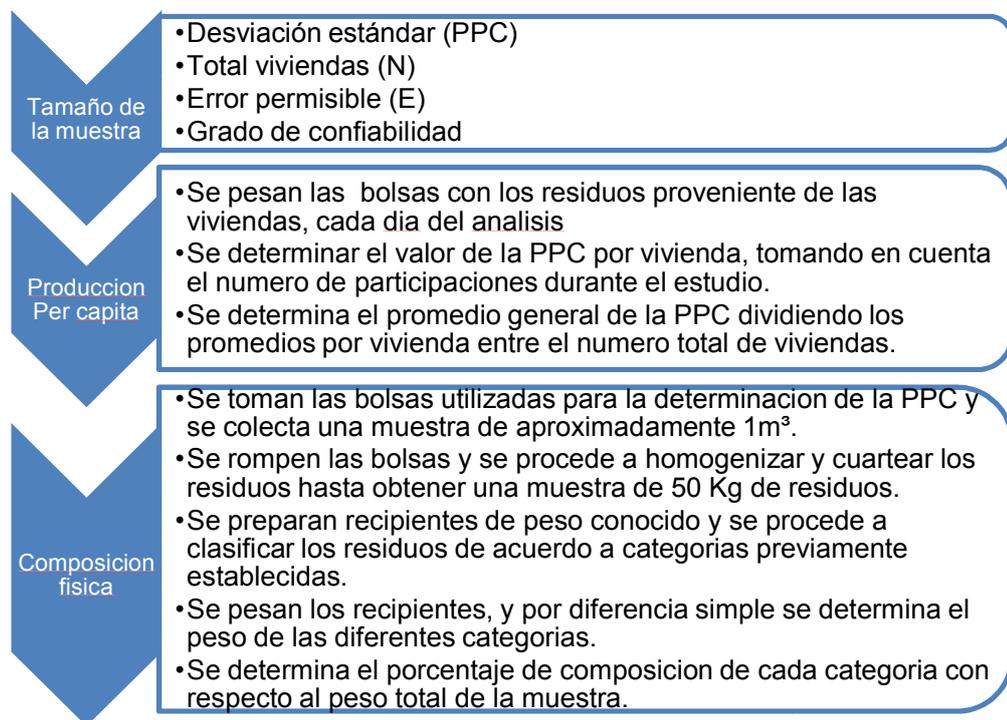
Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo, diciembre de 1997. Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales. Procedimientos Básicos.

3.5. Caracterización de los residuos sólidos

3.5.1. Metodología

Existen diferentes metodologías para realizar la caracterización de los residuos sólidos, pero para el área latinoamericana se utilizan los lineamientos establecidos por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) y Organización Panamericana de la Salud (OPS) (Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos) elaborado por el Dr. Sakurai Kunitoshi. Dicha metodología se explica ampliamente en la figura 5.

Figura 5. Metodología empleada para caracterización



Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

3.5.2. Determinación del tamaño de la muestra

La caracterización de los residuos sólidos requiere de una muestra que sea representativa del universo de la población, es por ello que la determinación de su tamaño reviste gran importancia. Una muestra de gran tamaño puede conducir al gasto innecesario de recursos, por el contrario una muestra demasiado pequeña puede no ser representativa o proporcionar resultados erróneos. Para la obtención del tamaño de la muestra mediante el método del Dr. Sakurai se emplea la siguiente fórmula:

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{1.96}\right)^2 + \left(\frac{V^2}{N}\right)}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

V: desviación estándar, valor que corresponde a la producción per cápita (PPC).

E: error permisible, este valor oscila entre el 1% al 15% de la PPC.

N: número total de viviendas de la comunidad

*Nota: adicionalmente es necesario establecer un grado de confiabilidad.

3.5.3. Técnicas del muestreo

La cantidad y la composición de los residuos sólidos que son llevados a los sitios de disposición final, generalmente difieren, de la que estos presentan al momento en que se efectúan las tareas de recolección. Lo anterior es debido a que durante las diferentes etapas en el manejo de los residuos sólidos se da

el reciclaje y recuperación de materiales como: el papel, cartón, plásticos, metales, vidrio y textiles, entre otros.

El punto en el cual son tomadas las muestras dependerá por tanto de la etapa de manejo que se desee analizar, para el caso cuando lo que se quiere es determinar la capacidad de los recipientes de almacenamiento domiciliar o su potencial de reciclaje o reutilización lo ideal será obtener las muestras en el origen, ya que se asegura la integridad de la muestra. Por el contrario cuando lo que se desea es estimar la capacidad de los camiones recolectores o los rellenos sanitarios la muestra más representativa será la que es llevada al sitio de disposición final. Teniendo en cuenta que el estudio plantea el análisis de las diferentes etapas en el manejo integral de los residuos sólidos domiciliarios, las muestras a analizar serán las generadas en la fuente.

3.5.4. Análisis físicos de los residuos sólidos

3.5.4.1. Producción per cápita de residuos sólidos (PPC)

Para la estimación de la producción per cápita de residuos sólidos se efectúa el pesaje de cada una de las bolsas obtenidas durante un día de recolección, anotando el valor en una lista con el número de habitantes correspondiente a cada vivienda. Este procedimiento se realiza durante los n días efectivos para la caracterización (debe recordarse que se desprecia el primer día de recolección), obteniéndose el promedio de la PPC de la siguiente forma:

$$PPC(\text{kg}/(\text{p. día})) = \frac{\text{Peso día 1} + \text{Peso día 2} + \dots + \text{Peso día n}}{n \times \text{No. de personas por vivienda}}$$

El resultado anterior permite obtener la producción per cápita por persona por día para cada una de las viviendas. El valor promedio de la PPC para el total de las viviendas muestreadas se obtiene de la siguiente forma.

$$\text{PPC(Kg/(p. día))} = \frac{\sum \text{PPC promedio de las viviendas}}{\text{No. total de viviendas}}$$

3.5.4.2. Prueba de densidad

La determinación de la densidad de los residuos sólidos se hace de forma diaria, de conformidad con el siguiente procedimiento:

- Se prepara un recipiente para contener los residuos sólidos y la balanza para efectuar el pesaje.
- Se pesa el recipiente vacío y se toman sus dimensiones para calcular su volumen.
- Se coloca en el recipiente una porción de muestra de residuos sólidos, teniendo precaución de no ejercer presión. Se deja caer al piso desde una altura de 10 centímetros con el objetivo de llenar los espacios que pudiesen haber quedado vacíos, repitiendo esta actividad por 3 veces. Se prosigue de la misma forma hasta llenar a ras el recipiente.
- Se pesa el recipiente con la muestra de residuos y por diferencia de pesos se determina el peso de los residuos.
- Se determina la densidad dividiendo el peso de los residuos sólidos entre el volumen del recipiente.

$$D = \frac{P_2 - P_1}{V}$$

Donde:

D = densidad de los residuos sólidos (kg/m³)

P1= peso del recipiente (kilogramos)

P2= peso del recipiente conteniendo la muestra de residuos sólidos

V = volumen del recipiente (metro cúbico)

3.5.4.3. Determinación de la composición física de los residuos sólidos

La prueba de composición física permite determinar cuál es el porcentaje de los diferentes componentes presentes en los residuos sólidos.

Se determina con el siguiente procedimiento:

- Se prepara una superficie plana con un área adecuada para la manipulación de las muestras.
- Se rompen las bolsas y se depositan los residuos sobre la superficie. Se cortan aquellos desperdicios de madera y cartón hasta conseguir un tamaño de 15 centímetros por 15 centímetros o menos.
- Una vez que se han roto todas las bolsas, se procede a mezclar los residuos hasta que la muestra sea homogenizada, mediante el método de cuarteo.

- Se divide la muestra en cuatro partes y se unen los dos extremos opuestos, descartando los dos restantes, se mezcla nuevamente siguiendo el procedimiento de cuarteo hasta obtener una muestra de unos 50 kilogramos aproximadamente.
- Con la muestra obtenida, se procede a la clasificación de los diferentes componentes presentes en los residuos sólidos. Se preparan para tal actividad diferentes recipientes etiquetados con las diferentes categorías a ser analizada (papel y cartón, plástico, pet, residuos de comida, aluminio, duroport, textiles, vidrio, madera, papel higiénico y aluminio). Se pesa cada uno de los recipientes antes de comenzar con la clasificación.
- La clasificación se desarrolla de forma manual, depositando los residuos en el recipiente correspondiente.
-
- Una vez terminada la clasificación se determina el peso de los diferentes componentes por simple diferencia entre el peso del recipiente conteniendo la muestra y el recipiente vacío.
- Se determina la composición porcentual de los residuos sólidos dividiendo el peso de cada una de las categorías entre el peso total de la muestra.
- Los trabajos de determinación de la composición física, deben de efectuarse lo más rápido posible, ya que durante el proceso los residuos pierden humedad. En consecuencia, un menor tiempo conduce a una mayor exactitud en los resultados.

- La determinación de la composición física se efectuó durante 4 días consecutivos, obteniendo de esta forma los promedios correspondientes a cada una de las categorías previamente establecidas.

3.5.4.4. Determinación del potencial de hidrógeno (pH) de la muestra

El procedimiento para la determinación del pH se describe a continuación:

- Se pesa aproximadamente 10 gramos de residuos sólidos triturados, teniendo en cuenta el porcentaje de los distintos componentes y eliminando los materiales inorgánicos como metal, vidrio, ladrillos, tierra, etc., y colocarla en un vaso de precipitado.
- Diluir los 10 gramos de residuos con 20 a 30 centímetros cúbicos de agua destilada, de forma que el agua cubra la muestra totalmente.
- Agitar vigorosamente la muestra y dejarla en reposo durante 30 minutos.
- Medir el pH de los residuos sólidos.

3.5.4.5. Determinación del porcentaje de humedad

Se utiliza el método de secado al horno, que es el más exacto y consiste en:

- Se preparan cápsulas de porcelana secándolas hasta peso constante durante 2 horas a 120 grados centígrados. Al cabo de este tiempo se

introducen en un desecador, se enfrían y se pesan hasta peso constante (Por gramos).

- Se pesan 50 gramos de muestra triturada teniendo en cuenta el porcentaje de los distintos componentes o subproductos de los residuos sólidos y eliminando los materiales inorgánicos como metal, vidrio, ladrillos, tierra, etc. Se introducen los materiales pesados y triturados en la cápsula sin comprimir el material. Se pesa la cápsula que contiene la muestra triturada de basura (P1, gramos).
- Se introduce la cápsula así preparada en una estufa a 60 – 75 grados centígrados durante 24-48 horas, con el fin de eliminar toda la humedad de la muestra. Al cabo de este tiempo se introduce en un desecador, se enfría y se pesa hasta peso constante (P2, gramos).
- Se calcula el porcentaje de humedad de la basura.
- Gramos de muestra húmeda = (P1-Po)
- Gramos de muestra seca = (P2-Po)
- Gramos de agua = (P1-Po)-(P2-Po) = (P1-P2)

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} \times 100$$

3.5.4.6. Determinación del porcentaje de cenizas

Para determinar el porcentaje de cenizas de los residuos sólidos se efectúan los siguientes pasos:

- La cápsula que contiene la muestra secada a 60 -75 grados centígrados, se quema con un mechero.
- Se mete la cápsula así tratada en la mufla durante 2 horas a 800 grados centígrados . Al cabo de este tiempo se introduce en un desecador, se enfría y se pesa hasta peso constante (P3, gramos).
- Se calcula el porcentaje de cenizas de los residuos sólidos con la siguiente fórmula:

Gramos de muestra seca = (P2-P₀)

Gramos de cenizas = (P3-P₀)

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_3 - P_0}{P_2 - P_0} \times 100$$

3.5.5. Determinación de la carga contaminante de los residuos sólidos

Cada residuo sólido sin importar su origen o forma, tiene una composición química específica, la cual indicará su grado de contaminación (carga contaminante). La carga contaminante de los residuos sólidos puede variar dependiendo su forma de disposición o exposición al medio que lo rodea.

Tabla VII. **Porcentajes de los compuestos de los residuos sólidos**

Componente	Por ciento en peso (Base seca)				
	Carbono	Hidrógeno	Oxígeno	Nitrógeno	Azufre
Papel y cartón	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2
Plásticos	60,0	7,2	22,8	0,0	0,0
Pet	60,0	7,2	22,8	0,0	0,0
Restos de comida	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4
Metales	4,5	0,6	4,3	0,1	0,0
Duroport	60,0	7,2	22,8	0,0	0,0
Textiles	55,0	6,6	31,2	4,6	0,2
Vidrio	0,5	0,1	0,4	0,1	0,0
Papel higiénico y pañales	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2
Madera	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1
Desechos electrónicos	60,0	7,2	22,8	0,0	0,0
Tierra, ceniza, ladrillo, etc.	26,3	3,0	2,0	0,5	0,2

Fuente: TCHOBANOGLOUS, GEORGE et al, 1997. Gestión Integral de Residuos Sólidos.

La carga contaminante se estima de la siguiente forma:

- Verificar si se trata de una muestra seca o húmeda
- Determinar el peso de la muestra (seco y/o húmedo)
- Separar la muestra según su componente (orgánico, papel, cartón, plástico, etc.)
- Determinar el peso de cada componente (según el porcentaje existente en cada segmento de los residuos sólidos). Preferiblemente en seco.

- Calcular la carga de cada elemento según su peso atómico (trasladando de kilogramos a moles) y sumarla:
- Moles = peso (kilogramo elemento* 1 000)/peso atómico
- Simplificar la ecuación utilizando como base el nitrógeno (N) o el azufre (S), dividiendo o multiplicando los valores obtenidos para que sean igual a 1 (N o S)
- Escribir la ecuación (puede hacerse con datos secos o húmedos)

NOTA: el C, N y S no varían si la muestra está seca o húmeda pues no son parte de la composición del agua (H₂O)

Tabla VIII. **Pesos atómicos de los elementos presentes en los residuos sólidos**

Componente	Peso atómico (g/mol)
Carbono	12,00
Hidrógeno	1,01
Oxígeno	16,00
Nitrógeno	14,00
Azufre	32,00

Fuente: tabla periódica de los elementos.

4. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1. Generalidades

El manejo de los residuos sólidos en la República de Guatemala y por ende del municipio en estudio, carece de lineamientos precisos para lograr una buena gestión o mejoras sustanciales en el manejo del mismo, en primer lugar carece de marco legal que regule el manejo de los residuos sólidos y a la vez se requiere un mayor compromiso de las autoridades para tratar este tema, dándole mayor relevancia a otros servicios como: agua potable y saneamiento. Vale la pena mencionar que un manejo inapropiado de los residuos sólidos genera tantos impactos negativos en la salud como en el ambiente, como los que genera un mal manejo del agua para consumo humano y saneamiento.

4.2. Aspectos vinculados con la salud de las personas

Un inadecuado manejo de los residuos sólidos, puede producir daños serios en la salud de las personas. Los principales problemas sanitarios derivados de un deficiente manejo están relacionados con la proliferación de vectores, los que juegan un papel primordial en la transmisión de enfermedades infectocontagiosas.

4.2.1. Morbilidad en el municipio de Santa Catarina Pínula

Los indicadores de morbilidad del municipio de Santa Catarina Pínula, muestran que para 2011 se prestaron un total de 2 542 atenciones, de las

cuales, las causas más comunes la constituyen los resfriados comunes y las infecciones respiratorias agudas (IRA'S).

Tabla IX. **Resumen de morbilidad durante 2011**

No	Enfermedad	Total atenciones 2011	%
1	Resfriado común	359	14,12
2	Otras infecciones respiratorias agudas	286	11,25
3	Gastritis	160	6,29
4	Hipertensión arterial	128	5,04
5	Infecciones de vías urinarias	118	4,64
6	Diabetes mellitus	88	3,46
7	Parasitosis intestinal	80	3,15
8	Amigdalitis aguda	67	2,64
9	Faringitis aguda	63	2,48
10	Otras enfermedades diarreicas agudas	63	2,48
11	Resto de causas de morbilidad	1 130	44,45
Total atenciones		2 542	100,00

Fuente: Centro de Salud, Santa Catarina Pínula/Atenciones 2011.

Analizando más profundamente estos datos, se puede observar que no reflejan la realidad de la morbilidad en el municipio en estudio, el cual posee una población total de 89 876 habitantes. Si se hace una relación entre el total de atenciones y el total de habitantes, se obtiene que el 2,83 por ciento de la población padeció alguna enfermedad en 2011. Este porcentaje relativamente bajo puede ser justificado teniendo en cuenta que la mayor parte de la población económicamente activa del municipio, trabaja en la ciudad de Guatemala. Razón por la cual probablemente la morbilidad de estas personas y sus familias son atendidas en el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) o cualquier clínica privada.

4.3. Aspectos vinculados al medio ambiente

Lamentablemente, la mayoría de las actividades que el ser humano desempeña son generadoras de residuos sólidos. El problema principal consiste en la cantidad de residuos producidos, y que en la mayoría de las ocasiones ni siquiera se cuenta con los espacios suficientes para recibirlos.

Es evidente que esas grandes cantidades de residuos afectarán el medio ambiente, ya sea en la calidad del aire a través de su quema o de los gases provenientes de la descomposición de la basura; del suelo cuando los desechos se incorporan a él, o del agua si los residuos se vierten en ella o simplemente si son arrastrados por las lluvias.

4.3.1. Problemática generada en el medio ambiente por la mala disposición de los residuos sólidos

En la actualidad en el municipio de Santa Catarina Pínula, el problema más evidente y fácilmente observable, es la proliferación de botaderos clandestinos. Los residuos depositados directamente sobre la superficie de estos sitios generan los siguientes problemas:

- Facilita la contaminación del suelo.
- Permite que perros, gatos y roedores entren en contacto con las bolsas. Durante este contacto la mayor parte de las bolsas son rotas por dichos animales disgregando los residuos en toda la superficie.
- La disgregación genera malos olores, moscas y otro tipo de insectos.

- Permite que el lixiviado generado en la descomposición de la materia orgánica se infiltre en el suelo contaminando las fuentes subterráneas.
- Durante el invierno el agua de lluvia que entra en contacto con los residuos sólidos, facilita la contaminación de ríos y quebradas, al descargar en forma directa el agua proveniente de los drenajes pluviales.

Se presenta a continuación el listado de basureros clandestinos identificados en el municipio, ver tabla X y apéndice III.

Tabla X. Resumen de basureros clandestinos ubicados en el municipio de Santa Catarina Pínula

No.	Direcciones o referencia de la ubicación de basureros clandestinos	SECTOR / ALDEA
1	Colonia Santa Bárbara Sector No.2, Manzana A: lotes 37, 39, 41, 50 y 51. Manzana C, lote 11, manzana F Lote 8, Sector 1: mz.D lote 8 y mz.F lote 2.	Colonia Sta. Bárbara zona 1
2	3a calle y 2a Avenida Enfrente casas No -18 y 19	Zona 1
3	3a calle y 3a Avenida	
4	12a avenida y 1a calle La Comunidad	14 av. 2-58 Comunidad zona 2
5	1a calle entre 5ta y 6ta Avenida	zona 2
6	Camino al río zona 2 (entre el estadio y sector la esperanza)	
7	Sector No. 1 La joya, sobre la Séptima Calle	Aldea El Pueblito
8	Contiguo a Escuela de la Cuchilla del Carmen	Sector Bordo I Cuchilla del Carmen
9	Sector No.2, entrada al Manantial	Sector I El Carmen
10	Paso del Puente El Jordán	

Continuación de la tabla X.

11	Sector 1 Barranco de Pínula, 6ta calle los costeros.	Sector Centro Parte Alta El Carmen
12	Sector 4 contiguo al parqueo de las camionetas	
13	Sector Pínula Sur Cuchilla del Carmen.	
14	Sector No.2 Poso Mecánico, que da al río.	
15	Sector No.3, El Estoraque por el Barranco.	
16	Sector No.3, La Tomatera entrada la Escuelita Vieja.	
17	Sector la Arboleda 1 y 2 El barranco que conduce a Boca del Monte.	
18	Sector No.3 Colonia la Libertad Sector Sur 5, Arboleda 1 y 2, entrada Colonia la Bendición	Sector Centro Parte Alta El Carmen
19	Área verde del sector.	Paisajes II El Carmen
20	Sector Central No.3, Calle Principal frente a la bomba.	Sector El Encinal El Carmen
21	Sector No.4 del Sector Central (atrás del pozo) y en predio de camionetas frente a Iglesia La Hermosa.	Sector IV el cementerio El Carmen
22	Sector El Bordo, Sector No.4 atrás de la Escuela en área verde.	Sector Central IV El Carmen
23	Barranco El Mango camino a Boca del Monte.	Sector V arboleda I y II El Carmen
24	Sector 2 Caminos, Lote 29 en terreno municipal de Aldea El Carmen	Sector dos caminos El Carmen
25	En los Ríos, Final Callejón (sector por donde vive la comadrona, Sra. Mari Conde)	Sector los olivos El Carmen
26	Puente los Olivos	
27	Barranco de Santa Sofía 1 y 2	Sector Santa Sofía I y II El Carmen
28	La Peña, Ultima garita	Aldea Salvadora II
29	2a. entrada callejón, área del campo Parte Alta, arriba de la vuelta la Plata	Aldea Nueva Concepción
30	Entrada a la vecindad de los Cerezos	Aldea Canchón
31	Calle Principal de la Laguna Bermeja	Sector Linda Vista Laguna Bermeja
32	Salida Puerta Parada, Finca San Luis	Sector Santo Domingo P.P. Cristo Rey
33	Sector No.1: donde se encuentra la Planta de Tratamiento en área verde.	

Continuación de la tabla X.

34	Sector No.1, manzana "K", al fondo del lote 1 en área verde.	Aldea Piedra Parada Cristo Rey
35	Manzana M, Lote 40 (al fondo por el rio)	
36	Sector No.2, manzana "E"	
37	Al inicio de la bajada a El Rosario	
38	Camino a Tacuazín	Aldea Piedra Parada Cristo Rey
39	Final del callejón el rito, del lado del Manzano La Libertad	Aldea Manzano La Libertad

Fuente: Municipalidad Santa Catarina Pínula/ Mod. Ing. Rommel Raudales e Ing, Marvin Grádiz, 2012

Figura 6. **Basurero clandestino zona 2**



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

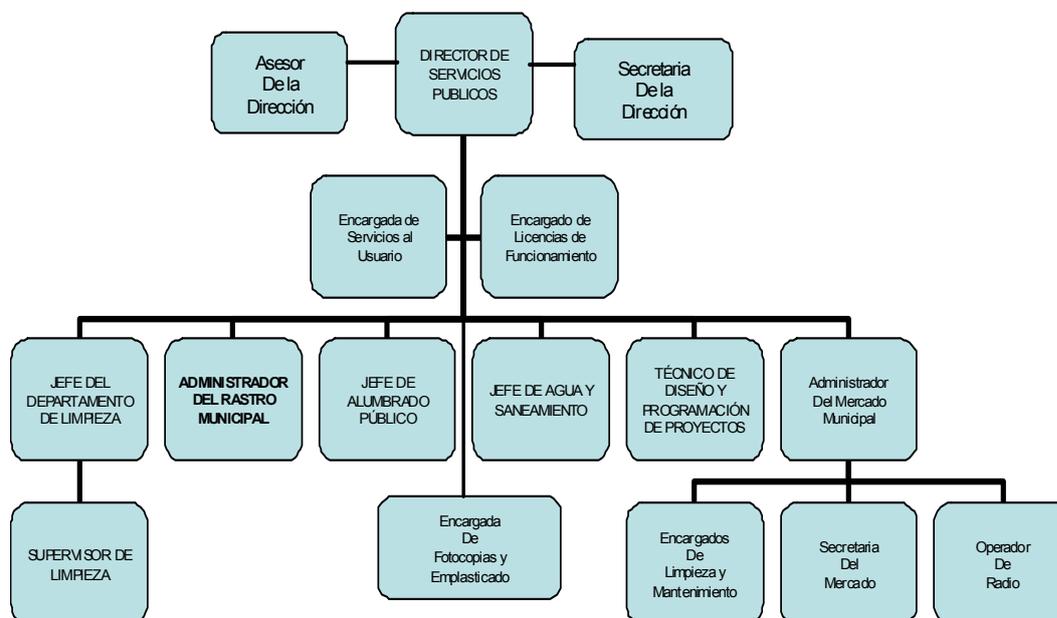
4.4. Manejo actual de los residuos sólidos

El servicio de recolección y transporte de residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula, fue manejado por mucho tiempo por la empresa privada, definiendo tarifas y políticas de servicio sin tomar en cuenta las necesidades y características de la comunidad. Dado las deficiencias del servicio de recolección privado, y la problemática derivada del inadecuado manejo de los residuos, la municipalidad emprende en el 2000 la creación de la división de limpieza, mediante la cual el municipio ha experimentado una mejoría en la atención a la demanda de servicios de recolección derivada del vertiginoso crecimiento urbanístico y comercial que presenta el municipio.

4.4.1. Manejo de los residuos sólidos a nivel municipal

El sistema de recolección municipal está a cargo de la Dirección de Servicios Públicos a través de su División de Limpieza. Dicha división fue creada en sesión celebrada por el Honorable Concejo Municipal, el 24 de febrero de 2000 en el punto resolutivo No.7, correspondiente a puntos varios Acta número 12-2000.

Figura 7. Organigrama de la dirección de servicios públicos



Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pínula.

Los servicios que presta la unidad de limpieza son los siguientes:

- Limpieza de carreteras, calles y callejones
- Extracción domiciliar
- Limpieza en instalaciones municipales
- Cuadrilla de chapeo
- Jardinización de áreas verdes
- Grupo elite

Para lo anterior el servicio de limpieza está integrado por 51 personas distribuidas de la siguiente forma:

- Jefe de departamento (1)
- Pilotos (7)
- Ayudantes de camión (15)
- Conserjes (5)
- Jardineros (3)
- Barrenderos (20)

4.4.1.1. Almacenamiento de residuos sólidos en el hogar

En el municipio de Santa Catarina Pínula, las personas utilizan diferentes tipos de recipientes para almacenar sus residuos sólidos previo a ser recolectados. Los más comunes son: costales, recipientes plásticos y cajas de cartón. El embalaje de los residuos se realiza en la mayor parte de los casos utilizando bolsas plásticas, no obstante algunas personas almacenan directamente sus residuos en los depósitos antes descritos, vertiéndolos directamente sobre los camiones el día que se presta el servicio. Dicha situación incrementa el tiempo empleado por los operadores durante la recolección, además de aumentar la posibilidad de que el residuo pueda sufrir voladuras a causa del viento, esto especialmente en aquellos camiones que no cuentan con un cajón cerrado.

Figura 8. **Recipientes plásticos utilizados para el almacenaje**



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

4.4.1.2. Recolección de residuos sólidos

La recolección es efectuada sin que exista un método estándar aplicado a la totalidad de las viviendas. Los procedimientos que se emplean con mayor frecuencia se describen a continuación:

- Se entra al inmueble a vaciar el contenido de los recipientes de basura sobre lienzos de plástico o costales.
- Se toca la puerta y la persona saca la basura y la entrega.
- La basura se coloca afuera sobre la acera y el recolector pasa recogéndola.
- El recolector toca la bocina o una campana y salen las personas a entregar su basura.
- Dejan colgadas las bolsas en algún lugar para el recolector.

La recolección de los residuos institucionales se lleva a cabo sin que exista un horario específico, se incluyen dentro de este proceso la recolección en las escuelas del municipio, el edificio de la Municipalidad, residuos comunes del Centro de Salud y la Policía Nacional.

4.4.1.3. Recolección y transporte municipal

La municipalidad cuenta con el siguiente equipo para transportar los residuos generados en las tareas de recolección domiciliar y barrido de calles:

- Camiones compactadores (3) capacidad 12 toneladas
- Barredora industrial (2)
- Camiones pequeños (2), capacidad 2 toneladas
- *Pick ups* (2), capacidad 0,17 toneladas

Actualmente de las aproximadamente 17 055 casas del municipio, solamente cuentan con el servicio de recolección municipal 829 viviendas, lo cual corresponde a un 4,86 por ciento el total. Al presente se cubren solamente la cabecera municipal con 789 casas, la colonia Las Ilusiones con 26 viviendas y la colonia Santo Domingo con 14 viviendas.

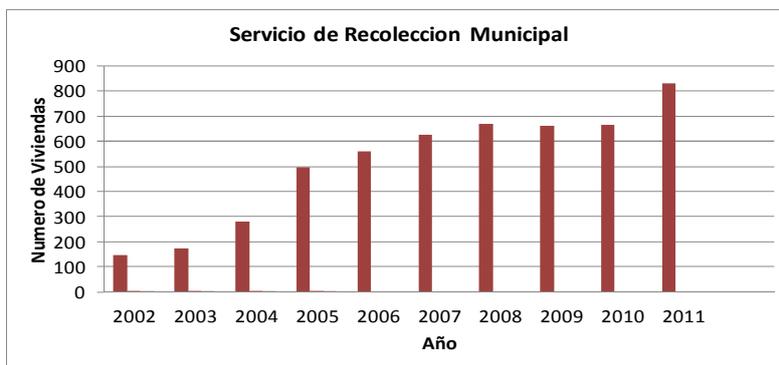
Figura 9. **Camión con capacidad para 2 y 12 toneladas respectivamente**



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

Desde que se inició el servicio, este ha experimentado un crecimiento paulatino tal como se observa en la figura 10.

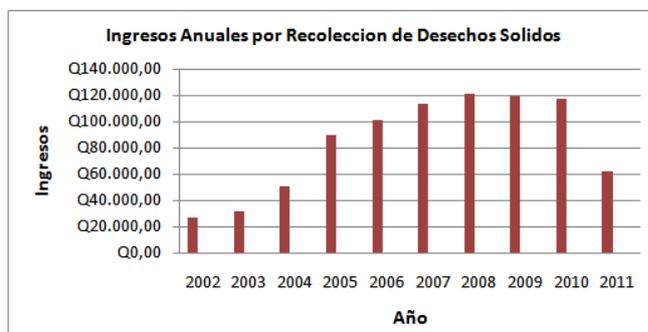
Figura 10. **Viviendas cubiertas por el servicio municipal de recolección domiciliar**



Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pínula.

El monto actual por el servicio de recolección es de 15,00 quetzales mensuales. Los pocos ingresos que la municipalidad recibe por concepto de esta actividad imposibilitan el aumento en la cobertura del servicio.

Figura 11. **Ingresos anuales por cobro de tarifa**



Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pínula.

4.4.1.4. Barrido de calles y áreas públicas

La municipalidad se encarga del barrido de las calles principales del municipio, así como de los residuos provenientes de los parques e instituciones públicas. Los residuos del barrido son llevados en las carretas de tracción manual a puntos estratégicos donde son descargados a mano, en los camiones recolectores de la Municipalidad. Una vez que los residuos han sido recolectados son llevados hasta el mini centro de transferencia, donde son vertidos de los camiones de 2 toneladas a los camiones compactadores. La estimación de los volúmenes de generación de residuos provenientes del barrido de calles y parques se muestra en la tabla XI.

Figura 12. **Barrido de calles y disposición en centro de transferencia**



Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

Tabla XI. **Barrido de calles y parques**

Ubicación	Dispositivo de Almacenaje	No. de recolectores	Capacidad (m ³)	Descarga por día	Volumen (m ³)
Cabecera municipal	Carreta de mano	4	0,21	2	1,68
El Pueblito	Carreta de mano	1	0,21	2	0,42
Parte Alta SCP.	Carreta de mano	10	0,21	2	4,20
El Carmen y Cuchilla del Carmen	Carreta de mano	5	0,21	2	2,10
				Total (m³)	8,40

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, según estudio, 2012

4.4.2. Sistema de recolección privada

Como se mencionó con anterioridad, la recolección y transporte de los residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula es llevada a cabo en su mayor porcentaje por empresas de carácter privado, siendo estas:

- Artradesgua 27 camiones
- Urbagua 6 camiones
- Ardgua 2 camiones

Entre los recolectores privados destaca Artradesgua que asocia 18 empresas o recolectores que cubren el mayor porcentaje del municipio, ver anexo I. Estas empresas efectúan un pago semestral de Q 300 por cada camión, lo cual representa un monto de 13 800 quetzales al año, el cual es mínimo, si se compara con los ingresos que estas empresas perciben.

Figura 13. **Camión de recolección privada empresa Artradesgua**



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

4.4.3. Frecuencias de recolección

Las frecuencias de recolección en el municipio de Santa Catarina Pínula varían de acuerdo al operario que la realiza, por ejemplo la recolección privada se realiza 3 veces por semana en las zonas donde estas prestan sus servicios, y la frecuencia de recolección municipal se realiza 2 veces por semana, ambos servicios de recolección realizan esta por medio de la técnica de puerta en puerta ya que no existen estaciones de transferencia o contenedores para agilizar esta labor.

4.4.4. Coberturas del manejo de los desechos sólidos en Santa Catarina Pínula

El manejo de los desechos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula, de parte de la alcaldía municipal se basa nada más en el barrido de calles, recolección de la basura de forma domiciliar y su disposición final en el relleno sanitario de tecnología apropiada de la Autoridad para el Manejo

Sustentable de la Cuenca del lago Amatitlan (AMSA), y de parte del servicio privado se enfoca principalmente en la recolección y la disposición final la realizan en el Botadero de la zona 3. Las coberturas de estos dos gestores del manejo de los residuos sólidos se detallan en el cuadro siguiente:

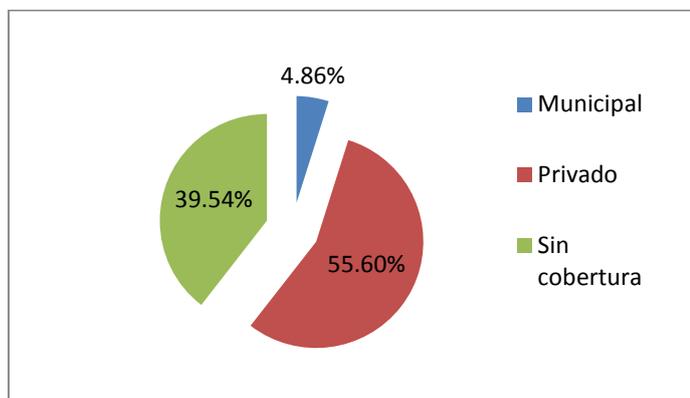
Tabla XII. **Cobertura de recolección de los residuos sólidos**

Operador	Casas servidas	% de Cobertura
Municipal	829	4,86
Privado	9483	55,6
Sin cobertura	6 743	39,54

Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pínula.

Como se puede observar en los porcentajes de cobertura de recolección brindados por los operadores privados y municipales en el municipio de Santa Catarina Pínula, existe un déficit de 39,54 por ciento, generando esto, los problemas identificados anteriormente y a la vez lo que da lugar a realizar prácticas inadecuadas como la quema, vertidos a cuerpos de agua, entre otros, ocasionando esto un mayor impacto negativo al ambiente y a la salud de las personas.

Figura 14. Coberturas de recolección de residuos sólidos



Fuente: Fuente: Municipalidad de Santa Catarina Pínula.

4.4.5. Disposición final

La disposición de los residuos sólidos generados en el municipio de Santa Catarina Pínula, es efectuada de dos formas; el sistema de recolección municipal dispone los residuos colectados en el relleno sanitario de tecnología apropiada de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago Amatitlan (AMSA), mientras el sistema de recolección privado vierten sus desechos en el botadero ubicado en la zona 3 de la ciudad de Guatemala.

Previo a la disposición final, el servicio de recolección municipal emplea una estación de transferencia, ubicada en el área del estacionamiento de vehículos de la municipalidad de Santa Catarina de Pínula. En este punto se transfieren todos los residuos recolectados por los camiones de menor tamaño, a camiones compactadores quienes efectúan el traslado hacia el relleno sanitario de AMSA ubicado en el municipio de Villa Nueva.

4.4.6. Manejo de los residuos sólidos hospitalarios

El municipio de Santa Catarina Pínula posee dos unidades o centros de salud, destinados a brindar atención ambulatoria a la población del municipio. Las actividades que demanda dicha atención dan lugar a la generación de residuos sólidos comunes y residuos que por su alta peligrosidad requieren de un manejo especializado. Para lo anterior el distrito de salud utiliza los servicios de la empresa ecotermo, quien efectúa la recolección, transporte y disposición final de los residuos generados en los dos centros de salud. Al ser unidades pequeñas (con un promedio de 211 atenciones mensuales) los residuos sólidos que aquí se generan se recolectan una vez por mes, siendo estos acumulados en la parte posterior de cada centro de salud, como se puede observar en la figura 15.

Figura 15. **Acumulación de los residuos sólidos hospitalarios**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz, 2012

Cabe mencionar que dichos centros de salud no cuentan con un lugar destinado específicamente al almacenamiento temporal de los residuos sólidos

hospitalarios, estos se encuentran a la intemperie, expuestos al contacto con las personas, lo cual supone un alto riesgo para la salud de quienes por allí se desplazan. La tabla XIII muestra la producción de residuos hospitalarios durante el presente año.

Tabla XIII. **Generación de residuos sólidos hospitalarios**

Tipo de Residuos	Meses analizados en 2012				Promedio mensual(Lb)
	Enero (Lb)	Febrero (Lb)	Marzo (Lb)	Abril (Lb)	
Bioinfeccioso	57	53	30	50	47,5
Punzocortante	42	125	19	47	58,25
Cultivos y cepas	0	0	17	16	16,5
Especiales	0	0	0	0	0
Placentas	0	0	0	0	0
				Total	122,25

Fuente. Centro de salud/ Santa Catarina Pínula.

4.4.7. Rastro y mercado municipal

Los residuos generados en el mercado y rastro municipal son recolectados de lunes a sábado por los vehículos de la municipalidad. El día sábado se presenta el mayor volumen de generación en el rastro municipal llegándose a producir un aproximado de 2 metros cúbicos de residuos, los cuales son dispuestos en el relleno sanitario de AMSA.

4.4. Reciclaje

En Santa Catarina Pínula se desarrolla el reciclaje de productos por medio de vehículos tipo *pick up* que circulan a lo largo de las diferentes zonas, recolectando los productos presentes en los residuos y llevándolos hacia

centros de acopio que actúan como intermediarios, ya que la mayor parte del producto reciclado es enviado hacia el municipio de Villa Nueva y el departamento de Escuintla. En la cabecera municipal existe únicamente un centro de acopio destinado a la compra de productos reciclados, se ubica en la zona 2 entre la séptima avenida y sexta calle, los precios que se pagan por los productos se detallan en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Precios por reciclaje de productos**

Material	Precio (Q/lb)*
Plástico	0,60
Hierro	0,70
Vidrio	0,05
Papel	0,20
Cartón	0,20

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

*Nota: Tasa de cambio mayo 2012 (\$1=Q7.80).

5. DISEÑO DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Implementar mejoras o diseñar sistemas de manejo y tratamiento de residuos sólidos en una localidad, implica la necesidad de conocer las características de esos residuos, su tasa de generación, así como su composición y densidad, lo cual es indispensable para determinar el método de almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final más adecuado.

La manera ideal de obtener esta información es a través de un estudio de caracterización de residuos sólidos, para lo cual se obtienen muestras de un determinado número de viviendas, que deberán ser representativas del universo de la población.

5.1. Delimitación del área de estudio

El estudio se enfocó en el análisis de los residuos sólidos de tipo domiciliar del área urbana de Santa Catarina Pínula, por cuanto estos constituyen el más alto porcentaje de generación en el municipio. Pese a lo anterior también se efectuó un pequeño análisis de los residuos institucionales y comerciales, así como lo referente al barrido de calles.

5.2. Premuestreo

El fin primordial de efectuar el premuestreo de los residuos sólidos, es determinar un valor de la producción per cápita por día (PPC) que permita a su vez estimar el número total de viviendas donde se colectaran las muestras.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizaron los criterios establecidos en la Norma Mexicana NMX-AA-61-1985, (Protección al ambiente - Contaminación del suelo – Residuos sólidos Municipales – Determinación de la generación.). La norma hace referencia en la selección de un riesgo “ α ” con que se realiza el muestreo, el cual depende de los siguientes factores:

- Conocimiento de la localidad
- Calidad técnica del personal participante
- Facilidad para realizar el muestreo
- Características de la localidad a muestrear
- Exactitud de la báscula por emplear

Tabla XV. **Número de viviendas para el muestreo en base al riesgo α**

Riesgo (α)	Tamaño de la muestra (n)
0,05	115
0,1	80
0,2	50
0,3	20

Fuente: Norma Mexicana NMX-AA-61-1985, (Protección al ambiente Contaminación del suelo, Residuos sólidos Municipales, Determinación de la generación.

Teniendo en cuenta el poco conocimiento que tenía la comunidad y las limitantes más que todo operacionales, se determinó que el riesgo para este muestreo preliminar podría andar entre el 0,20 a 0,30. Estimándose un riesgo de 0,28 e interpolando los datos de la tabla XV, se encontró que el valor de las viviendas a muestrear era de 26.

El premuestreo fue realizado entre los días 10 y 11 de noviembre de 2011, desarrollándose las siguientes actividades:

- Identificación de las viviendas
- Socialización del premuestreo
- Aplicación de encuesta
- Recolección y transporte de muestras
- Determinación de la PPC
- Determinación de la composición física y pH de la muestra

El resultado más relevante después de realizadas las actividades anteriores fue la determinación de la PPC, obteniéndose un valor de 0,50 kilogramo/persona-día.

Figura 16. **Actividades de pesaje premuestreo**



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2011

5.3. Determinación del tamaño real de la muestra de la caracterización

Para la obtención del tamaño de la muestra mediante el método del Dr. Sakurai, es necesario conocer los siguientes datos:

- Desviación estándar: valor que corresponde a la producción per cápita (PPC). En este estudio mediante el premuestreo se obtuvo un valor de 0,50 kilogramos/persona-día (500 gramos/persona-día)
- Error permisible: este valor oscila entre el 1 al 15 por ciento de la PPC. Específicamente en este caso se utilizará el 15 por ciento, de manera que se obtiene un error de 75 gramos/persona-día.
- Grado de confiabilidad: se asumirá un 95 por ciento.
- Número de casas del municipio de Santa Catarina Pínula. El total de viviendas se muestra en la tabla XVI, con el objetivo de que la muestra sea representativa, se hará una subdivisión de acuerdo al tipo de localidad.

Tabla XVI. **Distribución de viviendas por localidad**

Localidad	Numero	Casas	%
Colonia	41	7163	42%
Condominio	10	512	3%
Aldea	11	6140	36%
Caserío	8	2899	17%
Finca	13	341	2%
Total		17 055	100%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Municipalidad de Santa Catarina Pínula.

Teniendo en cuenta los datos anteriores, se empleará la siguiente fórmula para el cálculo de la muestra:

$$n = \frac{V^2}{\left(\frac{E}{1,96}\right)^2 + \left(\frac{V^2}{N}\right)}$$

Donde:

n = número de muestras a tomar aleatoriamente.

V = desviación estándar de la variable Xi (Xi = PPC de la vivienda i en gramos/persona-día).

E = error permisible en la estimación de PPC en gramos/persona-día

N = número total de viviendas definido.

Sustituyendo en la ecuación descrita anteriormente se encuentra el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{500^2}{\left(\frac{75}{1,96}\right)^2 + \left(\frac{500^2}{17\,055}\right)} = 169$$

Una vez obtenido el tamaño de la muestra, se procede a distribuirla de acuerdo a los porcentajes por cada localidad.

Tabla XVII. **Distribución de viviendas por localidad según muestra**

Localidad	Numero	Casas	%	% / Localidad
Colonia	41	7 163	42%	71
Condominio	10	512	3%	5
Aldea	11	6 140	36%	61
Caserío	8	2 899	17%	29
Finca	13	341	2%	3
Total		17 055	100%	169

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

5.4. Caracterización de los residuos sólidos en santa Catarina Pínula

Figura 17. **Esquema de actividades caracterización**



Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

5.4.1. Socialización del estudio

La socialización del estudio se realizó entre los días 3 y 4 de marzo de 2012, contando con el apoyo de la alcaldía municipal y la colaboración de los operadores privados, quienes se comprometieron a no recolectar los residuos en las viviendas participantes durante el período de muestreo. Durante esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

- Identificación de las viviendas
- Socialización del estudio de caracterización con cada jefe de familia
- Aplicación de encuesta
- Entrega de bolsas plásticas para recolección de muestras

Figura 18. **Socialización del estudio con las familias seleccionadas**



Fuente: Ing. Oscar Ramírez, 2012

5.4.2. Equipo utilizado para caracterización de los residuos

El departamento de servicios públicos, brindo todo el apoyo necesario para la recolección y transporte de las muestras durante los días de caracterización. El total del recurso empleado fue el siguiente:

Recurso humano

- 1 Motorista
- 3 Recolectores

Equipo de bioseguridad

- 15 Mascarillas
- 4 Pares de Guantes

Equipo

- Camión compactador
- Camión (Cap. 2 toneladas)
- 2 balanzas
- 1 000 bolsas plásticas negras de 37"x29"
- 1 vehículo *pick up*
- 180 *sticker*
- 3 palas
- 3 escobas
- *nylon*
- 8 recipientes plásticos

5.4.3. Período de muestreo

Las labores de muestreo se realizaron durante cinco días consecutivos, comprendidos entre el 5 y 9 de marzo de 2012. Para asegurar la veracidad de los resultados se dispuso previamente descartar las muestras recolectadas durante el primer día de caracterización, por considerar que las mismas no correspondían a un solo día de generación, desconociéndose además su tiempo de almacenaje.

5.4.4. Lugar seleccionado para realizar la caracterización

Mediante la PPC obtenida durante el premuestreo (0,50 kg/h/día), se proyectó que se trabajaría con aproximadamente media tonelada diaria de residuos, de manera que se requirió de un espacio físico amplio, donde se pudieran desarrollar de manera eficiente las labores de descarga, pesaje y análisis de composición física. Debido a factores como; la seguridad, espacio requerido y cercanía de viviendas, la municipalidad optó por proveer un terreno dentro de sus instalaciones ubicadas en la zona 2 del municipio, el cual es conocido como el área de talleres.

5.4.5. Descripción de los trabajos realizados durante el período de muestreo

5.4.5.1. Primer día

Se explicó a los colaboradores de la municipalidad los lineamientos necesarios para realizar de manera eficiente las actividades de recolección y transporte de los residuos sólidos. Así mismo se expusieron las técnicas a

utilizar para la determinación de la densidad, composición física y producción per cápita.

Se procedió a la recolección casa por casa retirando las bolsas conteniendo los residuos producidos durante los días 03 y 04 marzo de 2012. Una vez retiradas, se proporcionó una nueva bolsa para depositar el material producido durante el día, en el entendido de que la misma sería retirada al día siguiente.

Este día fue necesario reforzar los objetivos del estudio, ya que algunas personas desconocían lo que se estaría realizando durante la semana. Se contó con la participación de 101 viviendas, correspondientes a un 61,21 por ciento del total del espacio muestral, descartando las muestras como se había establecido previamente.

Figura 19. **Bolsas codificadas según la vivienda de las cuales proceden**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz, 2012

5.4.5.2. Segundo día

Se contó con una participación de 99 viviendas, correspondientes al 60 por ciento de la muestra seleccionada. Algunos de los aspectos que limitaron la participación, durante los primero dos días de caracterización fueron los siguientes:

- La diferencia de horarios entre el recorrido de los operarios privados y el personal técnico de la Municipalidad. Dicha situación generó confusión entre la población, facilitando que en alguna viviendas se entregara las bolsas a los recolectores privados.
- Negativa de las personas en participar, aduciendo que iban a perder la cobertura de recolección privada, de la cual se han servido tradicionalmente.
- El inicio de las labores de recolección fue a las 7 horas, por lo que en algunas viviendas no había ninguna persona que proporcionará las bolsas conteniendo las muestras.

Una vez que los residuos sólidos fueron recolectados se trasladaron hacia el área de Talleres, donde se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Pesaje de las bolsas. Se efectuó teniendo en consideración el número correlativo que portaba cada una de las bolsas, a fin de anotarlos de conformidad con la vivienda de la cual procedía. Al final del pesaje se obtuvo una producción total de 399,80 kilogramos de residuos correspondientes a las 99 viviendas participantes durante este día.

- Preparación de la superficie del terreno para la determinación de la densidad y composición física de los residuos sólidos. Para lo anterior se colocó un nylon sobre el suelo, a fin de evitar que los residuos entraran en contacto directo con el suelo, disminuyendo de esta forma la alteración de la muestra.
- Determinación de la densidad y composición física de los residuos sólidos.

Adicionalmente se preparó una muestra para la determinación del pH, porcentaje de humedad, y porcentaje de cenizas. Dichos análisis fueron realizados en el laboratorio de química y microbiología sanitaria Dra. Alba Estela Tabarini Molina, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 20. **Descarga y pesaje de bolsas**



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

5.4.5.3. Tercer día

Se logró la participación de 116 viviendas, correspondientes a un 70,30 por ciento de la muestra seleccionada, obteniéndose una producción total de 382,00 kilogramos. Durante este día se trasladó al laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, una muestra de materia orgánica triturada, con el objetivo de determinar si esta era apta para la elaboración de compost.

Figura 21. Trabajos realizados en la caracterización



Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

5.4.5.4. Cuarto día

La participación fue de 110 casas, equivalente al 66,67 por ciento del total de la muestra, se obtuvo una producción total de 346,40 kilogramos, siendo esta la menor registrada durante el período de caracterización.

Figura 22. **Cuarteo y clasificación de los residuos sólidos domiciliarios por categoría**



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

5.4.5.5. Quinto día

La recolección se desarrolló de forma normal, sin que se presentase inconveniente alguno. Se explicó a las familias que ese día culminaban las tareas de recolección y análisis propios de la caracterización, agradeciendo por el apoyo brindado a lo largo de la semana. No fue necesaria la entrega de la bolsa plástica por ser este el último día de análisis. La participación total fue de 106 viviendas, representando el 64,24 por ciento del espacio muestral. La producción obtenida fue de 418,50 kilogramos.

5.4.6. Disposición final de los residuos utilizados durante la caracterización

Las muestras analizadas fueron descartadas en forma diaria, siendo estas trasladadas desde el área de talleres, hasta el relleno sanitario de tecnología mejorada de AMSA para su disposición final.

5.5. Caracterización de residuos sólidos institucionales

La caracterización de los residuos sólidos institucionales, se llevó a cabo en coordinación con el departamento de limpieza, para esto se tomaron muestras provenientes del edificio de la Municipalidad, de la Escuela Pública 810 y de la Escuela de la comunidad de El Pueblito.

Las muestras fueron colectadas el día viernes 11 de mayo en un horario de 7 a 10 horas. Se trasladaron al centro de transferencia, ubicado en la zona 1 del municipio, donde se llevó a cabo la caracterización. El trabajo se centró en la determinación de la densidad y la composición física de los residuos sólidos.

Durante este análisis se aprovechó además para determinar la densidad de una muestra de residuos provenientes del barrido de calles, lo cual es útil para determinar el peso correspondiente a la producción diaria.

5.6. Caracterización de residuos sólidos comerciales

Pese a que el estudio se enfocó en el manejo de los residuos sólidos de tipo domiciliar, se tuvo la oportunidad de analizar una muestra de los residuos sólidos de tipo comercial, que son producidos en la cabecera municipal. Para esto se incluyeron comercios como: tiendas, farmacias, pastelerías, papelerías, panaderías entre otros.

La identificación de los negocios participantes se llevó a cabo el día lunes 14 de mayo, durante este día se aprovechó además para proveer las bolsas para captar las muestras. Los trabajos de recolección se hicieron el día martes 14 de mayo en un horario de 10 a 11 horas, disponiendo para dichas

tareas de un vehículo *pick up* el cual transporto las muestras hasta el centro de transferencia, lugar donde se llevó a cabo las tareas de caracterización.

6. RESULTADOS DEL ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

6.1. Premuestreo

Durante la ejecución del premuestreo, que se efectuó en un único día, la determinación de la composición de los residuos sólidos provenientes de 26 viviendas ubicadas en el casco urbano del municipio, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla XVIII. Resultados caracterización premuestreo

Categorías	Peso (kg)	%
Papel	7,01	16,64
Cartón	1,68	3,99
Plástico	7,8	18,52
Restos de comida	23,55	55,91
Metales	0,77	1,83
Duroport	0,4	0,95
Textiles y hule	0,43	1,02
Vidrio	0,36	0,85
Desechos peligroso	0,12	0,28
Total	42,12	100,00
PPC (Kg/persona-día)	0,50	
pH	4,94	

Fuente: Ing. Rommel Ruadales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

Los resultados de la aplicación de la encuesta efectuada durante el premuestreo se presentan en la tabla XIX.

Tabla XIX. **Consolidado de resultados obtenidos durante la aplicación de la encuesta del muestreo**

Descripción	Resultado
1. Habitantes por vivienda	
Promedio	5,78 personas
2. Formas de disposición de residuos sólidos	
Recolección camión municipal	56,00%
Recolección camión privado	44,00%
3. Frecuencia de recolección de residuos sólidos	
1 día de por medio	11,11%
3 veces por semana	61,11%
2 veces por semana	22,22%
4. Hogares que practican técnicas de reciclaje	
Práctica	44,44%
No practican	55,56%
5. Disposición para clasificar los residuos sólidos en orgánicos e inorgánicos	
Si está dispuesto	77,78%
No está dispuesto	22,22%
6. Percepción de la calidad del servicio de recolección	
Buena	61,11%
Mala	11,11%
Regular	27,78%
7. Costo promedio de la tarifa de recolección	
Q 10 a 20	50,00%
Q 20 a 30	33,33%
Q 30 a 40	16,67%
mas de Q 40	0,00%
8. Percepción del costo del servicio de recolección	
Alto	11,11%
Medio	77,78%
Bajo	11,11%
9. Considera que el servicio debe de ser mejorado	
Si	77,78%
No	22,22%

Continuación tabla XIX.

Descripción	Resultado
10. Frecuencia de recolección ideal según el usuario	
Día de por medio	22,22%
3 veces a la semana	66,67%
2 veces a la semana	11,11%
11. Disposición a pagar más por mejoras al servicio	
No está dispuesto	44,44%
Si está dispuesto	55,56%
12. Considera que el servicio debe de ser manejado por	
La municipalidad	77,78%
Operadores privados	22,22%

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

6.2. Residuos sólidos domiciliarios

6.2.1. Producción per cápita (ppc)

Los resultados de la producción per cápita por vivienda se presentan en la tabla XX. Dichos valores son indispensables para la determinación del promedio de la producción per cápita a nivel domiciliario, los cuales se ven reflejados en la tabla XXI.

Tabla XX. Resultados diarios de la PPC por vivienda

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
1	6	Si	12,00	1,00	2,50	0,00	15,50	3	0,86
2	5	x	0,00	0,00	3,00	0,00	3,00	1	0,60
3	5	x	1,50	1,60	2,00	0,00	5,10	3	0,34
4	4	x	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	1	0,75
5	5	x	1,50	3,50	4,40	5,00	14,40	4	0,72
6	5	Si	11,50	0,00	6,30	0,00	17,80	2	1,78
7	5	x	0,00	0,00	0,00	5,50	5,50	1	1,10
8	2	x	8,60	0,00	0,00	4,00	12,60	2	3,15
9	3	x	0,00	0,00	12,80	3,40	16,20	2	2,70
10	13	x	0,00	0,00	3,00	5,70	8,70	2	0,33
11	2	x	0,00	0,00	3,50	0,00	3,50	1	1,75
12	10	x	1,20	0,00	0,60	3,30	5,10	3	0,17
13	7	x	5,60	3,90	2,50	0,50	12,50	4	0,45
14	7	Si	5,30	7,30	8,00	5,50	26,10	4	0,93
15	6	Si	11,30	4,50	0,00	0,00	15,80	2	1,32

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
16	4	Si	0,00	2,70	0,00	3,20	5,90	2	0,74
17	5	Si	0,90	0,60	1,60	1,00	4,10	4	0,21
18	4	x	0,00	0,50	0,70	0,00	1,20	2	0,15
19	6	Si	1,50	2,60	1,00	0,00	5,10	3	0,28
20	2	x	2,90	0,00	1,50	0,00	4,40	2	1,10
21	4	Si	0,80	2,90	1,00	3,00	7,70	4	0,48
22	4	Si	0,00	0,00	2,20	3,00	5,20	2	0,65
23	2	Si	3,00	0,00	2,90	0,00	5,90	2	1,48
24	4	Si	0,50	1,90	0,70	6,00	9,10	4	0,57
25	4	Si	2,30	0,00	0,50	2,00	4,80	3	0,40
26	9	Si	0,00	0,00	0,70	9,00	9,70	2	0,54
27	8	Si	1,00	0,50	3,50	2,60	7,60	4	0,24
28	3	x	0,00	3,50	3,00	2,80	9,30	3	1,03
29	5	x	4,30	3,60	0,00	0,00	7,90	2	0,79
30	4	Si	0,70	1,00	1,00	3,00	5,70	4	0,36

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
31	1	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
32	5	x	0,00	1,00	0,50	1,00	2,50	3	0,17
33	4	Si	1,80	1,70	2,50	0,00	6,00	3	0,50
34	10	Si	5,20	0,00	0,00	3,50	8,70	2	0,44
35	15	Si	8,00	0,00	14,00	0,00	2,00	2	0,73
36	4	Si	2,40	5,50	2,20	2,20	12,30	4	0,77
37	4	Si	0,90	2,00	3,50	0,00	6,40	3	0,53
38	13	Si	9,70	3,90	8,40	6,50	28,50	4	0,55
39	6	Si	2,70	7,00	7,00	4,50	21,20	4	0,88
40	6	x	0,00	3,30	3,20	0,00	6,50	2	0,54
41	3	Si	7,50	2,90	3,80	4,00	18,20	4	1,52
42	5	x	3,00	0,60	0,00	0,00	3,60	2	0,36
43	2	Si	0,00	5,30	0,00	0,00	5,30	1	2,65
44	6	Si	2,80	1,50	1,70	3,70	9,70	4	0,40
45	5	Si	1,40	4,20	4,00	4,00	13,60	4	0,68

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
46	5	Si	6,30	3,90	2.20	0,00	12,40	3	0,83
47	2	Si	3,80	2,50	4.00	2,50	12,80	4	1,60
48	5	Si	0,00	1,50	0.50	1,80	3,80	3	0,25
49	5	Si	10,00	3,50	3.20	0,00	16,70	3	1,11
50	7	Si	4,00	5,30	0.00	13,50	22,80	3	1,09
51	3	Si	3,90	0,00	0.00	0,00	3,90	1	1,30
52	4	Si	0,00	1,00	0.00	0,00	1,00	1	0,25
53	5	x	6,70	7,00	7.50	5,20	26,40	4	1,32
54	2	Si	0,50	1,20	2.00	1,00	4,70	4	0,59
55	5	Si	2,40	0,00	0.00	2,00	4,40	2	0,44
56	5	x	2,30	0,00	0.00	6,60	8,90	2	0,89
57	4	x	0,00	1,70	0.00	3,80	5,50	2	0,69
58	3	x	3,20	1,70	1.20	1,80	7,90	4	0,66
59	7	x	1,30	1,30	1.70	2,00	6,30	4	0,23
60	10	x	0,00	10,50	0.00	9,70	20,20	2	1,01

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
61	3	x	0,80	1,80	1,80	5,10	9,50	4	0,79
62	2	x	1,00	1,80	0,70	5,10	8,60	4	1,08
63	10	x	2,20	3,80	1,50	4,50	12,00	4	0,30
64	6	Si	2,80	4,60	0,00	19,20	26,60	3	1,48
65	3	x	7,80	0,00	2,30	5,60	15,70	3	1,74
66	6	x	3,90	6,60	1,00	10,00	21,50	4	0,90
67	6	x	0,10	0,00	1,90	2,00	4,00	3	0,22
68	3	x	0,00	1,50	0,00	3,00	4,50	2	0,75
69	3	x	4,00	1,80	2,50	2,70	11,00	4	0,92
70	6	Si	16,80	7,80	3,60	0,00	28,20	3	1,57
71	10	Si	10,40	2,90	4,30	0,00	17,60	3	0,59
72	12	x	0,50	9,70	3,70	6,00	19,90	4	0,41
73	3	Si	6,20	0,00	5,20	1,00	12,40	3	1,38
74	5	Si	2,20	5,00	1,40	14,50	23,10	4	1,16
75	5	x	0,00	8,50	3,50	3,40	15,40	3	1,03

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
76	1	Si	0,00	0,00	0,70	0,00	0,70	1	0,70
77	5	Si	0,00	0,00	0,00	11,00	11,00	1	2,20
78	5	Si	2,40	5,90	4,50	3,20	16,00	4	0,80
79	9	Si	25,80	2,00	0,00	11,50	39,30	3	1,46
80	5	Si	0,00	9,70	7,00	5,30	22,00	3	1,47
81	4	x	0,00	0,00	2,80	2,30	5,10	2	0,64
82	1	Si	1,00	1,00	2,00	3,70	7,70	4	1,93
83	5	Si	1,20	1,10	0,00	1,40	3,70	3	0,25
84	4	Si	1,70	0,60	0,00	0,00	2,30	2	0,29
85	4	Si	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
86	7	Si	8,60	3,50	4,60	2,50	19,20	4	0,69
87	7	Si	10,00	6,00	11,00	4,50	31,50	4	1,13
88	4	Si	1,90	2,60	4,00	5,00	13,50	4	0,84
89	5	Si	0,00	1,00	1,80	5,50	8,30	3	0,55
90	3	x	0,00	2,80	2,50	4,50	9,80	3	1,09

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
91	15	Si	1,10	2,00	2,70	2,50	8,30	4	0,14
92	5	Si	1,10	1,50	3,00	0,00	5,60	3	0,37
93	8	Si	1,10	2,00	5,50	2,50	11,10	4	0,35
94	5	x	0,50	1,50	0,50	0,00	2,50	3	0,17
95	4	Si	6,00	2,70	6,00	5,50	20,20	4	1,26
96	5	x	1,40	1,40	2,20	3,00	8,00	4	0,40
97	8	Si	1,50	1,00	1,30	0,80	4,60	4	0,14
98	4	Si	1,30	1,00	1,00	2,00	5,30	4	0,33
99	4	Si	1,60	1,30	0,00	3,50	6,40	3	0,53
100	5	Si	1,90	2,80	1,90	2,40	9,00	4	0,45
101	5	x	0,00	2,70	8,00	0,00	10,70	2	1,07
102	11	x	0,00	2,30	0,00	0,00	2,30	1	0,21
103	2	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
104	6	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
105	2	Si	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
106	7	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
107	5	Si	11,00	6,30	1,00	5,40	23,70	4	1,19
108	3	Si	0,00	0,00	1,50	0,70	2,20	2	0,37
109	3	Si	17,50	4,40	0,00	4,70	26,60	3	2,96
110	4	Si	0,00	0,70	8,60	1,00	10,30	3	0,86
111	7	Si	2,80	2,70	1,50	0,00	7,00	3	0,33
112	6	x	3,20	0,00	0,00	0,00	3,20	1	0,53
113	5	Si	0,00	9,70	2,50	0,00	12,20	2	1,22
114	10	Si	1,20	0,50	5,60	2,50	9,80	4	0,25
115	8	Si	3,50	8,30	0,00	0,00	11,80	2	0,74
116	5	x	4,60	2,30	2,00	2,20	11,10	4	0,56
117	7	Si	0,00	4,90	2,50	5,00	12,40	3	0,59
118	5	Si	1,50	0,50	0,50	0,75	3,25	4	0,16
119	2	Si	1,50	2,00	0,50	0,75	4,75	4	0,59
120	3	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
121	5	x	0,00	1,90	4,00	3,20	9,10	3	0,61
122	6	x	1,00	0,00	2,00	0,50	3,50	3	0,19
123	4	x	0,00	1,40	1,00	0,00	2,40	2	0,30
124	1	Si	0,00	1,20	0,00	0,00	1,20	1	1,20
125	4	Si	0,00	3,80	0,00	4,50	8,30	2	1,04
126	10	Si	1,00	7,80	0,00	0,00	8,80	2	0,44
127	4	Si	0,00	7,70	0,00	4,00	11,70	2	1,46
128	3	Si	0,00	4,90	0,50	1,50	6,90	3	0,77
129	7	Si	9,50	4,30	0,00	3,60	1,,40	3	0,83
130	7	Si	1,80	4,70	3,70	6,50	16,70	4	0,60
131	5	x	0,00	1,50	3,00	2,00	6,50	3	0,43
132	7	Si	0,70	1,50	0,50	1,20	3,90	4	0,14
133	5	Si	1,70	0,50	0,50	1,00	3,70	4	0,19
134	5	Si	0,00	5,00	0,00	0,00	5,00	1	1,00
135	3	x	0,00	1,00	0,00	0,50	1,50	2	0,25

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
136	4	x	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	1	0,13
137	4	Si	3,30	0,00	2,40	0,00	5,70	2	0,71
138	10	Si	4,00	1,80	1,00	0,80	7,60	4	0,19
139	2	Si	9,50	10,00	7,90	9,50	36,90	4	4,61
140	2	Si	0,00	1,50	0,00	0,00	1,50	1	0,75
141	3	x	3,50	1,80	0,00	1,70	7,00	3	0,78
142	5	Si	1,30	0,00	0,00	0,00	1,30	1	0,26
143	3	Si	0,40	3,00	2,00	3,40	8,80	4	0,73
144	4	Si	2,00	1,20	0,30	0,00	3,50	3	0,29
145	15	Si	0,00	2,80	0,00	1,50	4,30	2	0,14
146	5	Si	0,00	3,00	6,00	4,30	13,30	3	0,89
147	3	x	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
148	7	Si	2,80	0,00	2,40	0,00	5,20	2	0,37
149	1	Si	0,00	7,00	0,00	2,60	9,60	2	4,80
150	6	Si	3,40	2,70	5,30	5,60	17,00	4	0,71

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab.	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
151	5	x	0,00	0.00	0,00	0,00	0,00	0	-
152	5	x	0,00	0.00	0,00	9,00	9,00	1	1,80
153	5	x	0,00	3.00	0,00	1,90	4,90	2	0,49
154	3	Si	0,00	0.00	3,20	0,00	3,20	1	1,07
155	3	Si	4,60	0.00	1,30	2,00	7,90	3	0,88
156	8	Si	0,00	5.00	5,00	4,80	14,80	3	0,62
157	5	x	0,00	2.00	3,00	1,50	6,50	3	0,43
158	4	x	0,00	2.00	5,30	3,40	10,70	3	0,89
159	7	x	7,00	0.00	0,00	0,00	7,00	1	1,00
160	6	Si	0,00	0.00	0,00	0,00	0,00	0	-
161	5	Si	0,00	1.30	2,00	0,00	3,30	2	0,33
162	13	x	0,00	0.00	0,00	0,00	0,00	0	-
163	4	x	0,00	0.80	4,50	0,00	5,30	2	0,66
164	6	Si	0,00	0.00	0,00	0,00	0,00	0	-
165	6	X	0,00	7.80	6,00	2,50	16,30	3	0,91

Continuación de la tabla XX.

No.	Hab	RSD generados por día (kg)					Rec. (kg)	Frec. Part.	PPC (kg/p.d)
		L	M	Mi	J	V			
166	5	X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
167	5	X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
168	6	X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
169	5	X	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	-
Total	891	0,00	399,80	382,00	346,40	418,50	1546,70	PPC	0.83

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

Tabla XXI. **Resultados de la producción de residuos sólidos por persona por día (PPC)**

Descripción	Valor
Tamaño de la muestra (n)	153
PCC Promedio (Kg./hab./día)	0,83
Desviación estándar	0,73
Límite inferior (Kg./hab./día)	0,10
Límite superior (Kg./hab./día)	1,56
Máximo (Kg./hab./día)	4,80
Mínimo (Kg./hab./día)	0,13
Tamaño mínimo de la muestra	99

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

6.2.2. Composición de los residuos sólidos domiciliarios

La determinación de las fracciones de composición de los residuos sólidos, se realizó clasificándolos en las siguientes categorías:

- Papel y cartón
- Plástico
- Pet
- Restos de comida
- Aluminio
- Duroport
- Textiles y hule
- Vidrio
- Papel higiénico y pañales
- Madera

Tabla XXII. **Composición promedio de los residuos sólidos de origen domiciliario en el Municipio de Santa Catarina Pínula**

Categorías	%
Papel y cartón	7,06
Plástico	6,56
Pet	1,68
Restos de comida	57,82
Metales	1,17
Duroport	0,47
Textiles y hule	6,36
Vidrio	2,40
Papel Higiénico y pañales	15,90
Madera	0,57
Total	100,00

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

Los promedios de composición se establecieron tomando en cuenta los valores por categoría obtenidos durante los días martes 06 a viernes 09 de marzo de 2012, ver tabla XXIII.

Tabla XXIII. **Composición de los residuos sólidos durante los diferentes días de caracterización**

Categorías	Martes 06-03-2012		Miércoles 07-03-2012	
	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%
Papel y cartón	10,70	11,23	4,10	7,09
Plástico	5,10	5,35	3,90	6,75
Pet	1,40	1,47	0,50	0,87
Restos de comida	54,90	57,61	29,50	51,04
Metales	0,40	0,42	0,40	0,69
Duroport	0,50	0,52	0,20	0,35
Textiles y hule	5,30	5,56	6,00	10,38
Vidrio	1,00	1,05	1,00	1,73
Papel Higiénico y pañales	15,80	16,58	11,20	19,38
Madera	0,20	0,21	1,00	1,73
Total	95,30	100,00	57,80	100,00

Categorías	Jueves 08-03-2012		Viernes 09-03-2012	
	Peso (kg)	%	Peso (kg)	%
Papel y cartón	2,40	4,14	3,50	5,79
Plástico	3,50	6,03	4,90	8,11
Pet	1,30	2,24	1,30	2,15
Restos de comida	33,20	57,24	39,50	65,40
Metales	1,40	2,41	0,70	1,16
Duroport	0,10	0,17	0,50	0,83
Textiles y hule	3,50	6,03	2,10	3,48
Vidrio	3,00	5,17	1,00	1,66
Papel Higiénico y pañales	9,50	16,38	6,80	11,26
Madera	0,10	0,17	0,10	0,17
Total	58,00	100,00	60,40	100,00

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

6.2.3. Densidad, potencial de hidrógeno, porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas

El parámetro de densidad fue determinado en el sitio donde se realizó la caracterización. Los parámetros de pH, porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas, fueron realizados en el laboratorio unificado de química y microbiología sanitaria Dra. Alba Estela Tabarini Molina, de la universidad de San Carlos de Guatemala.

Estos parámetros se determinaron realizando análisis de la materia orgánica presente en los residuos sólidos recolectados en el municipio en estudio. Se efectuaron tres análisis de cada parámetro, realizando un promedio para encontrar el valor de cada uno de ellos.

Tabla XXIV. **Resultados de densidad, pH, porcentaje de humedad y porcentaje de cenizas**

Parámetro	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Promedio
Densidad (kg/m ³)	237,97	215,19	250,63	229,11	233,23
pH	6,52	6,49	4,65	6,48	6,035
% Humedad	84,43	61,86	67,29		71,19
% Cenizas	10,83	14,38	10,15		11,79

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

6.2.4. Relación carbono/nitrógeno y análisis químico de la materia orgánica

Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, requiriendo para lo anterior una muestra triturada de 500 gramos. Estos análisis

se realizaron con el objetivo de determinar si las características de la materia orgánica en estudio son las adecuadas para la elaboración de compost.

Tabla XXV. **Relación Carbono/Nitrógeno y análisis químico de la materia orgánica**

Parámetro	Valor	Unidad
pH	5,60	
Conductividad Eléctrica	22,55	mS/cm
P	0,44	%
K	4,99	%
Ca	1,38	%
Mg	0,42	%
Cu	10	ppm
Zn	25	ppm
Fe	635	ppm
Mn	40	ppm
Na	3000	ppm
C.O	45,60	%
NT	1,76	%
C:N	25,9 : 1	

Fuente: Laboratorio de Suelos/Facultad de Agronomía/USAC, 2012

6.5. Composición residuos sólidos institucionales

La composición de la fracción de residuos sólidos provenientes de la municipalidad y las escuelas públicas de la cabecera municipal, se presenta en la tabla XXVI.

Tabla XXVI. **Composición de los residuos sólidos de origen institucional**

Categorías	Peso (kg)	%
Papel y cartón	20,44	33,24
Plástico	5,55	9,02
Pet	2,08	3,38
Restos de comida	26,68	43,38
Metales	0,34	0,56
Duroport	2,08	3,38
Textiles y hule	0,34	0,56
Vidrio	0,17	0,28
Papel Higiénico	3,81	6,20
Madera	0,00	0,00
Total	61,50	100,00

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

Tabla XXVII. **Densidad de los residuos sólidos de origen institucional**

Parámetro	Valor
Volumen	0,079
Peso	5,60
Densidad	70,89

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

6.6. Composición de residuos comerciales

La composición de la fracción de residuos sólidos provenientes de los diferentes comercios de la cabecera municipal, se presenta en la tabla XXVIII.

Tabla XXVIII. **Composición de los residuos sólidos de origen comercial**

Categorías	Peso (kg)	%
Papel y cartón	8,70	16,62
Plástico	12,67	24,20
Pet	1,53	2,92
Restos de comida	20,76	39,65
Metales	0,46	0,87
Duroport	0,76	1,46
Textiles y hule	0,92	1,75
Vidrio	0,15	0,29
Papel Higiénico	3,05	5,83
Madera	0,15	0,29
Desechos electrónicos	0,15	0,29
Inertes	3,05	5,83
Total	52,35	100,00

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

Tabla XXIX. **Densidad de los residuos sólidos de origen institucional**

Parámetro	Valor
Volumen	0,079
Peso	13,80
Densidad	174,68

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

6.7. Carga contaminante de los residuos sólidos

La composición de los residuos sólidos permite estimar la carga contaminante según el origen del residuo, los resultados se muestran en la tabla XXX.

Tabla XXX. **Carga contaminante según el origen de los residuos sólidos**

Origen Residuos sólidos	Fórmula (base húmeda)
Domiciliar	C _{29,28} H _{45,57} O _{16,97} NS _{0,07}
Institucional	C _{43,98} H _{68,39} O _{25,92} NS _{0,09}
Comercial	C _{47,17} H _{71,66} O _{23,38} NS _{0,08}

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

6.8. Barrido de calles

La densidad obtenida para los residuos provenientes del barrido de calles fue de 162,03 kilogramos por metro cúbico, esto permite estimar las producciones en las diferentes zonas donde se cuenta con el servicio.

Tabla XXXI. **Determinación de la densidad de los residuos sólidos provenientes del barrido de calles**

Parámetro	Valor
Volumen (m ³)	0,079
Peso (Kg.)	12,80
Densidad (Kg/m ³)	162,03

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

6.7. Resultado de la encuesta

Durante la socialización se efectuó el levantamiento de una pequeña encuesta que consta de 5 preguntas breves, que abordan la percepción de los usuarios con respecto al manejo actual de los residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula. Se levantó un total de 169 encuestas, correspondientes a los hogares incluidos dentro del estudio, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla XXXII. **Resultados encuesta sobre manejo de los residuos sólidos**

Descripción	Resultado
1. Habitantes por vivienda	
Promedio	5,27 personas
2. Formas de disposición de residuos sólidos	
Recolección camión municipal	38,17%
Recolección camión privado	60,49%
Otro	1,34%
Descripción	Resultado
3. Frecuencia de recolección de residuos sólidos	
1 día de por medio	1,90%
3 veces por semana	67,72%
2 veces por semana	29,11%
1 día a la semana	1,27%
4. Costo promedio de la tarifa de recolección	
Q 10 a 20	33,10%
Q 20 a 30	31,03%
Q 30 a 40	28,97%
mas de Q 40	6,90%
5. Disposición a pagar más por mejoras al servicio	
No esta dispuesto	94,19%
Si esta dispuesto	5,81%

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Premuestreo

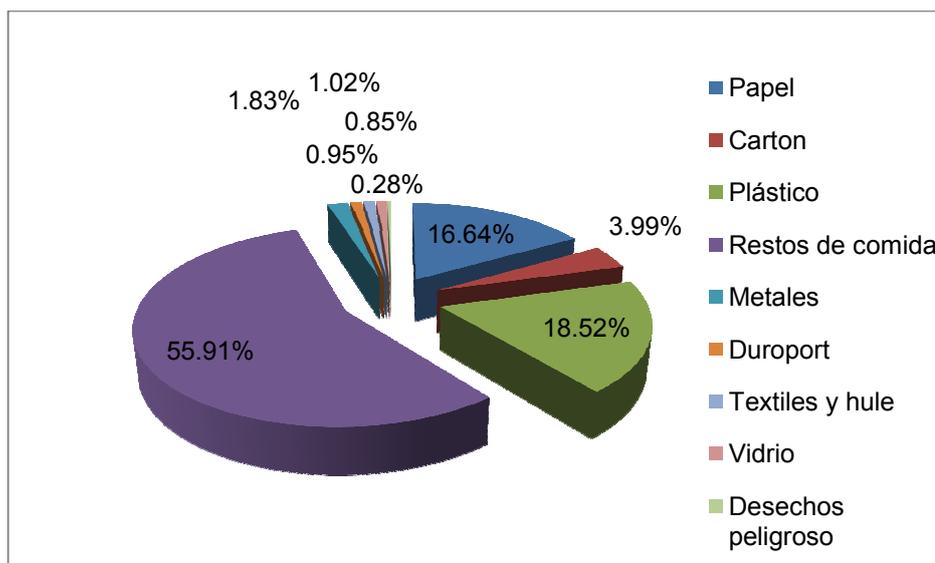
Como se mencionó en los capítulos anteriores, el objetivo fundamental durante las labores de premuestreo fue obtener un valor inicial de la PPC para estimar el tamaño de la muestra. El valor encontrado fue de 0,50 kilogramos/persona-día, el cual es bastante similar al de la ciudad de Guatemala, donde la generación diaria es de 0,54 kilogramos/persona-día.

7.1.1. Composición física y análisis de la materia orgánica

La composición de los residuos sólidos analizados durante el premuestreo permite observar que estos se encuentran constituidos en su mayor porcentaje por materia orgánica proveniente de restos de comida, tal como se puede apreciar en la figura 23, situación que también se pudo comprobar durante el estudio de caracterización propiamente dicho.

Durante el análisis efectuado se encontró además un valor sumamente bajo para el pH de la muestra (4,94), observándose que esta ya presentaba un grado considerable de descomposición.

Figura 23. **Composición de los residuos sólidos obtenida durante el muestreo**



Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

7.2. Producción per cápita (ppc)

La producción de residuos sólidos domiciliarios por habitante (PPC) en el municipio de Santa Catarina Pínula, muestreándose un máximo de 153 viviendas fue de 0,83 kilogramo/persona – día, valor que es bastante elevado para la región, ver tabla XXXIII.

Los factores que podrían influir directamente en la elevada tasa de producción de residuos sólidos en el municipio son:

- Existe un alto grado de hacinamiento, de manera que en algunos casos se encontró que existen hasta 3 familias diferentes en una misma vivienda.

- Existe un alto grado de consumismo derivado del alto nivel de desarrollo que experimenta el municipio, lo cual se traduce en una mayor generación de residuos sólidos.
- Es posible que durante el proceso de caracterización, se haya presentado una modificación en los patrones habituales en cuanto a la generación de residuos, aprovechando las personas la recolección diaria para disponer aquellos materiales que ya no les representaban ninguna utilidad.

Tabla XXXIII. **Valores de PPC para diferentes ciudades**

Ciudad de estudio	PPC (kg/persona-día)
San Lucas Sacatepéquez, Guatemala ¹	0,45
Zacamil, El Salvador ²	0,50
Coatepeque, Guatemala ³	0,51
Ciudad de Guatemala ²	0,54
San Salvador ²	0,54
Managua ²	0,60
Tegucigalpa ²	0,65
Santa Cruz del Quiché, Guatemala ⁴	0,70
Santa Catarina Pínula, Guatemala ⁵	0,83
Belice ⁶	0,93
PROARCA/2003 ⁷	0,3– 1,4

1. Viccelda Domínguez y Noriel Franco, et al., 1996. Manejo integral de desechos sólidos San Lucas Sacatepéquez.
2. GUIDO ACURIO, et al., 1998. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe.
3. Gilroy Lewis y Ronald Matías, et al., 2005. Análisis de la situación del manejo de desechos sólidos municipales en el área urbana del municipio de Coatepeque.

4. Diseño de un Sistema de Operación y de Disposición Final Sanitariamente Segura de los Residuos y Desechos Sólidos municipales de la Ciudad de Santa Cruz del Quiché, Guatemala.
5. Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012
6. Solid Waste Management Project, Profile II, 2002
7. BROWN, Doreen; UMAÑA, Guillermo; LAROJ, Joram; SALAZAR, Carlos; CACERES, Mario; BESSALEL, Menajem, Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales enfoque Centroamérica; AIDIS, CARE El Salvador, PROARCA/SIGMA, 2003.

7.2.1. Variación de la PPC durante los días de estudio

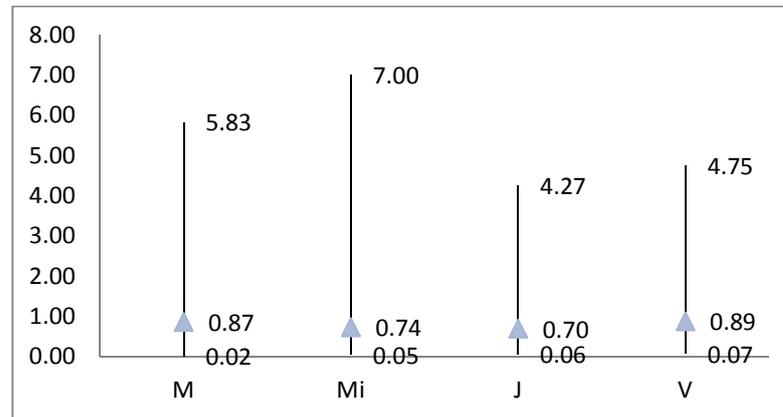
Las variaciones en la producción per cápita diaria, se ven reflejadas en la tabla XXXIV. Puede observarse que los valores medios son bastante similares, encontrándose los mismos dentro del rango promedio para la PPC el cual fue de 0,83 kilogramos/persona-día.

Tabla XXXIV. Variación de la PPC durante el estudio de caracterización

Día	PPC (Kg/persona-día)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Martes	0,02	0,87	5,83
Miércoles	0,05	0,74	7,00
Jueves	0,06	0,70	4,27
Viernes	0,07	0,89	4,75

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

Figura 24. **Variación de la PPC durante el estudio de caracterización**



Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

7.3. **Composición de los residuos sólidos**

7.3.1. **Composición de los residuos sólidos domiciliarios**

La composición de los residuos sólidos obtenidos durante la caracterización, en relación con los diferentes estudios realizados en la región de América Latina y el Caribe se ilustra en la tabla XXXV.

Al analizar los datos obtenidos en la tabla XXXV se pueden hacer las siguientes observaciones:

- El porcentaje de restos de comida (Materia Orgánica) es relativamente similar al de la región, con excepción del valor obtenido en el estudio realizado en San Lucas Sacatepéquez, Guatemala, donde la composición es del 85,69 por ciento.

- Se encontró que el 18,87 por ciento de los materiales que componen los residuos sólidos de Santa Catarina Pínula pueden ser reaprovechados mediante técnicas adecuadas de reciclaje o reutilización. Esto incluye las categorías de papel y cartón, plástico, pet, metales y vidrio.
- Al analizar la materia reaprovechable, se llega a la conclusión de que la comunidad ya está implementando de manera implícita ciertas técnicas de separación y reciclaje, lo cual se ve reflejado en los porcentajes obtenidos.
- Llama la atención el alto porcentaje en la generación de papel higiénico (15,90 por ciento), materia difícilmente reaprovechable.

Tabla XXXV. **Comparación de la composición de los residuos sólidos domiciliarios urbanos de Santa Catarina Pínula y otras ciudades de la región**

Categorías	% Santa Catarina Pínula ¹	% Coatepeque ²	% San Lucas Sacatepéquez ³	Composición Región ⁴
Papel y cartón	7,06	14,71	5,50	13,90
Plástico	6,56	14,31	3,53	8,10
Pet	1,68	N/D	N/D	N/D
Restos de comida	57,82	54,24	85,69	63,30
Metales	1,17	1,17	1,51	1,80
Duroport	0,47	N/D	N/D	N/D
Textiles y hule	6,36	3,53	1,54	3,60
Vidrio	2,40	2,06	2,23	3,20
Papel Higiénico y pañales	15,90	6,04	N/D	N/D
Madera	0,57	N/D	N/D	N/D
Otros e inertes	N/D	3,94	N/D	6,10
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

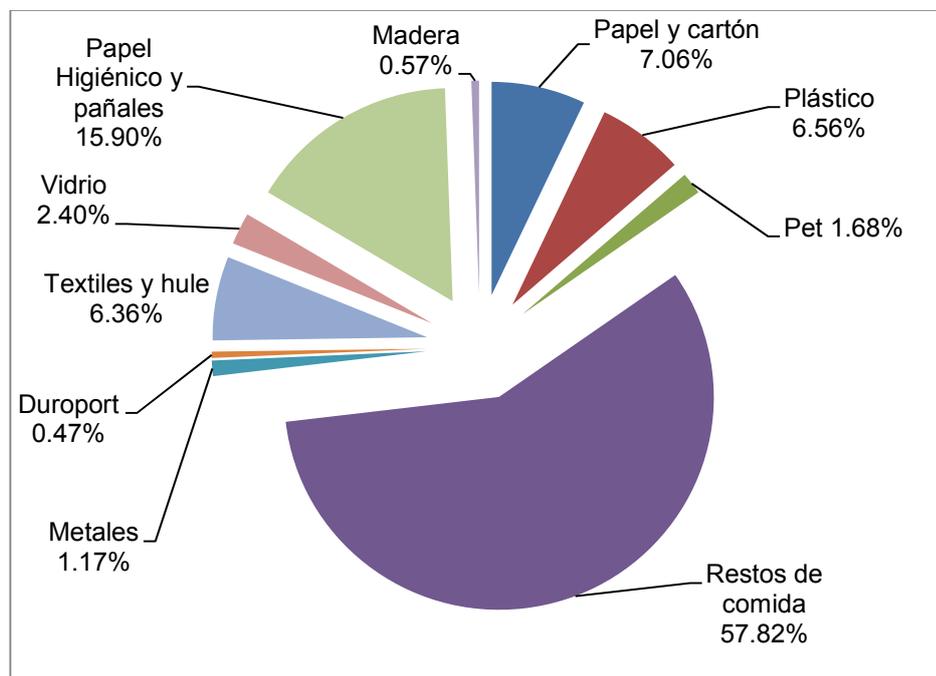
1. Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

2. Gilroy Lewis y Ronald Matías, et al., 2005. Análisis de la situación del manejo de desechos sólidos municipales en el área urbana del municipio de Coatepeque.

3. Viccelda Domínguez y Noriel Franco, et al., 1996. Manejo integral de desechos sólidos San Lucas Sacatepéquez.
4. GUIDO ACURIO, et al., 1,998. Diagnóstico de la Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe.

En la figura 25 se observa la distribución de la composición promedio de los residuos sólidos de origen domiciliario en el municipio de Santa Catarina Pínula, nótese que el mayor porcentaje corresponde a la fracción orgánica proveniente de restos de comida.

Figura 25. **Gráfico de composición promedio de los residuos sólidos domiciliarios en Santa Catarina Pínula**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

7.3.2. Composición de los residuos sólidos institucionales

Se comparan los resultados obtenidos en la caracterización de los residuos sólidos de origen institucional con la investigación realizada en el municipio de Coatepeque, ver tabla XXXVI.

Tabla XXXVI. **Comparación residuos sólidos institucionales**

Categorías	% Santa Catarina Pínula¹	% Coatepeque²
Papel y cartón	33,24	33,66
Plástico	9,02	25,85
Pet	3,38	N/D
Restos de comida	43,38	31,71
Metales	0,56	2,44
Duroport	3,38	N/D
Textiles y hule	0,56	N/D
Vidrio	0,28	N/D
Papel Higiénico	6,20	6,34
Madera	0,00	N/D
Total	100	100

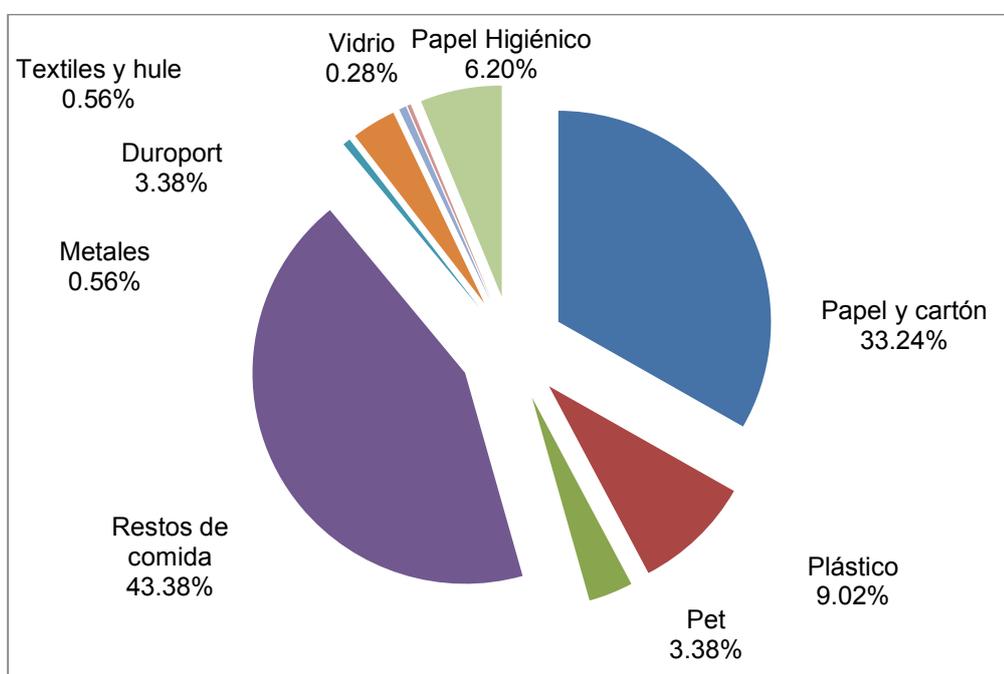
1. Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012
2. Gilroy Lewis y Ronald Matías, et al., 2005. Análisis de la situación del manejo de desechos sólidos municipales en el área urbana del municipio de Coatepeque.

Analizando los datos obtenidos en la tabla XXXVI, se pueden hacer las siguientes observaciones:

- El porcentaje de la materia orgánica (restos de comida) de los residuos sólidos institucionales es relativamente inferior al de los residuos de tipo domiciliar, debido a las características de las actividades realizadas.

- La categoría altamente reaprovechable en los residuos institucionales es la constituyen el cartón y papel, comparando este valor con el obtenido en Coatepeque se puede observar que son bastante similares.

Figura 26. **Composición de los residuos sólidos institucionales en Santa Catarina Pínula**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

7.3.3. Composición residuos sólidos comerciales

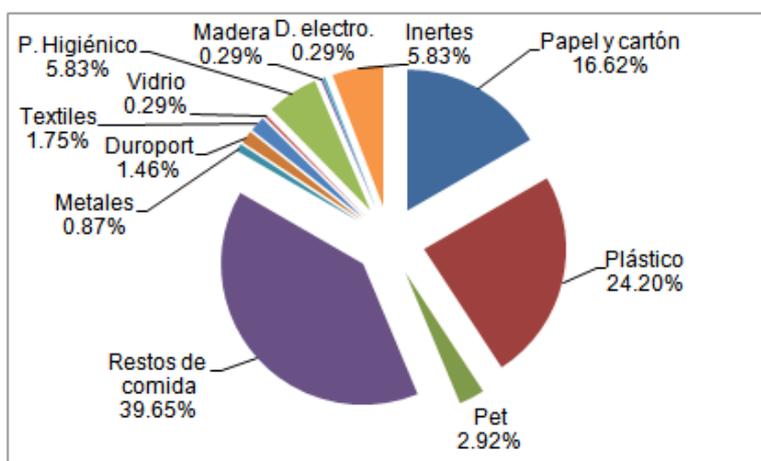
En el análisis de los residuos sólidos comerciales realizados en Santa Catarina Pínula, se obtuvieron los siguientes valores, los cuales se detallan en la tabla XXXVII.

Tabla XXXVII. **Composición residuos sólidos comerciales**

Categorías	Peso (kg)	%
Papel y cartón	8,70	16,62
Plástico	12,67	24,20
Pet	1,53	2,92
Restos de comida	20,76	39,65
Metales	0,46	0,87
Duroport	0,76	1,46
Textiles y hule	0,92	1,75
Vidrio	0,15	0,29
Papel Higiénico	3,05	5,83
Madera	0,15	0,29
Desechos electrónicos	0,15	0,29
Inertes	3,05	5,83
Total	52,35	100,00

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

Figura 27. **Composición de los residuos sólidos comerciales del casco urbano de Santa Catarina Pínula**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

Al igual que en los residuos domésticos e institucionales, los residuos de origen comercial se encuentran constituidos en su mayor porcentaje por residuos orgánicos de comida. Vale la pena mencionar que un buen porcentaje, 24,20 por ciento está constituido por productos plásticos (bolsas y recipientes). Dentro de esta composición se incluyeron dos categorías nuevas, desechos electrónicos e inertes (cenizas).

7.3.4. Consolidado de las características de los residuos sólidos según su origen

Al analizar en conjunto las diferentes composiciones obtenidas de acuerdo al origen de los residuos sólidos, puede observarse que prevalecen en primer lugar los residuos orgánicos de comida.

Tabla XXXVIII. Composición de los residuos sólidos según su origen

Categorías	Premuestreo (%)	Doméstico (%)	Institucional (%)	Comercial (%)
Papel y cartón	20,64	7,06	33,24	16,62
Plástico	18,52	6,56	9,02	24,20
Pet	ND	1,68	3,38	2,92
Restos de comida	55,91	57,82	43,38	39,65
Metales	1,83	1,17	0,56	0,87
Duroport	0,95	0,47	3,38	1,46
Textiles y hule	1,02	6,36	0,56	1,75
Vidrio	0,85	2,40	0,28	0,29
Papel Higiénico	ND	1,90	6,20	5,83
Madera	ND	0,57	0,00	0,29
Desechos electrónicos	ND	ND	ND	0,29
Inertes	ND	ND	ND	5,83
Residuos peligroso	0,28	ND	ND	ND
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

Sin importar el origen de los residuos, las categorías de papel - cartón y plástico, constituyen los tipos de materiales con mayor volumen de reaprovechamiento por medio del reciclaje, 19 por ciento y 15 por ciento en promedio respectivamente.

El pet presenta un porcentaje mayor dentro de los residuos institucionales, disminuyendo en los residuos de origen comercial y domiciliar, lo cual puede ser un indicativo de que se está efectuando el reciclaje de este producto. En cuanto a los metales (básicamente aluminio) presentan valores relativamente similares, observándose el mayor porcentaje en la composición del muestreo.

Las densidades obtenidas varían sustancialmente de acuerdo al origen de los residuos sólidos, como se observa en la tabla XXXIX.

Tabla XXXIX. **Densidades residuos sólidos de Santa Catarina Pínula según su origen**

Origen	Densidad (kg/m³)
Domiciliar	233,23
Institucional	70,89
Comercial	174,68
Barrido de calles	162,03

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

Estos valores de densidad son útiles para determinar la capacidad de almacenaje de acuerdo al tipo de residuos, así mismo permite seleccionar el vehículo de transporte más adecuado en cada caso.

7.4. Análisis de los parámetros físicos y químicos de los residuos sólidos domiciliarios

7.4.1. Densidad, porcentaje de humedad, porcentaje de cenizas y potencial de hidrógeno

Los valores obtenidos de los análisis físicos pueden ser comparados con los obtenidos en otros estudios realizados en Guatemala, ver tabla XL.

Tabla XL. Análisis físicos residuos sólidos domiciliarios

Parámetro	Santa Catarina Pínula ¹	San Lucas Sacatepéquez ²	Coatepeque ³
Densidad	233,23	270,00	255,00
% Humedad	71,19	41,18	63,13
%Cenizas	11,79	19,16	N/D
pH	6,04	6,37	N/D

1. Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012
2. Viccelda Domínguez y Noriel Franco, et al., 1996. Manejo integral de desechos sólidos San Lucas Sacatepéquez
3. Gilroy Lewis y Ronald Matías, et al., 2005. Análisis de la situación del manejo de desechos sólidos municipales en el área urbana del municipio de Coatepeque.

Se puede observar cierta similitud en los valores obtenidos en Santa Catarina Pínula con los de las otras comunidades estudiadas, lo cual corrobora la veracidad de los resultados obtenidos.

Densidad y porcentaje de humedad: al analizar estos parámetros se aprecia que la materia orgánica presenta un alto grado de humedad, de

manera que al tratar dichos residuos da lugar a la formación de un volumen considerable de lixiviados.

Lo anterior permite no solo analizar el comportamiento en el sitio de disposición final, sino también evaluar las etapas de almacenamiento y transporte. Es usual que en el municipio se utilicen sacos y cajas de cartón como medio de almacenaje temporal de los residuos, lo cual facilita el derrame de lixiviados al no ser estos impermeables, de manera que se genera contaminación del suelo y los cuerpos de agua.

De la misma forma se pueden usar estos análisis para evaluar el tipo de vehículo empleado para la recolección y transporte de los residuos, en Santa Catarina Pínula la mayor parte de la cobertura en cuanto a la recolección domiciliar está a cargo de operadores privados, los cuales emplean camiones de cajón cerrado. El empleo de estos camiones permite que el residuo recolectado sufra una mínima compactación, evitando de esta forma derramamiento de líquidos a lo largo de las rutas de recolección.

Sin embargo en el sistema de recolección municipal, pudiesen estarse presentando, problemas de derrames al momento de transportar los residuos, ya que se está haciendo uso de camiones compactadores, los cuales no son recomendados para comunidades donde el tipo de residuo presenta niveles elevados de humedad y densidad.

Porcentaje de cenizas: se obtuvo un valor de 11,79 por ciento, esto permite ver que el tratamiento de los residuos sólidos mediante la técnica de incineración sería bastante efectivo en la reducción del volumen, alargando de esta forma la vida útil de los sitios de disposición final. No obstante lo anterior debe de recordarse que el empleo de esta técnica es sumamente costoso, más

si se considera que el municipio presenta una alta tasa de producción de residuos sólidos.

Potencial de hidrógeno (pH): es un rango útil para determinar si la materia orgánica puede presentar cierto grado de descomposición al momento de ser recolectada, permitiendo de esta forma determinar el tiempo máximo de almacenamiento en los hogares. El valor promedio para el pH fue de 6,04 de manera que el residuo se encuentra en un rango ligeramente ácido. Debe recordarse que estos valores del pH fueron obtenidos para un almacenamiento máximo de un día, si se considera que la frecuencia de recolección en Santa Catarina Pínula es mínimo de 2 veces por semana, se puede asumir que el valor del pH al momento de la recolección será más bajo, de manera que el residuo se encontrara ya en un proceso de descomposición.

7.4.2. Análisis químicos

Los análisis químicos de la materia orgánica se efectuaron con el objetivo de determinar si esta cumple con los requerimientos mínimos para la elaboración de compost. La tabla XLI muestra los valores obtenidos y a la vez se hace una comparación con valores recomendados para esta transformación biológica.

Relación Carbono Nitrógeno y porcentaje de humedad: constituyen los dos parámetros esenciales para determinar si los residuos sólidos son aptos para la elaboración de compost por métodos aerobios. En el caso de los residuos de Santa Catarina Pínula estos valores se encuentran por encima de los rangos óptimos, lo cual implicaría un acelerado proceso de fermentación que dificultaría la actividad biológica.

Tabla XLI. Valores recomendados para elaboración de compost

Parámetro	Unidad	Valor Santa Catarina Pínula ¹	Valor de referencia (OPS) ²	Valor de referencia (Tchobanoglous-Theisen-Vigil) ³
pH	-	5,60	-	5 - 7
Contenido de humedad	-	71,19	-	50 - 60
Fosforo	%	0,44	0,2 – 1,5	-
Potasio	%	4,99	0,4 – 1,3	-
Manganeso	ppm	40	430 - 600	-
NT	%	1,76	0,6 – 1,7	-
C:N	-	25,9 : 1	-	20 - 25 : 1

1. Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012
2. CEPIS/OPS/OMS, 1997. Guía para el Manejo de los Residuos Sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales.
3. TCHOBANOGLOUS, GEORGE et al, 1,997. Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Potencial de hidrógeno (pH): es recomendable que el pH inicial de los residuos se encuentre en el rango de 5-7, debe recordarse que los valores de pH indicados en este estudio (pH promedio: 5,60), corresponden a muestras con un solo día de almacenamiento, si se considera que la frecuencia mínima de recolección en el municipio es de 2 veces por semana, se puede afirmar que dicho valor de pH será más bajo el momento de efectuar la recolección.

Concentraciones de minerales: profundizando en el análisis puede observarse que las concentraciones de minerales como el Potasio y Manganeso, se encuentran por fuera de los rangos que ayudan a facilitar el enriquecimiento del suelo al aplicar el compost orgánico.

Teniendo en cuenta todos los aspectos planteados anteriormente se llega a la conclusión de que los residuos sólidos del municipio de Santa

Catarina Pínula no son aptos para la elaboración de compost por métodos aerobios.

7.5. Análisis de la carga contaminante generada por los residuos sólidos

En base al resultado obtenido y al análisis realizado de la carga contaminante de cada tipo de residuos sólidos generados en el municipio de Santa Catarina Pínula, se puede afirmar que los residuos sólidos de origen domésticos producen la menor contaminación, mientras tanto la contaminación generada por los residuos de origen comercial e institucionales oscilan por los mismos valores, como se puede observar en el tabla XLII.

Tabla XLII. **Comparación de la carga contaminante de los diferentes tipos de residuos sólidos según su origen**

Componente	Carga contaminante (base húmeda)		
	Domiciliar	Institucional	Comercial
Carbono	29,28	43,98	47,17
Hidrogeno	45,57	68,39	71,66
Oxigeno	16,97	25,92	23,38
Nitrógeno	1,00	1,00	1,00
Azufre	0,07	0,09	0,08

Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

7.6. Diagnóstico de la ruta crítica de la gestión integral de residuos sólidos

7.6.1. Generación en la fuente

7.6.1.1. Generación de residuos sólidos domiciliarios

Teniendo en cuenta el valor de la producción per cápita obtenida (0,83 kilogramos/persona-día.) se puede estimar la generación diaria de residuos sólidos domiciliarios, tal como se observa en la tabla XLIII.

Tabla XLIII. **Generación de residuos sólidos en Santa Catarina Pínula**

Población total	PPC(kg/Hab.día)	Kilogramos/día	Toneladas/día
89 876	0,83	74 597,08	74,60

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

Se observa una alta tasa de generación de residuos sólidos. Pese a lo anterior, vale la pena mencionar que esta podría ser mayor, de no estar llevándose a cabo actividades de reciclaje de algunos productos como; plásticos y aluminio. Lejos de producir impactos negativos esta actividad permiten minimizar los volúmenes de generación, influyendo directamente en los requerimientos necesarios para el transporte, tratamiento y disposición final.

7.6.1.2. Barrido de calles

Con el valor de densidad obtenido (162,03 kilogramos/metro cúbico) se puede estimar la producción diaria de residuos sólidos provenientes del barrido de calles, ver tabla XLIV.

Tabla XLIV. **Generación diaria por barrido de calles**

Ubicación	Volumen recolectado (m ³)	Peso (kg)	Peso (Ton)
Cabecera municipal	1,68	272,20	0,27
El Pueblito	0,42	68,05	0,07
Parte Alta SCP.	4,20	680,51	0,68
El Carmen y Cuchilla del Carmen	2,10	340,25	0,34
Total		1 361,01	1,36

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

7.6.2. Separación de los residuos sólidos

La separación de los residuos sólidos en el origen, antes de que estos sean recolectados es un paso crítico de la gestión integral. La separación de restos de papel, cartón, latas de aluminio, vidrio y envases plásticos, en el punto de generación, es una de las formas más positivas y eficaces de lograr la recuperación y reutilización de materiales.

En el caso particular del municipio de Santa Catarina Pínula, existe muy poca separación de los residuos producidos en el origen. Quienes practican dicha actividad lo hacen con la finalidad de generar de forma aislada algún

ingreso económico al núcleo familiar, pero no con el objetivo de eficientar las diferentes etapas del manejo integral de los residuos sólidos.

Durante la realización del pre muestreo se levantó una encuesta donde en una pregunta se abordó la disposición de las personas para clasificar los residuos en orgánicos e inorgánicos. Un 78 por ciento de las personas encuestadas planteo que si llevaría a cabo dicha clasificación, lo que permite apreciar que la población tiene conocimiento de la importancia que representa esta técnica, facilitando con esto algún programa que promueva la separación ya sea de parte de la autoridad municipal o de los operarios privado.

7.6.3. Almacenamiento de los residuos sólidos

El almacenamiento de los residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula, varían tanto en las zonas urbanas como rurales, en las zonas urbanas utilizan principalmente bolsas plásticas, cajas de cartón y cualquier recipiente plástico para acumular los residuos generados, por su parte en las zonas rurales donde existe sistema de recolección, los almacenan en cajas de cartón, costales, bolsas de cemento o recipientes plásticos.

Algunos de estos recipientes utilizados para el almacenamiento no son los recomendados ya que generan una serie de efectos que alteran las características y propiedades de los residuos en general, dentro de los efectos detectados están:

- Descomposición microbiana
- Absorción de fluidos
- Contaminación de los componentes de los residuos
- Proliferación de ambientes desagradables en calles, provocados por semovientes

Es común observar el empleo de bolsas de papel, cajas de cartón, bolsas y envases de plásticos, así como cajas de madera como contenedores o recipientes temporales. Bajo circunstancias normales se recogen los contenedores temporales con los residuos.

El principal problema del uso de recipientes temporales es la dificultad que implica cargarlos. Los recipientes de cartón y papel tienden a desintegrarse por el escape de líquidos. Cuando se utilizan las bolsas de plástico desechables para recortes de césped, frecuentemente se estiran o se rompen cuando el recogedor levanta una bolsa cargada. Esta rotura es potencialmente peligrosa y puede causar daños al trabajador por la presencia de vidrio roto u otros objetos peligrosos en los residuos.

El servicio municipal cuenta para la actividad de recolección con camiones compactadores diseñados para ser operados con una cantidad mínima de personas. Dichos camiones tienen la facilidad de verter de forma semiautomática los residuos sólidos almacenados en contenedores fabricados específicamente para este tipo de camiones. Pese a lo anterior esta técnica no es aplicada en el municipio de Santa Catarina Pínula, ya que no existen contenedores disponibles para que la gente deposite los residuos. Debe recordarse que la recolección en el municipio es llevada a cabo puerta a puerta o mediante recolección en acera, de tal manera que siempre existe un contacto entre el personal de recolección y la fuente de generación, lo cual ha permitido ejercer cierto control sobre los abonados.

7.6.4. Recolección y transporte de los residuos sólidos

7.6.4.1. Recolección

La recolección de los residuos sólidos en la zona urbana del municipio de Santa Catarina de Pínula resulta compleja y difícil, motivada por el creciente desarrollo urbanístico y comercial de la ciudad. Mientras las formas de generar residuos se vuelven más difusas y se incrementa la cantidad total de residuos, la logística de recolección se vuelve más compleja. Pese a que estos problemas han existido siempre en algún grado, actualmente han llegado a ser crítico por los altos costos del combustible y la mano de obra.

7.6.4.1.1. Tipo de recolección utilizada en Santa Catarina Pínula

El tipo de recolección que se realiza en el municipio de Santa Catarina Pínula, es el de acera o puerta a puerta. La técnica se basa en el hecho de que el propietario de la casa, es el responsable de colocar en la acera, los contenedores o recipientes conteniendo los residuos a ser recolectados el día especificado, devolviendo los contenedores vacíos a su lugar de almacenamiento hasta el día de la siguiente recolección. Este método es empleado independientemente de si es el operador municipal o el privado.

No obstante es común observar en las áreas urbanas diferentes puntos o basureros clandestinos, donde las personas llegan a depositar sus residuos, las cuales en muchos de los casos no pagan por los servicios de recolección, quedando en responsabilidad de la municipalidad llevar a cabo dicha tarea como parte del barrido y limpieza de calles.

Figura 28. **Tipo de recolección empleada en el municipio**



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

7.6.4.1.2. Problemática identificada por el uso de este tipo de recolección

Uno de los principales problemas identificados por la práctica de esta forma de recolección, es que los contenedores llenos de basura son sacados a las aceras con varias horas de anticipación al horario establecidos por los operarios privados y municipales, dando lugar a que los segregadores o guajeros saquen la basura del recipiente y la viertan en la calle con el fin de recolectar algún residuos con cierto valor económico por medio del reciclaje.

Figura 29. **Animales rompiendo las bolsas y segregador en tarea de reciclaje**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

El problema tiende a agravarse, producto de la gran cantidad de perros que deambulan en las calles, los cuales rompen o vierten los recipientes regando la basura, generando entornos antiestéticos y con un alto potencial de contaminación y afección a la salud pública.

Aunque los residuos sólidos domésticos representan únicamente un porcentaje sobre los residuos totales, quizás sean los más importantes, puesto que se generan en zonas con un espacio limitado para el almacenamiento, de aquí que influyan tan drásticamente en el deterioro del paisaje, el medio ambiente y la salud pública.

Otro de los problemas identificados, es la falta de cobertura de recolección en las zonas de difícil acceso o rurales, las cuales por no disponer de un servicio de recolección optan por practicar técnicas inapropiadas para eliminar la basura como; la quema, depósito en terrenos baldíos, enterrándola o vertiéndolas en barrancos y corriente de agua. Generando con

ello mayor contaminación ambiental e incrementando la vulnerabilidad de la salud de las personas que viven en las cercanías de estos lugares.

Figura 30. **Sitios inadecuados de disposición de residuos generados**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

También se logró detectar por quejas de los vecinos, principalmente en cabecera municipal, que las personas que no pagan ningún tipo de recolección ya sea privada o municipal, sacan sus residuos a esquinas convirtiendo esta en botaderos clandestinos, y por ende en focos de contaminación.

Figura 31. **Puntos utilizados como botaderos clandestinos, aldea El Carmen y zona 2 respectivamente**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz y Rommel Raudales, 2012

De parte de la cooperación municipal de Santa Catarina de Pínula existe la recolección de residuos sólidos por medio de barrido de calles y cunetas, y también por la alta manufactura de productos derivados de la carne de cerdo en todo el municipio, la alcaldía municipal también brinda el servicio de recolección de viseras de una forma apropiada en horarios y días establecidos.

7.6.4.1.3. Trazado de rutas de recolección

El trazado de rutas de recolección, constituye un elemento que si bien es cierto puede optimizar el proceso (a través de una buena formulación), también puede conducir al fracaso, cuando se emplean rutas inapropiadas, que incrementan el consumo de combustible y los costos derivados del empleo de mayores tiempos de recolección (mano de obra).

En Santa Catarina Pínula la etapa de recolección se realiza por medio de rutas establecidas por sentido común o por experiencia, sin seguir ningún criterio técnico, esta situación es aplicable tanto para los recolectores privados como para los municipales. De esta forma se puede decir que no existe optimización de los recursos económicos y tiempo, incrementando con ello los gastos estipulados para este rubro.

7.6.4.1.4. Frecuencia y horarios de recolección

Los operadores privados emplean una frecuencia de recolección de 3 días por semana, alternando el servicio de lunes a sábado en las diferentes zonas en cobertura, según su plan de trabajo. Los horarios de recolección de

estas empresas empiezan desde de las 6 horas, sin tener una hora específica de finalización, ya que se desplazan sobre las diferentes zonas del municipio.

Por parte de la municipalidad de Santa Catarina Pínula la frecuencia de recolección en la cabecera municipal es de 2 días por semana, destinando los días lunes y miércoles a la recolección en la zona 1 y los días martes y jueves en la recolección en la zona 2, iniciando sus operaciones de recolección a las 7 horas, finalizando al medio día, para luego trasladar los residuos al relleno de tecnología apropiada de la Autoridad para el Manejo Sostenible de la cuenca del lago Amatitlan (AMSA)

7.6.4.2. Transporte

La etapa de transporte va de la mano con la actividad de recolección, en Santa Catarina Pínula se realiza de forma simultánea, pues la comunidad no cuenta con centros de tratamiento o procesamiento de los residuos sólidos recolectados, de manera que estos son llevados en forma inmediata al sitio de disposición final.

7.6.4.2.1. Transporte municipal

La Municipalidad emplea vehículos compactadores con capacidad de 12 toneladas, camiones pequeños de 2 toneladas y *pick up* con capacidad de media tonelada para realizar la actividad de recolección y transporte en las zonas donde existe cobertura municipal.

Los camiones compactadores son empleados en aquellas zonas donde resulte fácil su operación, por su parte los camiones y *pick up* son empleados en aquellas zonas donde el camión compactador no puede ingresar por ser

lugares estrechos y de poco espacio para su operación. Así mismo estas unidades colectan los residuos generados por el barrido de calles, llevándolos hacia el área de parqueo municipal ubicada en la zona 1 de Santa Catarina Pínula, donde se transfieren a los camiones compactadores, quienes la trasladan al sitio de disposición final en el relleno sanitario de tecnología apropiada de AMSA ubicado en el municipio de Villa Nueva.

Uno de los aspectos significativos que se logró observar durante la realización del estudio en el municipio de Santa Catarina Pínula, lo representa el empleo de camiones compactadores para efectuar la recolección y transporte de los residuos domiciliarios. Dadas las características de dichos residuos donde más del 50 por ciento está constituido por materia orgánica con un alto porcentaje de humedad, el empleo de estos vehículos inevitablemente genera el derrame de lixiviados durante las operaciones rutinarias de compactación. Lo que provoca molestias y puede constituirse como fuente de contaminación del suelo y los cursos de agua.

7.6.4.2.2. Transporte privado

El servicio de recolección privada, emplea camiones de cajón cerrado, los cuales son fácilmente identificables por ser de color amarillo. Tienen capacidades de recolección que oscilan entre las 10 y 15 toneladas.

Dadas las características que poseen los residuos sólidos en Santa Catarina Pínula, se constituyen como el medio de transporte más indicado, ya que no se someten los residuos a un proceso de compactación.

Vale la pena mencionar que la flota de camiones de estos operadores tiene una vida de más de 20 años, desconociéndose con exactitud del estado

de las unidades. En el anexo II se muestra el detalle de rutas y capacidades de los camiones empleados por los operadores privados.

7.6.5. Disposición final

Las características topográficas y socioeconómicas del municipio de Santa Catarina Pínula dificultan la ubicación de un sitio adecuado para la disposición final.

- En primer lugar las tierras poseen una alta plusvalía y la municipalidad no cuenta con espacios idóneos para tal actividad, de manera que sería sumamente costoso adquirir un lugar para este fin.
- En segundo lugar el municipio tiene un crecimiento residencial acelerado por lo que si se construyera un sitio de estos, habrían muchas quejas de parte de la población por aspectos como producción de olores, vulnerabilidad en ambiente y salud.

7.6.5.1. Disposición final de operarios privados

Los residuos recolectados por las empresas privadas que operan en Santa Catarina Pínula, se disponen en el botadero de la zona 3 de la ciudad de Guatemala, revisando los permisos de operación de estas empresas, se logró observar que no aparece el detalle de en qué sitios se les dará la disposición final a los residuos.

7.6.5.2. Disposición final de operario municipal

El sistema municipal dispone sus residuos sólidos en el relleno de tecnología apropiada de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca

del lago Amatitlan (AMSA), los residuos provenientes de Santa Catarina Pínula representan el 1 por ciento del total que allí se disponen. (alrededor de 12 toneladas).

7.6.5.3. Proyección generación de residuos sólidos

Haciendo uso de la proyección de población que maneja el Instituto Nacional de Estadística (INE), se puede hacer un análisis de la generación de residuos sólidos de origen domiciliar y barrido de calles (hasta el 2020), que estarían siendo producidos en forma diaria en el municipio de Santa Catarina Pínula y que requerirán por tanto de un sistema adecuado de manejo.

Para la proyección se parte de una PPC de 0,83 kilogramos/habitante-día, y una generación por barrido de calles de 1 361,01 kilogramo/día.

Tabla XLV. **Proyección de la generación de residuos sólidos en Santa Catarina Pínula hasta el 2020**

Año	Población ¹	Producción residuos sólidos domiciliarios (Kg) ²	Producción barrido de calles (Kg) ²	Total producción diaria (Ton) ²
2012	89,876	74,597.04	1,361.01	75.96
2013	92,150	76,484.49	1,395.45	77.88
2014	94,410	78,360.56	1,429.67	79.79
2015	96,656	80,224.57	1,463.68	81.69
2016	98,885	82,074.90	1,497.44	83.57
2017	101,096	83,909.92	1,530.92	85.44
2018	103,288	85,728.93	1,564.11	87.29
2019	105,459	87,531.27	1,596.99	89.13
2020	107,610	89,316.30	1,629.56	90.95

1. Fuente: Instituto Nacional de Estadística.

2. Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

Se puede observar que la producción de residuos sólidos experimentará un crecimiento del 19,73 por ciento al 2020, representando esto un aumento de 15 toneladas de residuos por día.

7.7. Marco legal

Una gran limitante evidenciada en el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula, es la falta de un marco regulatorio. La inexistencia de un reglamento frena las acciones que pueda emprender la Municipalidad para mejorar de una forma sustancial el manejo del servicio y la imposición de sanciones a aquellas personas que están haciendo una disposición inadecuada.

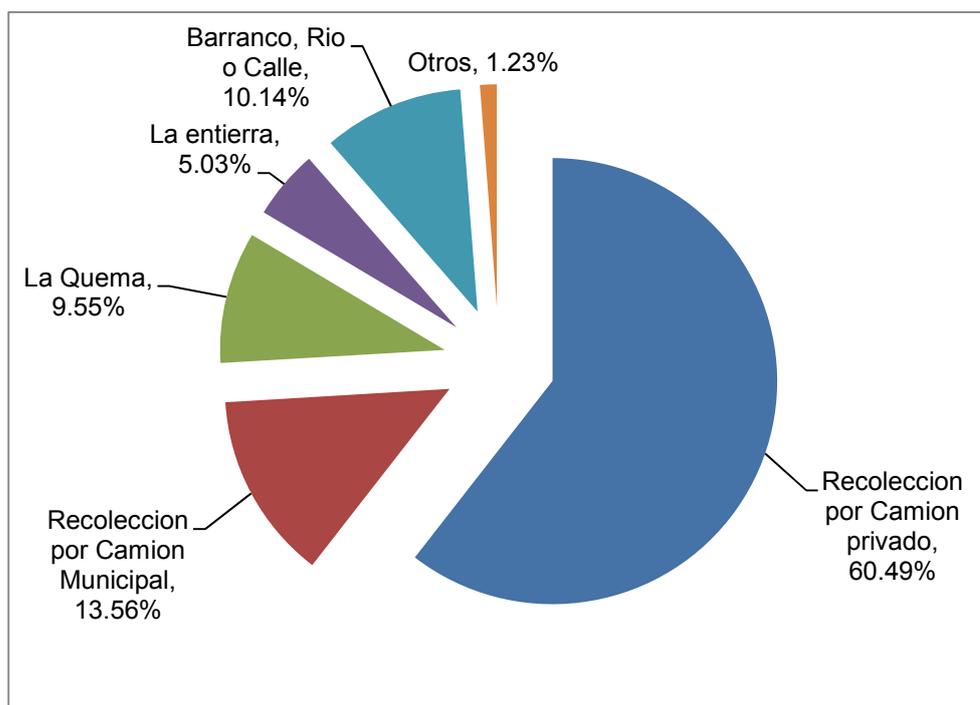
7.8. Resultados de la encuesta

7.8.1. Número de personas por vivienda

El promedio de personas por vivienda encontrado durante la encuesta fue de 5,27. Sin embargo se logró observar la existencia de más de un hogar dentro de una misma vivienda.

7.8.2. Formas de disposición

Figura 32. Gráfico de los porcentajes de disposición de residuos sólidos



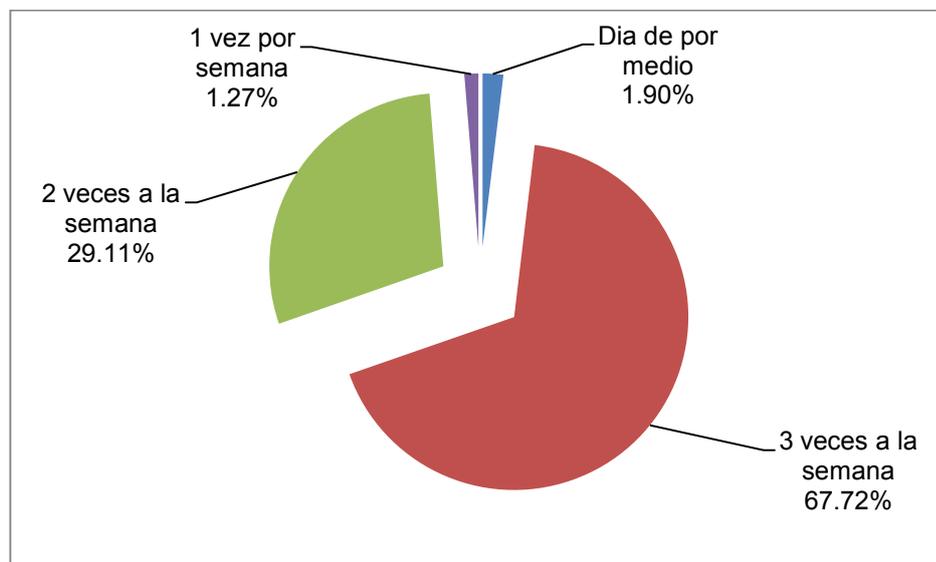
Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

Tal como se había adelantado en los antecedentes, el mayor porcentaje de la población (60,49 por ciento), hace uso del sistema de recolección privado para disponer de sus residuos sólidos.

7.8.3. Frecuencia de recolección

Se encontró una frecuencia de recolección de 3 veces por semana, la cual corresponde con el servicio prestado por los operadores privados.

Figura 33. Frecuencia de recolección de residuos sólidos

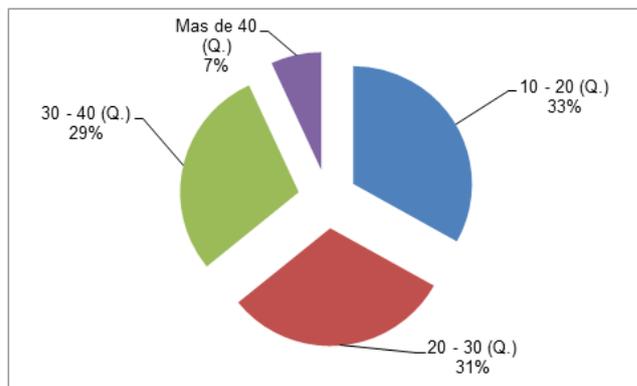


Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

7.8.4. Costo promedio del servicio de recolección

El costo promedio de los servicios de recolección oscila entre los Q 20 y Q 40. Estos valores coinciden con las tarifas que manejan los operadores privados, las cuales varían dependiendo del lugar donde se efectúa la recolección.

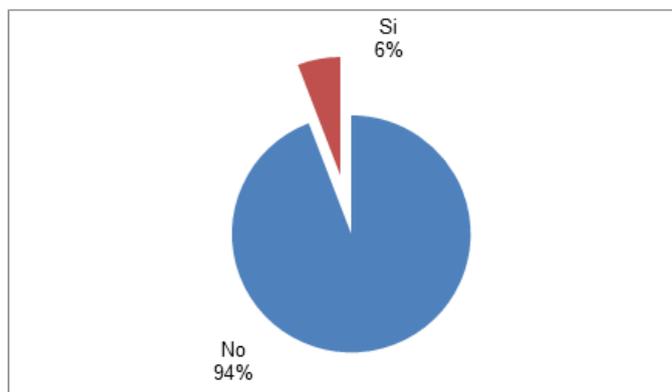
Figura 34. **Gráfico de tarifas por servicio de recolección de residuos sólidos**



Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

7.8.5. Disposición para asumir incrementos en la tarifa

Figura 35 **Gráfico de la disponibilidad para asumir incrementos tarifarios por mejoras en el manejo de los residuos sólidos**



Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

Las mejoras en el manejo de los residuos sólidos implican inversiones que pueden llevar a incrementos en la tarifa, en tal sentido se abordó la disponibilidad de los usuarios para asumir incrementos tarifarios, obteniéndose una negativa casi rotunda en este aspecto, tal como se muestra el gráfico de la figura 35.

8. MODELO DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS PROPUESTO PARA EL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PÍNULA

La finalidad de la presente investigación es evaluar el manejo de los residuos sólidos en todo el municipio, a partir de esta evaluación o diagnóstico se conocerán las deficiencias actuales, de las cuales se partirá para establecer una propuesta o alternativa en base a criterios y lineamientos técnicos precisos para eficientar cada una de las etapas que comprende el manejo integral. Esta propuesta se desarrollará abordando cada etapa de la ruta crítica del manejo integral de los residuos sólidos, también se analizarán todos aquellos factores externos que se relacionan de forma directa con la gestión de los residuos sólidos.

El modelo de gestión integral de residuos sólidos que se propone en el municipio de Santa Catarina Pínula, se enfoca en las etapas con mayor problemática identificada en cuanto al manejo y operación, las cuales son:

- Generación
- Almacenamiento
- Recolección
- Transporte
- Tratamiento
- Disposición final

Las acciones a implementar en cada una de las etapas anteriormente descritas, se enumeran en figura 36.

Figura 36. **Esquema de modelo de gestión integral de desechos sólidos**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

8.1. Generación

La generación actual de los residuos sólidos domiciliarios obtenida mediante análisis técnicos es de 74,60 toneladas/diarias, se realizó proyección para el 2020, obteniendo una generación de 89,32 toneladas/diarias. Para poder minimizar estos valores de generación es necesaria la implementación de técnicas adecuadas, según las características propias de la región en estudio.

La reducción en la fuente, es la técnica recomendada para poder minimizar la generación de residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula, para poder realizar esta práctica se requiere mucha conciencia y compromiso de parte de la población, ya que al final son ellos quienes ejecutan el 100 por ciento de esta actividad y por ende no se debe ser tan ambicioso en alcanzar porcentajes altos de reducción. El cambio de comportamiento puede ser logrado en forma gradual, mediante un componente continuo y masivo de educación sanitaria.

Tabla XLVI. **Categorías de residuo sólidos que pueden ser incluidas dentro de un programa de reducción en la fuente**

Categorías	Composición porcentual con respecto al peso
Papel y cartón	7,06
Plástico	6,56
Pet	1,68
Duroport	0,47
Total (%)	15,77

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

La tabla XLVI ilustra las categorías a tomar en cuenta en la propuesta de reducción en la fuente, el 15,77 por ciento representa la composición total de estas categorías con respecto al peso de los residuos sólidos del municipio. Se asumirá para proyectar los resultados del plan, una tasa efectiva de reducción en la fuente de 6 por ciento para el primer año, incrementando está en un 5,5 por ciento anual hasta lograr una reducción del 50 por ciento en el peso de estas categorías en el 2020, ver tabla XLVII. Lo anterior dependerá del grado de conciencia adquirido y por ende al cambio de prácticas o patrones de las personas en el manejo de los residuos sólidos.

Tabla XLVII. **Propuesta de reducción en la fuente, con un 5,5% incremental por año**

Año	Producción residuos sólidos domiciliarios (Ton)	Composición con respecto al peso de los materiales a reducir en la fuente (%)	Tasa efectiva de reducción en categorías incluidas (%)	Reducción diaria (Ton)
2012	74,60	15,77	6,0	0,71
2013	76,48	15,77	11,5	1,39
2014	78,36	15,77	17,0	2,10
2015	80,22	15,77	22,5	2,85
2016	82,07	15,77	28,0	3,62
2017	83,91	15,77	33,5	4,43
2018	85,73	15,77	39,0	5,27
2019	87,53	15,77	44,5	6,14
2020	89,32	15,77	50,0	7,04

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

8.2. Almacenamiento

Formular alternativas para mejorar el almacenamiento de los residuos sólidos en las viviendas resulta complicado, ya que se relaciona de forma directa con el nivel económico que posee cada núcleo familiar. Durante la realización del estudio se visualizó que varias familias viven en condiciones de extrema pobreza, limitando con esto la adquisición de recipientes o contenedores idóneos como; bolsas plásticas o algún recipiente impermeable.

El volumen del contenedor puede ser calculado teniendo en cuenta los valores obtenidos durante el estudio:

$$V = \frac{1\,000 \times N \times PPC \times FS}{\rho \times F}$$

Donde:

V: volumen del contenedor en litros

N: número de habitantes por vivienda

PPC: producción per cápita por persona en kg/persona – día.

FS: factor de seguridad

ρ : densidad de los residuos sólidos en kilogramos/metro cúbico

F: frecuencia de recolección

Así obtenemos el siguiente resultado:

$$V = \frac{1000 \times 5,27 \times 0,83 \times 3,5}{233,23 \times 2} \text{ (L)} = 32,80 \text{ L}$$

De manera que un contenedor de 40 litros constituye el recipiente ideal de almacenamiento dentro del hogar.

8.3. Recolección y transporte

8.3.1. Recolección

Para obtener el 100 por ciento de cobertura de recolección de los residuos sólidos en Santa Catarina Pínula, es necesario otorgar este déficit existente a los operarios privados a través de una contratación directa, seleccionando la propuesta que genere mayores beneficios tanto a las autoridades municipales como a los núcleos familiares de estas zonas, otorgándole a la Municipalidad este arreglo, un papel de rector en el manejo de los residuos.

Para realizar una mejor recolección a través de la técnica empleada (puerta a puerta o acera), se puede complementar esta actividad con la incorporación del sistema de campana, el cual consiste en la emisión de un sonido generado por una campana instalada en el camión recolector, indicando este sonido a la población que saquen sus residuos de sus viviendas, evitando con esto la acumulación de residuos en aceras y por ende la segregación y riego de residuos por semovientes.

8.3.2. Transporte

Se determinó que los camiones compactadores no son los recomendados para transportar los residuos sólidos generados en Santa Catarina Pínula, debido al alto contenido de humedad que poseen. Razón por

la cual los camiones de caja cerrada son los que mejor se adaptan a este tipo de características.

En vista que solo la Municipalidad cuenta con camiones compactadores, se recomienda que a medida de lo posible adquieran camiones de caja cerrada, para realizar sus labores de recolección y transporte, o que esta actividad sea realizada por los camiones de 2 toneladas, ya que por su menor tamaño permite una fácil circulación en las calles del municipio.

En aquellas zonas donde se dificulta el ingreso de los diferentes medios de transporte utilizados para la recolección, se recomienda el uso de medios de menor tamaño como son; moto camiones o tuc tuc, lo que maximizaría el uso de los recursos, disminuyendo el tiempo de recolección en estas zonas.

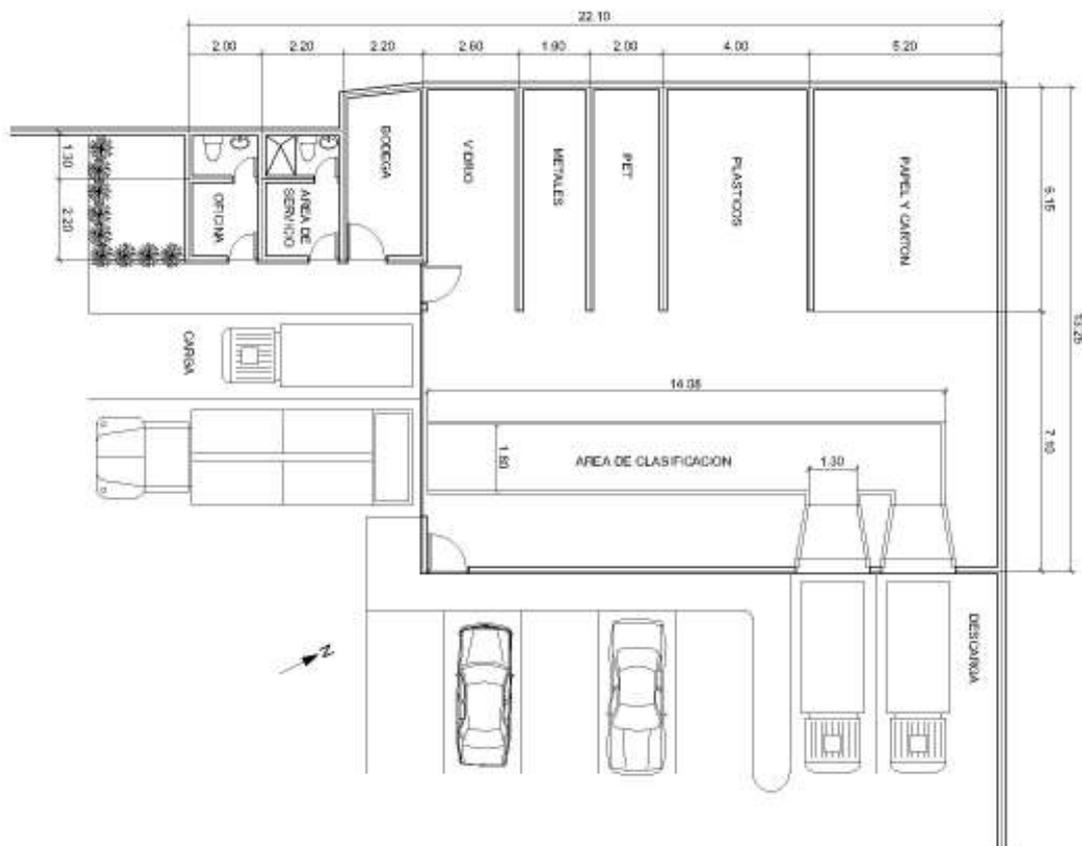
8.4. Centro de transferencia

Como una alternativa de disposición temporal se tiene contemplado estructurar técnicamente el centro de transferencia, ubicado en cabecera municipal. El cual funciona en la actualidad sin ningún criterio técnico tanto en construcción y operación. Este centro de transferencia es utilizado únicamente por la cobertura municipal, en el cual se maneja un promedio de 12 toneladas de residuos diarios, correspondientes a las diferentes actividades de recolección que realiza la Municipalidad.

En este centro de transferencia estará ubicada la unidad de clasificación y separación destinada para el aprovechamiento de los residuos a través del reciclaje. Esta clasificación se hará de forma manual, evitando con esto una inversión inicial alta, el promedio de personas que realizarán esta actividad

será de 8, seleccionados por la Municipalidad. El diseño de este centro de transferencia se muestra en la figura 37.

Figura 37. Esquema del centro de transferencia



Fuente: Ing. Rommel Raudales, 2012

8.5. Tratamiento: reciclaje

Para el reciclaje en el municipio de Santa Catarina Pínula, es imprescindible implementar la separación de los residuos en la fuente de generación. Esta separación deberá de realizarse por lo menos en dos categorías diferentes; residuos orgánicos húmedos y residuos secos, suministrando la Municipalidad bolsas o contenedores de diferente color para

lograr separar los residuos. La Municipalidad podría tener toda la disponibilidad de dicho programa y conseguir los recursos necesarios para el procesamiento de los materiales, pero si la población no participa, este programa no tendría el éxito esperado. Hay que tener en cuenta que si se implementa un programa de separación, es necesario implementar un servicio de recolección que contemple la separación.

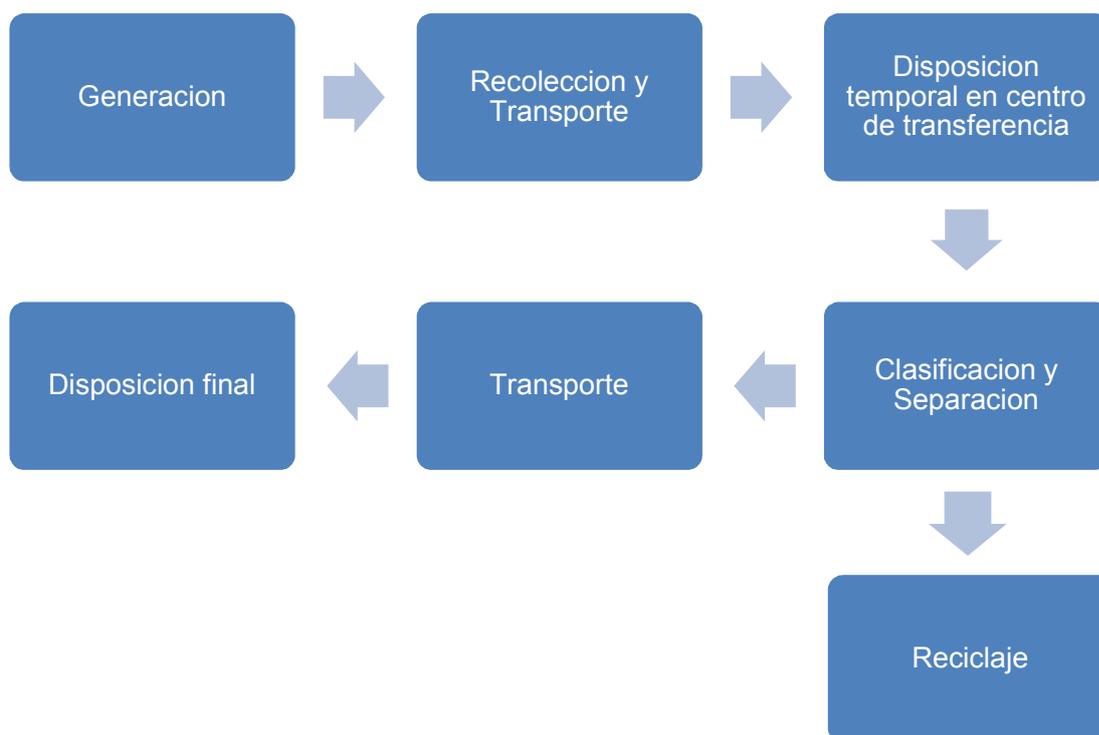
Este proceso involucra un alto aporte económico de parte de la Municipalidad, una participación activa de la comunidad y también en estudios realizados se concluye que los residuos municipales reciclables no representan un valor económico significativo (guía para la gestión del manejo de los residuos sólidos municipales, PROARCA/SIGMA, 2003), razones por las cuales se plantea a continuación otra alternativa de reciclaje, donde los gastos son mínimos y no requiere una participación comunitaria tan activa.

La recolección de los residuos sólidos se realizará de la misma forma como se ha venido desarrollando, los residuos recolectados se dispondrá de forma temporal en una zona destinada para la separación o clasificación en el centro de transferencia localizado en cabecera.

El proceso de separación o clasificación no sería realizado por personal de la Municipalidad sino que se les brindaría la oportunidad a los segregadores informales del municipio para que ejerzan esta función, previo al permiso e identificación de parte de las autoridades municipales, estos mismo transportarían los residuos, aptos para el reciclaje a los diferentes lugares identificados previamente para su mercadeo en el municipio, el análisis de mercado para los materiales recuperados es importante analizarlo, antes de decidir el tipo de material que se va recuperar con el fin de asegurar que los materiales recuperados tengan un mercado inmediato. En caso contrario se

estarían invirtiendo recursos (tiempo, dinero y espacio para el almacenamiento) en una actividad que probablemente no produzca beneficios.

Figura 38. **Diagrama de flujo del proceso de reciclaje**



Fuente: Ing. Marvin Grádiz, 2012

Esta actividad generaría impactos significativos, tanto a la Municipalidad como a los segregadores, las autoridades municipales se beneficiarían, reduciendo las cantidades de residuos sólidos para el transporte y prolongando la vida útil de los sitios de disposición final, y los segregadores obtendrían una fuente fija de producción de residuos, traducido esto a un mayor ingreso económico.

Si se logra reciclar el total del material identificado como reaprovechable, el cual es del 18,87 por ciento del total de los residuos que se generan, tomando en cuenta la alternativa de reducción en la fuente, se obtendría una reducción significativa del volumen de los residuos sólidos que se destinan para la disposición final. Lo cual se puede observar en la tabla XLVIII.

Tabla XLVIII. Reducción diaria de la disposición final de residuos sólidos domiciliarios, a través del reciclaje y reducción en la fuente

Año	Producción RSD(Ton)	% efectivo de reciclaje	Reciclaje (Ton)	Reducción fuente (Ton)	Total reducción (Ton)	D. final (Ton)
2012	74,60	17,95	13,39	0,71	14,10	60,50
2013	76,48	17,11	13,09	1,39	14,47	62,01
2014	78,36	16,27	12,75	2,10	14,85	63,51
2015	80,22	15,43	12,38	2,85	15,22	65,00
2016	82,07	14,58	11,97	3,62	15,59	66,48
2017	83,91	13,74	11,53	4,43	15,96	67,95
2018	85,73	12,90	11,06	5,27	16,33	69,40
2019	87,53	12,06	10,55	6,14	16,70	70,83
2020	89,32	11,22	10,02	7,04	17,06	72,26

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

Manteniendo constante las prácticas de reducción en la fuente y reciclaje hasta el 2020, se logra reducir el volumen de disposición final en un promedio de 15,60 toneladas diarias.

Realizando el reciclaje no solo se beneficia en la reducción de volúmenes destinados a la disposición final, sino que también debido al

aprovechamiento de estos se reduce significativamente la carga contaminante generada por estos, como se puede observar en las tablas XLIX y L.

Tabla XLIX. **Composición química de la reducción de la carga contaminante mediante el tratamiento del reciclaje**

Origen Residuos sólidos	Carga Contaminante original	Carga Contaminante realizando el reciclaje
Domiciliar	C _{29,28} H _{45,57} O _{16,97} NS _{0,07}	C _{24,54} H _{38,52} O _{14,78} NS _{0,06}
Institucional	C _{43,98} H _{68,39} O _{25,92} NS _{0,09}	C _{25,76} H _{40,47} O _{14,94} NS _{0,07}
Comercial	C _{47,17} H _{71,66} O _{23,38} NS _{0,08}	C _{25,46} H _{39,67} O _{14,12} NS _{0,07}

Fuente: Ing. Marvin Grádiz, 2012

Tabla L. **Reducción de la carga contaminante mediante el tratamiento del reciclaje**

Componente	% de reducción de la Carga contaminante por el reciclaje		
	Domiciliar	Institucional	Comercial
Carbono	16,19	41,42	46,02
Hidrogeno	15,47	40,83	44,65
Oxigeno	12,88	42,34	39,62
Nitrógeno	0,00	0,00	0,00
Azufre	3,64	19,93	11,51

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

8.6. Disposición final

Debido a la alta plusvalía de los terrenos, la falta de estos en dominio de la alcaldía municipal, y la alta densidad poblacional en todo el municipio, se

descarta la construcción de un relleno sanitario en Santa Catarina Pínula, como sitio de disposición final.

Como los sitios de disposición final utilizados en la actualidad (AMSA y zona 3), se acercan a su clausura o cierre, es necesario pensar en la construcción de un relleno sanitario a mediano plazo, el cual para abaratar costos se puede construir conjuntamente con los municipios vecinos, es importante iniciar el largo y políticamente sensible proceso de selección del sitio, aprobación y construcción de un relleno sanitario. El primer paso en esta actividad sería la investigación, evaluación e identificación de un mínimo de tres sitios alternativos para el desarrollo del relleno sanitario que sean:

- Técnica, económica y ambientalmente factibles.
- Social y políticamente aceptables.
- De fácil adquisición dentro del tiempo requerido para la implementación del proyecto propuesto.

El proceso de selección del sitio debe ser participativo para que la oposición pública al sitio finalmente recomendado sea mínima. También debe ser desarrollado según las leyes vigentes e idealmente en cooperación con el Ministerio de Ambiente y cualquier otro ente relacionado al tema de manejo de residuos sólidos. Se recomienda al momento de tener los sitios seleccionados para el relleno sanitario, realizar una evaluación de impacto ambiental, el cual no solo será un instrumento para el trámite de aprobación de la infraestructura, si no que formará parte del ciclo del proyecto.

A continuación se presenta consolidado de todas las acciones a implementar en cada una de las etapas del modelo de gestión integral de los residuos sólidos, que se recomienda para Santa Catarina Pínula

Tabla LI. **Consolidado de acciones a implementar en el modelo de gestión integral de los residuos sólidos**

Etapa	Acciones a implementar
Generación	Modificar patrones de compra y consumo, comprando artículos con menos empaques o que estos sean aptos para el reciclaje.
	En las instituciones y escuelas implementar el reusó del dorso papel utilizado.
	Emplear productos reutilizables; en vez de descartables o desechables.
	Reducir el volumen de empaques mediante el empleo de envases grandes.
	Retomar prácticas de los envases retornables de vidrio.
	Disminuir envases superflúos
	Reducción del grado de consumo existente. Evitar comprar productos innecesarios.
Almacenamiento	Incitar a aquellos hogares que poseen la capacidad económica de cambiar los recipientes inadecuados por contenedores apropiados como ser bolsas plásticas y depósitos impermeables o herméticos.
	Utilizar las bolsas que dan en los comercios por compras realizadas, como forma de almacenamiento domiciliar en hogares de escasos recursos.
	Explicar a la ciudadanía a través de publicidad (afiches, rótulos, trífolios, etc.), los efectos a la salud y ambiente de un mal almacenamiento dentro del hogar, indicando a la vez prácticas para mejorar dicha actividad.
Recolección	Implementar en sistema de campana
	Los hogares que por razones de trabajo no pueden entregar sus residuos al momento de la recolección, deberán de dejarlos en sitios fuera del alcance de los animales, de preferencia a 1,50 metros sobre el suelo.
	Definir el horario de recolección de los operarios privados como municipal.
	Trazar rutas de recolección en base a criterios técnicos, con el fin de maximizar los recursos.
	Para que la Municipalidad adquiera ese papel rector, deberá de cambiar la forma de arreglo del servicio de los operarios privados, pasando de competencia abierta a una forma contratación directa.

Continuación de la tabla LI.

Etapa	Acciones a implementar
Transporte	Realizar la recolección municipal con camiones de dos toneladas para facilitar la circulación en cabecera municipal.
	A medida de lo posible adquirir camiones de caja cerrada para realizar la recolección, ya que son los más indicados para esta actividad porque no alteran las características de los residuos
	Utilizar los camiones compactadores para trasladar los residuos del centro de transferencia a sitio de disposición final.
	En los lugares de difícil acceso hacer uso de transportes de menos tamaño como ser moto camiones o tuc tuc.
Centro de transferencia	Construir el centro de transferencia aplicando criterios técnicos.
	Respetar las áreas destinadas para descarga, clasificación y separación, carga y estacionamiento, con el fin que no se altere el funcionamiento programado.
	Dotar equipo de protección básico, necesario para la operación del centro de transferencia.
	Establecer tiempos de retención de los residuos mínimos a las 12 horas en el centro de transferencia, con la finalidad de evitar quejas de vecinos y propagación de roedores.
	Capacitar el recurso humano en los aspectos técnico-operativos, para lograr las metas fijadas.
Tratamiento/ reciclaje	Construcción de la unidad de selección y clasificación en el centro de transferencia.
	La Municipalidad seleccionará al personal (segregadores), encargados para efectuar las actividades de separación y clasificación manual, se recomienda un número máximo de 6 personas para realizar esta actividad, con lo cual se garantiza que no habrán retrasos en las actividades del personal municipal.
	Brindar el apoyo necesario a los segregadores, para facilitar el mercadeo del producto reaprovechado.
	Capacitar al personal que realizará la función de reciclaje, instruyendo que materiales son aprovechables.
	Dotar de equipo de seguridad a estas personas, como capital semilla.
	Construir relleno sanitario, conjuntamente con los municipios vecinos, reduciendo con esto los costos de su inversión inicial.

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

8.7. Sistema tarifario

El sistema implementado por la Municipalidad quizás no sea el más indicado, ya que existe abonados al sistema de recolección municipal que adeudan cantidades correspondientes a diferentes meses de servicio, a fin de reducir esta morosidad, se puede implementar con existo el cobro de los servicios a través del recibo de agua u otros servicio que presta la Municipalidad, en conjunto con mecanismos legales para el corte de los servicios si los usuarios no pagan, estas formas de pago han dado resultados exitosos en las Repúblicas de Honduras y El Salvador.

8.8. Aspectos externos relacionados directamente al manejo de los residuos sólidos

8.8.1. Aspectos legales

El marco legal que rige la gestión de los residuos sólidos, está sustentado en las siguientes leyes: El Decreto 68-86 del Ministerio del Ambiente, el Código Municipal y el Código de Salud. El Código Municipal en particular delega la responsabilidad del manejo de residuos sólidos a las Municipalidades.

Para que las propuestas en las diferentes etapas de la ruta crítica del manejo de los residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula, tengan el efecto esperado, es necesario contar con el respaldo legal para poder cumplir a hacer cumplir lo ordenado. Establecer reglamentos y disposiciones en el sector de saneamiento, es de carácter urgente porque se carecen de ellas, las cuales son necesarias para poder gestionar una salud ambiental idónea a los habitantes del municipio en estudio.

Con la implementación de estos reglamentos o disposiciones se estaría reduciendo en gran manera un problema que cada día crece sin control, siendo este, la propagación de botaderos clandestinos, que con la aplicación de sanciones sustentadas en base a ley se pueden minimizar en gran manera.

8.8.2. Aspectos institucionales

Como parte de la propuesta para mejorar la gestión de los residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula, es necesario el fortalecimiento institucional de la Municipalidad, retomando de esta forma el rol establecido por el Código Municipal, donde se establece que el manejo de los residuos sólidos es responsabilidad de las municipalidades.

Con este fortalecimiento se pretende cambiar el papel que ha desarrollado desde el 2000 la Municipalidad, pasando de un ente servidor a un ente rector en materia de residuos sólidos en el municipio. Una de las implementaciones para lograr este cambio es dar en carácter de franquicia a las empresas privadas la recolección de los residuos en aquellas zonas que no hay coberturas, seleccionando las que represente más beneficiosa para la población.

También para lograr este fortalecimiento es necesaria la contratación de un experto en la materia, el cual planificará y ejecutará las acciones que mejor se adapten al manejo de los residuos sólidos. Capacitado técnicamente y en salud ocupacional a los trabajadores, en todos los niveles.

8.8.3. Educación sanitaria

Los cambios sustanciales en cualquier aspecto de nuestra vida están relacionados directamente a un fuerte componente educacional, y para lograr las mejoras establecidas en el manejo de los residuos sólidos en Santa Catarina Pínula, no es la excepción.

La educación sobre los residuos sólidos debe de empezar con los conceptos básicos y necesidades del manejo de residuos sólidos y se debe explicar claramente como la comunidad puede participar. Desde luego, hay que motivar efectivamente a la comunidad para que tenga el deseo de cambiar su actitud en relación con el manejo de residuos sólidos. Para que esta educación sea efectiva es necesario desarrollar un programa planificado de educación. Se pueden identificar diferentes estrategias de acuerdo al tipo de audiencia (dueños de casas, dueños de negocios, jóvenes, niños, etc.), según el nivel de educación de la comunidad, tipo de información que se requiera dar, etc. El aspecto cultural, las costumbres y los credos del grupo al que se quiere educar deberán ser tomados en cuenta al emprender campañas de educación.

Estos cambios serán posibles si se realizan las siguientes acciones:

- Implementar en las clases de educación ambiental de las escuelas y colegios, el manejo adecuado de los residuos sólidos, indicando su importancia en la comunidad, para que estos sean un efecto multiplicador en sus hogares.
- Explicar a la población en general las actividades de reciclaje y de reducción en la fuente a través de divulgación escrita y radial.

- Concientizar a la población en general de los problemas a la salud y al ambiente que se generan por un mal manejo de los residuos sólidos, esto se realizará a través de divulgación escrita y radial.
- Colocar información referente al manejo de los residuos sólidos en sitios concurridos por la comunidad (tiendas, supermercados, farmacias, transporte, etc.).
- Establecer programas de colonias limpias, premiando de forma mensual a las que se adapta más a este modelo, publicándolas en todo el municipio con el fin que incite a la competencia.

CONCLUSIONES

1. Mediante la técnica de reciclaje, se reduce más del 10 por ciento de la carga contaminante generada por los diferentes tipos residuos sólidos del municipio de Santa Catarina Pínula, por lo cual se valida la hipótesis establecida.

Tabla LII. **Reducción de carga contaminante a través del reciclaje**

Componente	Reducción total
Carbono	34,54%
Hidrógeno	33,65%
Oxígeno	31,61%
Nitrógeno	0,00%
Azufre	11,69%

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

2. El municipio de Santa Catarina Pínula no cuenta con un modelo de gestión integral de residuos sólidos, careciendo totalmente de reducción en la fuente y tratamiento.
3. El servicio de recolección de residuos sólidos en el municipio de Santa Catarina Pínula presenta un déficit del 39,54 por ciento.
4. La producción de residuos sólidos domiciliarios por habitante por día (PPC) del municipio de Santa Catarina Pínula, tiene un valor de 0,83 kilogramos/habitante – día, lo cual se considera alto con relación a la región.

5. La composición de los residuos sólidos del municipio de Santa Catarina Pínula es la siguiente:

Tabla LIII. **Composición de los residuos sólidos del municipio de Santa Catarina de Pínula**

Categorías	Doméstico (%)	Institucional (%)	Comercial (%)
Papel y cartón	7,06	33,24	16,62
Plástico	6,56	9,02	24,20
Pet	1,68	3,38	2,92
Restos de comida	57,82	43,38	39,65
Metales	1,17	0,56	0,87
Duroport	0,47	3,38	1,46
Textiles y hule	6,36	0,56	1,75
Vidrio	2,40	0,28	0,29
Papel Higiénico	15,90	6,20	5,83
Madera	0,57	0,00	0,29
Desechos electrónicos	ND	ND	0,29
Inertes	ND	ND	5,83
Residuos peligroso	ND	ND	ND
Total	100,00	100,00	100,00

Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

6. El número de botaderos clandestinos ubicados en el municipio de Santa Catarina Pínula es de 39, motivado en gran medida por la falta de cobertura de recolección de residuos sólidos.
7. La producción diaria de residuos sólidos domiciliarios y de barrido de calles es de 75,96 toneladas.

8. La población esta renuente a asumir incrementos tarifarios, aunque estos signifiquen mejoras en el servicio.
9. El valor de la densidad de los diferentes residuos sólidos generados en el municipio de Santa Catarina Pínula es el siguiente:

Tabla. LIV. **Densidades de los residuos sólidos de Santa Catarina Pínula**

Tipo de residuos	Densidad (kg/m ³)
Domiciliares	233,23
Institucionales	70,89
Comerciales	174,68
Barrido de calle	162,03

Fuente: Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

10. El porcentaje de cenizas de 11,79 por ciento muestra que el método de tratamiento por incineración es el más apropiado técnicamente, pero el menos viable desde el punto de vista económico.
11. Dado el alto porcentaje de humedad de los residuos sólidos domiciliars, 71,19 por ciento, se puede afirmar que el vehículo compactador empleado por la Municipalidad no es el más adecuado, debido a la generación de lixiviados que pueden ser derramados durante la etapa de transporte.
12. El pH de 6,04 obtenido para la materia orgánica, muestra que esta se encuentra en un estado ligeramente ácido al momento de efectuar la recolección, lo que indica el inicio de un proceso de descomposición.

13. El municipio no cuenta con un reglamento que brinde los lineamientos en cuanto al manejo de los residuos sólidos, limitando de esta forma mejoras en el servicio y la imposición de sanciones a aquellas personas que están haciendo una disposición inadecuada.

RECOMENDACIONES

1. Teniendo en cuenta el diagnóstico efectuado en la sección 7,3, se considera que por las debilidades que presenta la Municipalidad en la gestión de residuos sólidos, esta debe considerar la idea de dar en contratación directa el servicio de recolección domiciliar, ejerciendo la Municipalidad únicamente el papel de rector de los servicios.
2. Considerando el inciso 1: deberá de normarse todo lo concerniente a la contratación de los servicios de recolección por parte de los recolectores naturales o jurídicos. Generando además una base de datos donde se establezca: nombre de la persona o empresa que presta el servicio, dirección, teléfonos, número de personal, tipo de vehículos empleados, áreas de cobertura, horario y frecuencia de recolección, número de viviendas o establecimientos servidos y sitio de disposición final. Dicha información deberá ser actualizada año a año, llevándose a cabo además una inspección técnica de los vehículos recolectores para renovación de los permisos correspondientes.
3. Fomentar la reducción en la fuente mediante el reciclaje o reaprovechamiento de los materiales presentes en los residuos sólidos.
4. Utilizar los camiones con capacidad de 2 toneladas para los servicios de recolección domiciliar en la cabecera municipal. Así mismo emplear los vehículos compactadores únicamente para transporte al sitio de disposición final, disminuyendo de esta forma el derrame de lixiviados a lo largo de las rutas de recolección.

5. Formalizar la utilización del centro de transferencia ubicado en la zona 1 del municipio, de acuerdo a la propuesta hecha en el capítulo 8, aprovechando además este sitio para efectuar la clasificación de material reciclable.
6. Investigar alternativas adecuadas para el aprovechamiento de la materia orgánica de los residuos sólidos domiciliarios del municipio. Incluir estudios más detallados por parte de un ingeniero agrónomo.
7. Determinar el poder calorífico de los residuos sólidos municipales para evaluar sus beneficios energéticos a través de la incineración.
8. Ejercer un control estricto sobre la deambulaci3n de perros callejeros en el Municipio, los cuales esparcen gran cantidad de residuos al romper las bolsas de basura. En tal sentido los abonados deber3n respetar adem3s los horarios de recolecci3n previamente establecidos. Definir de ser necesario, el uso de recipientes elevados donde se depositen las bolsas previo a la recolecci3n.
9. Incorporar la educaci3n sanitaria dentro de las actividades que se desarrollan en las escuelas, de manera que los m3s j3venes tengan un efecto multiplicador sobre los adultos. Llevar a cabo una campaa de concientizaci3n a nivel municipal, mediante la elaboraci3n de afiches y mantas en donde se explique la importancia de tener una ciudad limpia. As3 mismo instalar contenedores en puntos visibles de las principales calles, de manera que la gente deposite sus residuos en sitios adecuados en lugar de tirarlos sobre las calles.

10. Prohibir el almacenamiento de residuos sólidos en la vía pública, parques, terrenos baldíos o en lugares no especificados para tales fines; almacenar escombros de construcción en la vía pública; tirar basura en las calles, parques, plazas o cualquier otro sitio no especificado para tales fines; afectando con esto la limpieza y ornato del municipio.
11. Establecer una serie de faltas en el manejo de los residuos sólidos, acompañadas de su respectiva multa o sanción.
12. Incluir dentro del personal de servicios públicos un Ingeniero Sanitarista que pueda organizar, planificar y dirigir las actividades referentes al manejo de los servicios de agua potable y saneamiento, así como lo referente a la gestión integral de residuos sólidos.
13. Incluir dentro de las tarifas de los servicios públicos los costos derivados del barrido de calles y disposición final, de manera que el desarrollo de dichas actividades sea autosustentable.
14. Monitorear los indicadores de salud y ambiente después de la implementación del plan de gestión integral de residuos sólidos.
15. Brindar apoyo de la Municipalidad en cuanto a la disposición final a la Autoridad para Manejo Sustentable de la cuenca del lago Amatitlan (AMSA).

BIBLIOGRAFÍA

1. ACURIO, G., et al, Sep. 1998. *Diagnóstico de La Situación del Manejo de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe*, Serie Ambiental No. 18 BID, OPS/OMS.
2. BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 1997. *Guía para la Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales*. Procedimientos Básicos.
9. BROWN, Doreen; UMAÑA, Guillermo; LAROJ, Joram; SALAZAR, Carlos; CACERES, Mario; BESSALEL, Menajem, *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales enfoque Centroamérica*; AIDIS, CARE El Salvador, PROARCA/SIGMA, 2003.
10. CANTANHEDE; Álvaro, SANDOVAL; Leandro, MONGE; Gladys, CAYCHO; CARLOS, *Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos*, CEPIS/OPS, Junio, 2005.
11. COLLAZOS; Héctor, *Diseño y operación de rellenos sanitarios*, 3ª Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Colombia, 2008.
12. CORBITT; Robert A; *Manual de referencia de la ingeniería ambiental*, McGraw-Hill, España, 2003.

13. DOMÍNGUEZ DE FRANCO, V. M., et al, Nov. 1996. *Manejo Integral de los Desechos Sólidos en San Lucas Sacatepéquez*, Estudio Especial.
14. FERNANDEZ, Alejandro; SANCHEZ, Mayra, *Guía para la gestión integral de los desechos sólidos Urbanos* (ONUDI/SECO/LARE), 2007.
15. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA INE, JULIO 2003. *Características de la población y de los locales de habitación censados*. Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación, 271 pp.
16. JARAMILLO, JORGE, 1997. *Guía para el Manejo de los Residuos Sólidos en Ciudades Pequeñas y Zonas Rurales*.
17. KIELY, Gerard; *Ingeniería ambiental, Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*; McGraw-Hill; Madrid, 1999.
18. KUNITOSHI, S., 1981. HDT 17: *Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos*, CEPIS/OPS.
19. LEY GENERAL DE DESCENTRALIZACIÓN (Decreto 14 – 2002).
20. LEY DE LOS CONSEJOS DE DESARROLLO URBANO Y LOCAL (Decreto 11 – 2002).
21. LEWIS, Gilroy, MATIAS, Ronald., et al, Jun. 2005. *Análisis de la situación del manejo de los desechos sólidos municipales en el área urbana del municipio de Coatepeque*, Estudio Especial.

22. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo, GTZ, *Manual de elaboración de planes municipales de gestión integral de residuos sólidos*, Costa Rica, Octubre, 2008.
23. MORENO PONCE, L. J., et al, Nov. 1991. *Estudio de Recolección y Disposición de los Desechos Sólidos del Municipio de Sumpango, Sacatepéquez*, Estudio Especial.
24. PONTE de Chacin, Carmen, *Programa de reciclaje, Manejo integrado de residuos sólidos*, Venezuela, 2008.
25. REYES VASQUEZ, A., et al, Nov. 1994. *Caracterización de los Desechos Sólidos del Mercado Municipal de Antigua Guatemala*, Estudio Especial.
26. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, Norma MX-AA-61-1985, *Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Determinación de la generación*, México, 1985.
27. TCHOBANOGLOUS, George; THEISEN, Hilary; VIGIL, Samuel. *Gestión integral de residuos sólidos, Volumen 1 y 2*, McGraw-Hill, España, 1997.

APÉNDICE

- I. Plantilla de encuesta aplicada durante la caracterización
- II. Comercios participantes caracterización casco urbano
- III. Esquema de ubicación de botaderos clandestinos
- IV. Propuesta de centro de transferencia



APÉNDICE I.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
ESCUELA REGIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y RECURSOS HIDRÁULICOS
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PÍNULA, GUATEMALA, C.A.
ENCUESTA SOBRE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL
MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PÍNULA



1. ¿Cuántas personas viven en su vivienda?

Número de Personas

2. ¿En qué forma dispone sus residuos sólidos?

- 2.a Recolección por camión privado
- 2.b Recolección por camión municipal
- 2.c La Quema
- 2.d La entierra
- 2.e Barranco, río o calle
- 2.d Otros

Especifique

3. ¿En caso de utilizar recolección por camión privado o municipal, ¿Cuál es la frecuencia con que son recolectados los residuos sólidos?

- 3.a Día de por medio
- 3.b 3 veces a la semana
- 3.c 2 veces a la semana
- 3.d 1 vez por semana
- 3.e 1 vez cada 15 días
- 3.f 1 vez al mes

4. ¿Cuál es el costo mensual del servicio de recolección?

- 4.a 10 - 20 (Q.)
- 4.b 20 - 30 (Q.)
- 4.c 30 - 40 (Q.)
- 4.d Más de 40 (Q.)

5. ¿Estaría dispuesto a pagar más por un mejor servicio de recolección de residuos sólidos?

- 5.a Si
- 5.b No

APÉNDICE II.

Tabla LV. Comercios participantes en el estudio

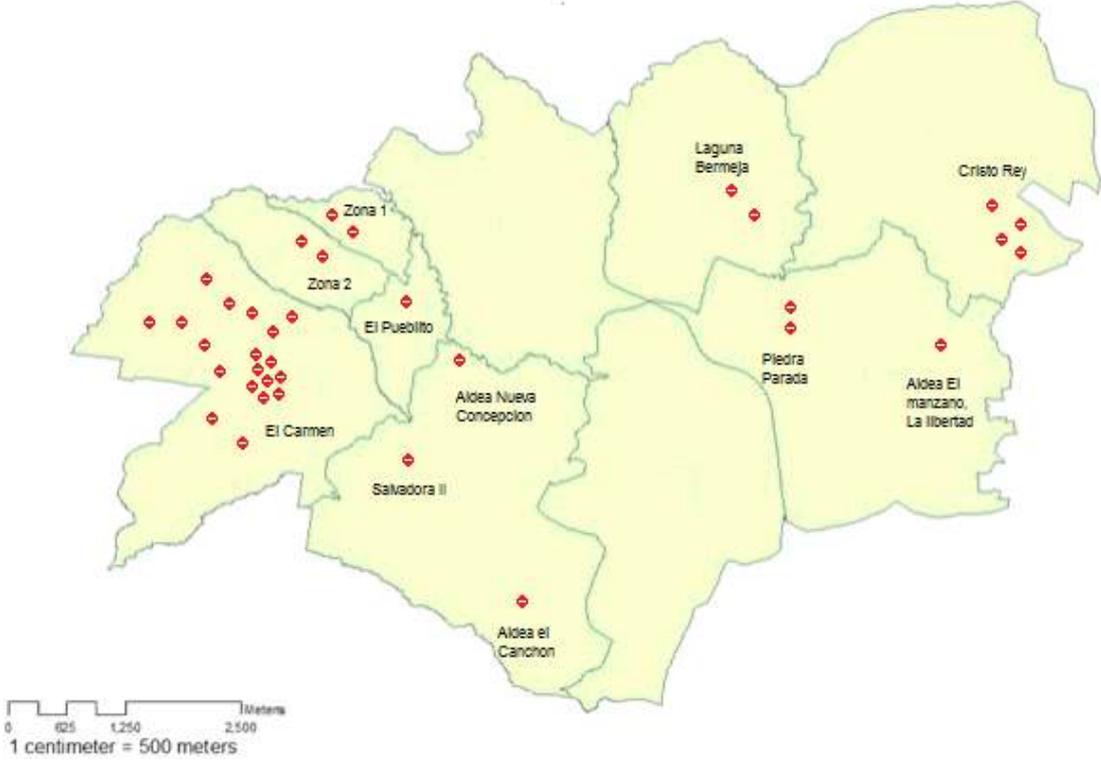
No	Nombre del negocio	Dirección
Comedores		
1	Cafetería Chuy	5ta. Avenida zona 1
2	Comedor Ángelita	5ta. Avenida 0-26, zona 1
3	Pollo Pinulito	5ta. Avenida 0-26, zona 1
Ferreterías		
4	Ferretería Celeste Imperio	5ta. Avenida 0-58, zona 1
Panaderías		
5	Panadería La Rosa	1 a. Calle 4-28, zona 1
6	Pan Pavallier	0 Calle 2-41, zona 2 Local B
7	Pastelería Faris	4 a. Avenida 0-88, zona 2
8	Pastelería La Holandesa	4 a. Avenida, zona 2
Tiendas		
9	Tienda La Bendición	1 a. Calle 4-36, zona 1
10	Tienda La Bendición	0 Calle 4-23, zona .2
11	Caseta Lara	3 a. Avenida 1 a Calle, zona 1
Distribuidoras		
12	Worl Cell	5ta. Avenida 0-58, zona 1
13	Distribuidora Sam	1 a. Calle 3-12, zona 1
Librerías		
14	Librería Arte piel	1 a. Calle 3-30, zona 1
15	Papeles y mas	3 a. Avenida 1-05, zona 1
Sastrerías		
16	Costuras La gracia Ebenezer	1 a. Calle 4-36, zona 1
Tortillerías		
17	Tortillería los tres tiempos	5ta. Avenida zona 1
Purificadores de aguas		
18	Bebidas Sancisa	0 Calle 2-41, zona 2 Local A

Continuación de la tabla LV.

No	Nombre del negocio	Dirección
Farmacias		
19	Farmacia Santa María	0 Calle 2-59, zona 2 Local B
Reparadoras de Calzado		
20	Reparación de Calzado La Bendición	4 a. Avenida, zona 2 Local A
Aceiteras		
21	Aceitera La Colina	0 Calle 2-41, zona 2 Local C
Heladerías		
22	Helados Sandy	0 Calle 2-01, zona 2
Café Internet		
23	Cyber Coffee	3 a. Avenida 1-01, zona 1
Carnicería		
24	Chicharronería Las Delicias	4 a. Avenida 4-70, zona 2
Misceláneos		
25	Novedades Irmita	0 Calle 2-59, zona 2 Local C
26	Variedades de a tres	4 a. Avenida 0-98, zona 2

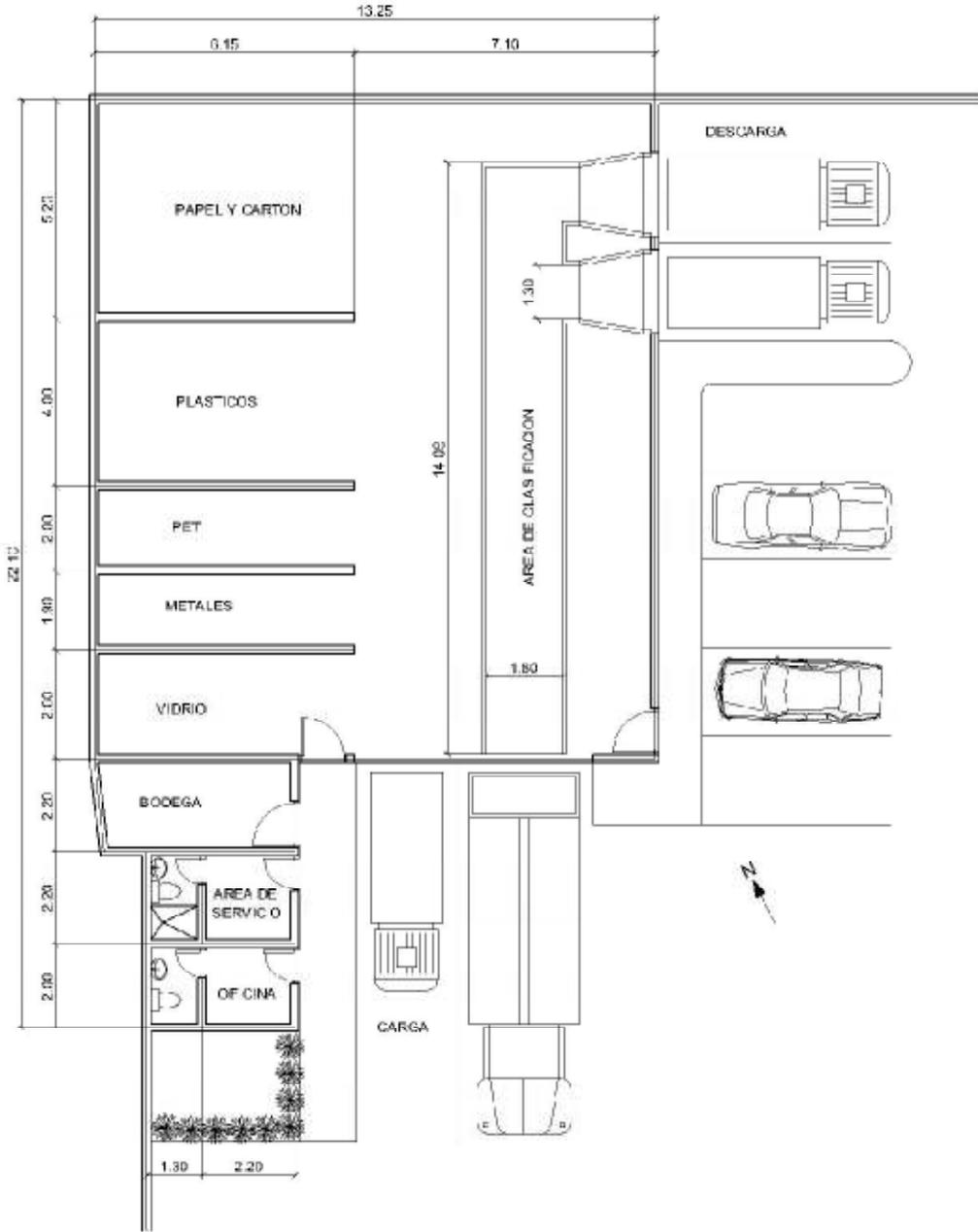
Fuente: Ing. Rommel Raudales e Ing. Marvin Grádiz, 2012

APÉNDICE III.



Fuente: Ing. Marvin Grádiz, 2012

APÉNDICE IV.



CENTRO DE TRANFERENCIA

ESCALA 1:150

ANEXOS

- I. Leyes relacionadas con el manejo de los residuos solidos
- II. Operarios privados (artradesgua)
- III. Análisis de laboratorio materia orgánica
- IV. Esquema de ubicación de zonas del municipio de Santa Catarina Pínula
- V. Esquema de ubicación de aldeas del municipio de Santa Catarina Pínula

ANEXO I.

Ley General de Descentralización (Decreto 14 – 2002)

Se menciona que se transfieren a los municipios, entre otras cosas, los recursos financieros necesarios para la prestación de servicios públicos, tomando en cuenta la participación ciudadana.

En los Artículos 4 y 5 se alude a que son principios básicos: la eficiencia y eficacia en la prestación de los servicios públicos y el restablecimiento y conservación del equilibrio ambiental y el desarrollo humano; así como universalizar la cobertura y mejorar la calidad de los servicios básicos que se prestan a la población.

Ley de los Consejos de Desarrollo Urbano y Local (Decreto 11 – 2002)

Se establecen las funciones de los Consejos Municipales de Desarrollo, entre las cuales las más importantes para este trabajo son las siguientes.

Artículo 12. Inciso b). Promover y facilitar la organización y participación efectiva de las comunidades y sus organizaciones, en la priorización de necesidades, problemas y sus soluciones, para el desarrollo integral del municipio. Inciso d) Promover políticas, programas y proyectos de protección y promoción integral para la niñez, la adolescencia, la juventud y la mujer.

Código Municipal (Decreto 12 – 2002)

Se menciona que es responsabilidad de los municipios servir a los intereses públicos, y cumplir con la prestación eficiente de los servicios. Además se menciona la modalidad de las mancomunidades. A continuación se presentan algunos de los artículos más representativos relacionados con la prestación de los servicios.

Artículo 17. Entre los derechos y obligaciones de los vecinos están: i) Utilizar de acuerdo con su naturaleza los servicios públicos municipales y acceder a los aprovechamientos comunales conforme a las normas aplicables. l) Solicitar la prestación, y en su caso, el establecimiento del servicio público municipal.

Artículo 35. Entre las competencias generales del Consejo Municipal están: e) El establecimiento, planificación, reglamentación, programación, control y evaluación de los servicios públicos municipales, así como las decisiones sobre las modalidades institucionales para su prestación, teniendo siempre en cuenta la preeminencia de los intereses públicos. i) La emisión y aprobación de acuerdos, reglamentos y ordenanzas municipales. y) La promoción y protección de los recursos renovables y no renovables del municipio.

Artículo 50. Los municipios tiene el derecho a asociarse con otros en una o varias mancomunidades.

Artículo 68. Entre las competencias propias del municipio se pueden mencionar: a) Abastecimiento de agua potable debidamente clorada, alcantarillado, alumbrado público, mercados rastros, k) Modernización

tecnológica de la municipalidad y de los servicios públicos municipales o comunitarios. l) Promoción y gestión ambiental de los recursos naturales del municipio.

Artículo 72. El municipio debe regular y prestar los servicios públicos municipales de su circunscripción territorial y, por lo tanto, tiene competencia para establecerlos, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos, en los términos indicados en los artículos anteriores, garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas y contribuciones equitativas y justas. Las tasas serán fijadas atendiendo costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de calidad y cobertura de servicios.

Código de Salud (Decreto 90 – 97)

La sección IV del Código de Salud está dedicada a los desechos sólidos, contempla 7 artículos, los cuales se mencionan a continuación.

Artículo 102. Es responsabilidad de la municipalidad la prestación de los servicios de limpieza o recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables.

Artículo 103. Está prohibido arrojar o acumular desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud, a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal, la que deberá tener en cuenta las medidas sanitarias establecidas,

para evitar contaminación, específicamente de los afluentes provenientes de los botaderos de basura legales o clandestinos.

Artículo 104. Si el Ministerio de Salud comprobara que existen lugares en donde se estén depositando desechos sólidos sin llenar los requisitos de la presente ley, deberán ser trasladados a otros lugares que cumplan con los requisitos sanitarios, con base a un programa que de común acuerdo establezca la municipalidad y el Ministerio de Salud.

Artículo 105. Es obligación de los propietarios o poseedores de predios, sitios o espacios abiertos en sectores urbanos y rurales, deberán cercarlos y mantenerlos libres de desechos sólidos, malezas y aguas estancadas. Velar por esta disposición es responsabilidad de la municipalidad y de las autoridades sanitarias.

Artículo 106. Tanto hospitales públicos como privados que por su naturaleza emplean o desechan materiales orgánicos o sustancias tóxicas, radiactivas o capaces de diseminar elementos patógenos, y los desechos que se producen en las actividades normales del establecimiento, solo podrán almacenar y eliminar esos desechos en los lugares y en forma que lo estipulen las normas que sean elaboradas por el Ministerio de Salud. Los hospitales están obligados a instalar incineradores para el manejo y disposición final de los desechos, cuyas normas están establecidas en el reglamento respectivo.

Artículo 107. Para el almacenamiento, transporte, reciclaje y disposición de los residuos y desechos sólidos, así como de residuos industriales peligrosos, las empresas industriales o comerciales deberán contar con sistemas adecuados según la naturaleza de sus operaciones. Especialmente

cuando la peligrosidad y volumen de los desechos no permitan la utilización del servicio ordinario para la disposición de los desechos generales.

Artículo 108. Los desechos sólidos que provengan de actividades agrícolas o pecuarias deberán ser recolectados, transportados, depositados y eliminados de acuerdo con las normas y reglamentos que se establezcan, a fin de no crear focos de contaminación ambiental, siempre y cuando no fuera posible su reprocesamiento y/o reciclaje para uso en otras actividades debidamente autorizadas.

ANEXO II.

Tabla LVI. Operarios privados ARTRADESGUA

No.	Asociado	No. de camiones	Capacidad de camión (Ton)	Ruta de trabajo
1	Empresa servicio de extracción de basura Palencia propietario Augusto de Jesús Palencia	1	15	El Pajón
				Guadalupe
				Residencial Wesfalia
				El Montano
				Pajón
2	Empresa Karam S.A., propietario Amurabi Ramírez Conde	2	15	Del kilómetro 10 al 14, Ruta a El Salvador
3	Empresa Rodríguez, propietario Álvaro Augusto Rodríguez	1	15	Del kilómetro 14 al 16 ½, Ruta a El Salvador
				Carretera San José Pínula al km 19
				Aldea El Pajón al km 16,5
				Aldea Don Justo
				Puerta Parada
4	Empresa Limpieza Rodríguez Urias, Propietario Felipe Nery Rodríguez	2	8	Cantón los 3 reyes
				Callejón El río
				La Laguneta
				La Laguna
5	Empresa Transporte Martínez, propietario Gustavo Adolfo Martínez	2	15	26 Avenida
				Calle Eucalipto
				Los Cipreses

Continuación de la tabla LVI.

No.	Asociado	No. de camiones	Capacidad de camión (Ton)	Ruta de trabajo
6	José Luis Rodríguez	1	10	Col. Cambray I
				Puerta Parada
				Km 13 Carretera a El Salvador
				Don Justo
				Km 17 carretera a El Salvador
				Res. Lomas de San Antonio
				Villa de Málaga
				Carretera Alternativa a El Salvador
				Aldea la Laguneta
				Sector Don Justo
				Salvadora II
				Res. San Vicente
				San Miguel Buena Vista
				Aldea El Pueblito
				Res. Bella Luces
				Salvadora I
Res. Las Tinajas				
Aldea EL Carmen				
Res. Vista Azul				
Centro Corporativo Muxbal				
Finca La Plata				
7	Empresa Transportes Sil, propietario Juan Alberto Méndez	1	10	Res. El Solar km 15,5
				Res. El Horizonte km 15,5
				Res. Loma Real km 13
				Res. Jardines del Valle km 5
				Res. Linda Vista km 15
8	Empresa Amperez García, propietario Mario René Amperez	2	10	Sobre la 20 Calle zona 10
				Cabecera municipal

Continuación de la tabla LVI.

No.	Asociado	No. de camiones	Capacidad de camión (Ton)	Ruta de trabajo
9	Empresa Servicios de limpieza Monterroso Rodríguez, propietario Marvin Estuardo Monterroso	2	10	Aldea El Montano
				La Libertad
				Aldea la Laguna Bermeja
				Aldea El Pajon
10	Empresa ECOSE S.A., propietario Norman Leonel Penagos	2	10	Aldea Don Julio
				Zona 1 Cabecera
				Zona 2 Cabecera
11	Empresa M & ML, propietario Oscar Enrique Marroquín	2	8 y 10	Colonia Santa Barbará
				San Rafael la Laguna Km 8
				Vista Real Km 8.5 ruta a El Salvador
				Villas del Campo
				Burger King, Mc Donald, Puerta Parada
				Condominio Puerta Grande
				Texaco Puerta Parada
				Banrural
				Condominio La Alambra
				Pollo Campero Condado Concepción
				Centro Comercial Pradera Concepción
				Finca San José
				del Km 15 al 16.5 ruta a El Salvador
				Condominios El Diamante
				Res. Las Casuarinas
				Res. Las Rotondas
				Res. Pradera de San Vicente
Res. Pirámide Habitacional Km 18.5				
Le Mans, Condado Concepción Km. 15				
VW Condado Concepción				

Continuación de la tabla LVI.

No.	Asociado	No. de camiones	Capacidad de camión (Ton)	Ruta de trabajo
12	Empresa Transportes Capiz, propietario Silverio Capir	1	15	Res. Las Nubes
				Col. El Socorro
				Carretera vieja a El Salvador
				Valle Bello
				La Ensenada
				Tres Aces
				El estrechos I y II
				Loma Verde
				La Sagrada Familia
				El Cafetal
				El Carmen
				El Escalón
				Encino de Muxbal
				Los Laureles
				Casa Muxbal
				Castaño
				Los Bosques
				El Encanto
				La Española
				El Sendero
Cipreses I y II				
Prados de Muxbal				
La Tierra				
San Gabriel				
Alto de la Loma I y II				
Alto de Muxbal				

Continuación de la tabla LVI.

No.	Asociado	No. de camiones	Capacidad de camión (Ton)	Ruta de trabajo
13	Empresa Servicios Israel, propietaria Vivian Anabella López	2	10	Puerta Parada Calle la Luz y sus interiores
				Res. El paseo
				Res. Montecillo
				Caserío Acatan
				Aldea Pierda Parada, Cristo Rey
				Aldea el Rosario
				Piedra Parada Sectores 1, 2 y 3
				Calle principal Aldea El Manzano km 21
14	Empresa Servicios de extracción de basura Rodríguez, propietario Félix Humberto Rodríguez	2	10	Colonia Santo Domingo, Sc 1, 2 y 3
				Puerta Parada
				Don Justo
				El Pajon
				Cuatro Caminos
15	Mario Ruperto Garrido	1	8	Km 18 ruta a San José Pínula
				Col. El Carmen
				Col. El Caminero
16	José Luis Sil del Cid	1	8	Col. Paisajes de Boca del Monte 1,2,3 y 4
				Res. Loma Real km 12.5
				Res. Linda Vista km 15
				Res. El Solar km 15.5
				Res. El Horizonte
				Res. Jardín del Valle km 15.5
Sobre carretera a El Salvador				

Continuación de la tabla LVI.

No.	Asociado	No. de camiones	Capacidad de camión (Ton)	Ruta de trabajo
17	Héctor René Castro	1	10	Col. Las Bendiciones
				Col. La Libertad
				Col. Las Ilusiones
				Col. La Cañada
				Res. El Carmen
18	Tereso de Jesús Ramírez	1	8	Res. Westfalia
				Comercios y Colegios en Aldea el Pajon

Fuente: Municipalidad Santa Catarina Pínula / Mod. Ing. Marvin Grádiz e Ing. Rommel Raudales, 2012

ANEXO III.



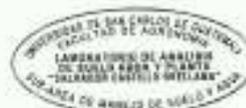
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: ROMMEL RAUDALES
 PROCEDENCIA: SANTA CATARINA PINULA, GUATEMALA
 FECHA DE INGRESO: 7/3/2012
 ANALISI DE DESECHOS SOLIDOS ORGANICOS

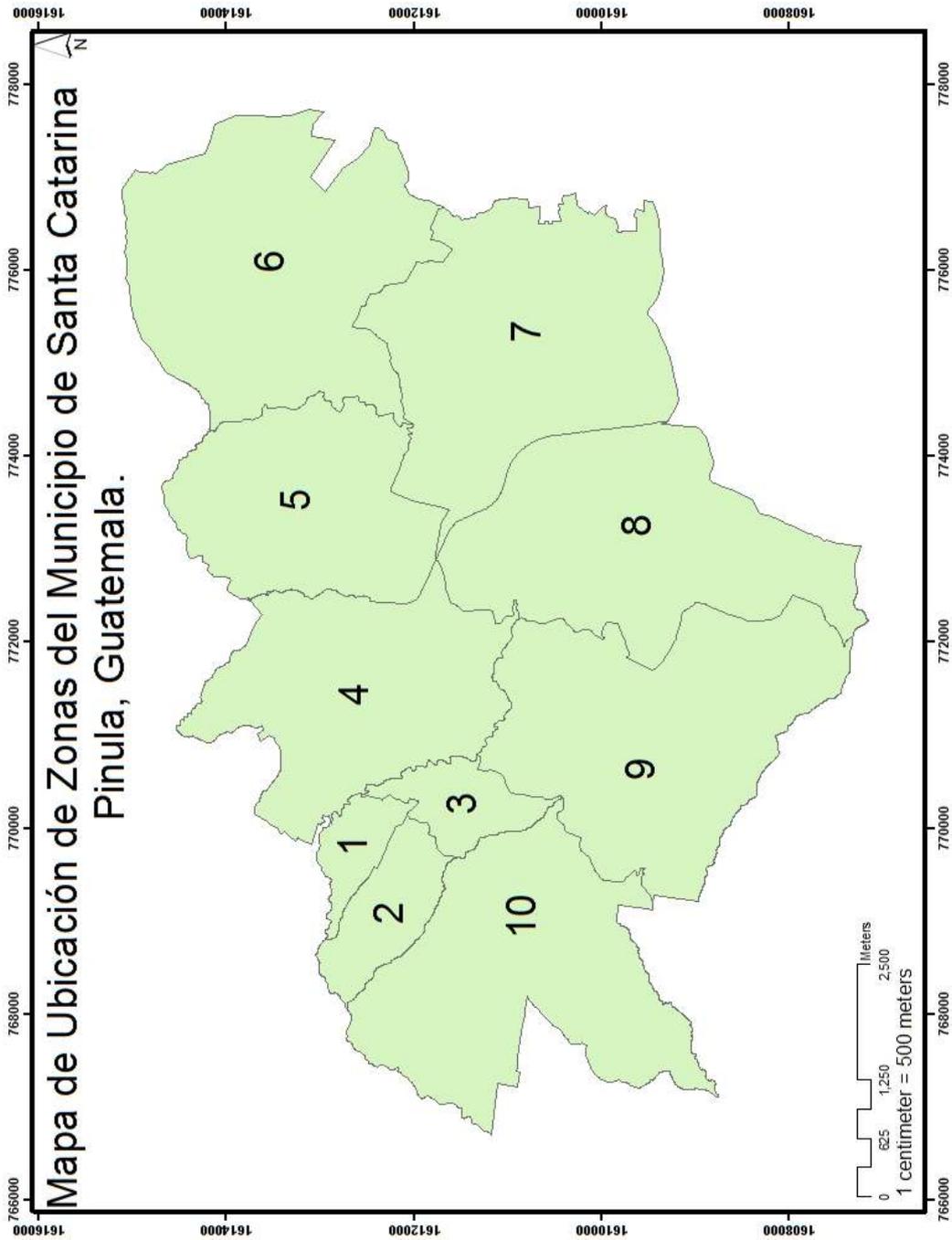
ELEMENTOS TOTALES

IDENT	pH	mS /cm C.E.	%				ppm				%		C : N	
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O		NT
M-1	5.6	22.53	0.44	4.99	1.38	0.42	10	25	635	40	3000	45.60	1.76	25.9 : 1



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO 4, SEGUNDO PISO, OFICINA 3-4, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA.
 CÓDIGO POSTAL 01010, APTADO POSTAL 1545, TEL: (502) 2441 4906, EXTENSION: 1748 FAX: (502) 2476 9788

ANEXO IV.



ANEXO V

