



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

**PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS
RESIDENCIALES GENERADOS EN EL ÁREA URBANA DEL
MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ,
DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.**

Henry Alexander Ramos Velásquez
Asesorado por el Ing. Edelman Cándido Monzón López

Guatemala, agosto de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS
RESIDENCIALES GENERADOS EN EL ÁREA URBANA DEL
MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ,
DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

HENRY ALEXANDER RAMOS VELÁSQUEZ
ASESORADO POR EL ING. EDELMAN C. MONZÓN LÓPEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

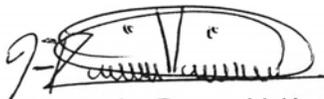
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Cesar Leonel Ovalle Rodríguez
EXAMINADOR	Inga. Martha Guisela Gaitán Garavito
EXAMINADOR	Ing. Edwin Giovanni Tobar Guzmán
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS RESIDENCIALES GENERADOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, el 22 de noviembre de 2008.



Henry Alexander Ramos Velásquez

Guatemala, 4 de Mayo del 2009.

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica-Industrial
Facultad de ingeniería.

Estimado Ingeniero:

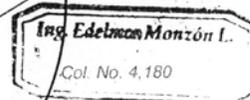
De manera atenta, me dirijo a usted, para presentarle el trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS RESIDENCIALES GENERADOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, presentada por el Bachiller **Henry Alexander Ramos Velásquez**, quien se identifica con carné: **2004-12625**, la cual fue asesorada por mi persona.

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

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

Atentamente,


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



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS RESIDENCIALES GENERADOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario **Henry Alexander Ramos Velásquez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Inga. Miriam Patricia Rubio de Akú
Catedrática Revisora de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2009.

Miriam Patricia Rubio Contreras
INGENIERA INDUSTRIAL
COL. 4074

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS RESIDENCIALES GENERADOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario Henry Alexander Ramos Velásquez, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2009.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.265-09

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS RESIDENCIALES GENERADOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario **Henry Alexander Ramos Velásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, agosto de 2009.

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS** Por el don de la vida y por brindarme la sabiduría y el discernimiento para alcanzar esta meta.
- La universidad de San Carlos de Guatemala** A mi casa de estudios, por los maravillosos años que viví aquí, por los conocimientos adquiridos, por las amistades cosechadas, porque me hiciste sentir orgulloso y digno de ser san carlista.
- La municipalidad de San Pedro Sacatepéquez San Marcos** Por darme la oportunidad de desarrollar mi trabajo de Graduación y por su colaboración.
- Ing. Edelman Monzón** Por asesorarme en este trabajo de graduación y brindarme su apoyo y sabios consejos.
- Inga. Miriam Rubio de Akú** Por la revisión de este trabajo.

DEDICATORIA A:

DIOS:

Por su infinita misericordia, amor y bendiciones en mi vida y por permitirme llegar con vida y salud a este momento, y poderlo compartir con mis seres queridos.

Mi madre: Claribel Velásquez de Ramos

Mamita aquí esta el fruto de la primera vez que guiaste mi mano para realizar mi tarea, hoy te entrego este triunfo. Gracias por tu esfuerzo, por tu apoyo, por tu amor incondicional. Podes estar segura que todo lo que has hecho te esta siendo bien recompensada.

Mi padre: Dr. Orlando Ramos Juárez

Papá gracias por tus sabios consejos y por tu apoyo incondicional.

Mis hermanos:

Yazmina, Orlando, Pamela y Iván con mucho amor.

Mi familia:

Abuelitos, Adolfinia Juárez y Cesar Ramos. En especial a Carmela Orozco y Braulio Velásquez, por darme amor, educación y aliento necesario para lograr mis metas. Tíos, primos, por sus oraciones, consejos, apoyo incondicional y muestras de afecto transmitidas. Elementos importantes para mi desarrollo y crecimiento.

Mis amigos:

Por su sincera amistad, aprecio y apoyo.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial; por brindarme los conocimientos en el proceso de mi formación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
INTRODUCCIÓN	XXI
OBJETIVOS	XXIII
RESUMEN	XXV

1. ANTECEDENTES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE LOS DESECHOS SÓLIDOS

1.1. Datos generales del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos	1
1.1.1. Resumen histórico	1
1.1.2. Aspectos geográficos, topográficos y climatológicos	3
1.1.3. Características de la población	10
1.2. Desechos sólidos	15
1.3. Clasificación de los desechos sólidos	15
1.3.1. Por su composición	15
1.3.1.1. Orgánicos	16
1.3.1.2. Inorgánicos	16
1.3.2. Por el lugar donde son generados	16
1.3.2.1. Residenciales	16
1.3.2.2. Comerciales e industriales	17
1.3.2.3. Lugares públicos	17
1.3.2.4. Hospitalarios	18

1.4. Propiedades de los desechos sólidos	18
1.4.1. Físicas	18
1.4.2. Químicas	20
1.4.3. Biológicas	21
1.5. Determinación de las propiedades de los desechos sólidos urbanos	23
1.5.1. Composición de los desechos sólidos	27
1.5.2. Calculo de la tasa de generación	31
1.5.3. Condiciones de seguridad e higiene a considerar	35
1.6. Manejo de los desechos sólidos urbanos	36
1.6.1. Incineración	38
1.6.2. Compostaje	39
1.6.3. Reciclaje	41
1.6.4. Relleno Sanitario	42

2. DIAGNÓSTICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

2.1. Descripción del sistema de limpieza municipal	45
2.1.1. Datos históricos	45
2.1.2. Organigrama	48
2.1.3. Funciones	50
2.1.4. Cobertura	51
2.2. Datos sobre los desechos sólidos	52
2.2.1. Residenciales	53
2.2.2. Comerciales e industriales	53
2.2.3. Lugares públicos	54
2.2.4. Hospitalarios	54
2.3. Manejo actual de los desechos sólidos	54
2.3.1. Orgánicos	56

2.3.2. Inorgánicos	56
3. CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS	
3.1. Estudio de campo	57
3.1.1. Recursos y materiales necesarios para el estudio	57
3.2. Tipología de los desechos sólidos	59
3.2.1. Procedimiento para llevar el estudio de campo	60
3.2.2. Boletas a utilizar	62
3.2.3. Determinación del universo y la muestra	63
3.2.4. Recolección de la información	65
3.2.5. Clasificación de la información	67
3.3. Análisis de los resultados de la caracterización	70
3.3.1. Tasa de generación	70
3.3.2. Composición de los desechos sólidos	71
3.3.3. Peso específico de los desechos sólidos	71
3.3.4. Contenido de humedad	72
3.3.5. Tamaño de partícula	73
3.3.6. Propiedades químicas	73
3.3.7. Propiedades biológicas	77
4. PROPUESTA DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS	
4.1. Clasificación de los desechos sólidos	81
4.1.1. Orgánicos	82
4.1.2. Inorgánicos	83
4.2. Tratamiento para los desechos orgánicos	85

4.2.1. Compostaje	85
4.2.2. Reciclaje	87
4.3. Tratamiento para los desechos inorgánicos	88
4.3.1. Reciclaje	88
4.3.2. Incineración	89
4.3.3. Relleno Sanitario	91
4.4. Normas de implementación para el tratamiento de los desechos sólidos	91
4.4.1. Para el compostaje	91
4.4.2. Para el reciclaje	93
4.4.3. Para el incinerador	94
4.4.4. Para el Relleno Sanitario	96
5. SEGUIMIENTO DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS	
5.1. Diseño de rellenos sanitarios	97
5.1.1. Factores para la localización del terreno	97
5.1.2. Técnicas para la construcción	100
5.1.3. Mantenimiento	105
5.2. Implantación de una planta recicladora	108
5.2.1. Importancia	108
5.2.2. Funciones	109
5.2.3. Mantenimiento	110
5.3. Proyección de la cantidad de desechos sólidos	112
5.3.1. Planta Incineradora	114
5.3.1.1. Ampliaciones	114
5.3.1.2. Mantenimiento	116
5.3.2. Relleno Sanitario Manual	118

5.3.2.1. Cálculo de la capacidad	118
5.3.2.2. Cálculo de la mano de obra	122
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	129
BIBLIOGRAFÍA	131
ANEXOS Y APÉNDICES	133

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Croquis del área urbana de San Pedro Sacatepéquez.	4
2. Mapa de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	6
3. Organización del departamento de limpieza de la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	49
4. Foto del tiradero municipal de San Pedro Sacatepéquez.	55
5. Método de trinchera para construir un relleno sanitario.	102
6. Método de área para construir un relleno sanitario.	103
7. Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario.	104
8. Diagrama de flujo de una planta recicladora.	110
9. Diagrama de flujo del proceso de la planta incineradora de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	143
10. Composición de los desechos sólidos residenciales generados.	149
11. Porcentajes de orgánicos e inorgánicos de los desechos sólidos residenciales generados.	150
12. Tasa de generación por semana.	150
13. Peso diario de cada tipo de desecho.	151
14. Peso diario de cada tipo de desecho.	151

TABLAS

I. Indicadores generales del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	11
II. Porcentaje de sólidos volátiles y contenido de lignina de algunos componentes orgánicos de los desechos sólidos residenciales.	23

III. Distribución porcentual típica de los desechos sólidos domésticos en países con ingresos per cápita altos, medios y bajos.	27
IV. Porcentaje de desechos sólidos recolectados provenientes de distintas fuentes.	53
V. Porcentajes en peso por componente de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	68
VI. Porcentaje en peso por tipo de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	69
VII. Pesos específicos de los principales componentes de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	69
VIII. Porcentaje de humedad de los principales componentes de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	70
IX. Cantidades generadas diariamente de los principales componentes de los desechos sólidos residenciales.	72
X. Volúmenes aparentes generados diariamente de los principales componentes de los desechos sólidos residenciales.	73
XI. Características químicas de los desechos sólidos municipales.	74
XII. Composición típica del material combustible de los desechos sólidos municipales.	75
XIII. Contenidos de humedad, contenido energético y tamaño de los principales componentes de los desechos sólidos domésticos.	76
XIV. Tiempo de degradación de los desechos sólidos.	77
XV. Pronóstico poblacional del caso urbano.	113
XVI. Pronóstico de producción de desecho sólido domiciliar.	114

XVII. Áreas necesarias para cada tipo de desechos en la planta incineradora.	116
XVIII. Rendimientos para cada actividad en los rellenos sanitarios.	123
XIX. Cantidad de hombres para cada actividad del relleno sanitario.	124

GLOSARIO

Administración	Proceso de diseñar y mantener un ambiente en el que las personas trabajan juntas para lograr propósitos eficientemente seleccionados.
Aerobio	Proceso bioquímico o condición ambiental que sucede en presencia de oxígeno.
Anaerobio	Proceso bioquímico o condición ambiental que sucede en ausencia de oxígeno.
Balance de masa	Una contabilización de los pesos de los materiales que entran y salen de una unidad de procesamiento.
Basura	Se entiende por basura todo desecho sólido o semi-sólido que carece de valor para su inmediato poseedor, con excepción de excretas de origen humano o animal.
Caracterización	Estudio que pretende determinar con precisión algunas características y propiedades del objeto de estudio.

Certeza	Grado de seguridad con que se efectúa una afirmación.
Coeficiente	Número que representa una propiedad o característica de un objeto.
Compactación	El proceso por unidad normalmente utilizado para incrementar el peso específico de materiales residuales para que puedan ser almacenados y transportados eficazmente.
Compost	Una mezcla de desechos orgánicos parcialmente descompuesto por bacterias aerobias y/o anaerobias. El compost puede ser utilizado como un acondicionador de la tierra.
Compostaje	Descomposición biológica controlada de materiales orgánicos de desechos sólidos bajo condiciones aerobias. El compostaje puede hacerse en hileras, pilas estáticas y depósitos cerrados.
Comprobación de hipótesis	Procedimiento estadístico que permite comprobar o rechazar hipótesis con cierto grado de certeza.
Contaminación	La contaminación de la tierra, el agua o la atmósfera por la descarga de desechos u otras materias ofensivas.

Contenido de humedad	La pérdida de peso(expresada en porcentajes) cuando se seca una muestra de desechos con un peso constante, utilizando una temperatura de 100 - 105 °C.
Correlación	Análisis estadístico realizado con el objeto de analizar la relación existente entre dos variables, así como para determinar el ajuste de una curva de regresión a la distribución de las observaciones.
Densidad de la basura	(Peso volumétrico) es la relación entre el peso y el volumen ocupado. La basura tiene una densidad, dependiendo del estado de compresión.
Disposición final	Es la última actividad operacional del servicio de aseo urbano, mediante la cual las basuras son descargadas en forma definitiva.
Descomposición	La descomposición de desechos orgánicos por medios bacteriológicos, químicos o térmicos.
Desechos	Un término general para desechos sólidos sacados de viviendas establecimientos comerciales e institucionales.

Desechos de comida	Residuos animales y vegetales que resultan del manejo, almacenamiento, venta, preparación, cocinado y servicio de comida.
Desechos de construcción	Desechos producidos en el curso y construcción de viviendas, oficinas, plantas industriales, escuelas y otras estructuras.
Desechos industriales	Desechos generalmente obtenidos de operaciones industriales o derivados de proceso de fabricación.
Desechos peligrosos	Desechos que por su naturaleza pueden suponer una amenaza para la salud del hombre o para el ambiente.
Desechos residenciales	Residuos generados en casas y apartamentos.
Desechos sólidos	Cualquier material en una gran variedad de materiales sólidos, también algunos líquidos que se tiran o se rechazan por estar gastados, ser inútiles, sin valor o estar en exceso.
Desechos sólidos comerciales	Desechos que tienen su origen en establecimientos de venta al por mayor, venta al por menor o de servicios.

Desechos sólidos urbanos	Incluyen todos los desechos generados de viviendas residenciales, edificios de apartamentos, establecimientos comerciales de negocios, instalaciones institucionales, actividades de construcción y demolición, servicios municipales y lugares de plantas de tratamiento.
Digestión anaerobia	Conversión biológica de desechos orgánicos procesados a metano y dióxido de carbono, bajo condiciones anaerobias.
Estación de transferencia	Un lugar o instalación donde los desechos son transferidos desde vehículos de recolección más pequeños a vehículos más grandes para el transporte a lugares de vertido.
Evacuación	Las actividades asociadas con la manipulación a largo plazo de desechos sólidos que son recogidos y no reutilizables, y de materia residual, después de que los desechos sólidos han sido procesados y la recuperación de productos de la conversión y energía ha sido concluida.
Fuente	Ente que genera los desechos sólidos analizados.

Generación desechos sólidos	El acto o proceso de generar desechos sólidos.
Incineración	El proceso controlado por el cual los desechos combustibles sólidos, líquidos o gaseosos son quemados y convertidos en gases, y el desecho obtenido contiene poco o nada de materia combustible.
Lixiviado	El lixiviado es el líquido que percolado a través de los desechos sólidos, acarrea materiales disueltos o suspendidos.
Materiales combustibles	Varios materiales en el flujo de desechos que pueden quemarse.
Materias orgánicas	Compuestos químicos que tienen carbono combinados con otros elementos químicos. Las materias orgánicas pueden ser de origen natural o antropogénico. La mayoría de los compuestos orgánicos son de una fuente de alimentación para las bacterias y normalmente son combustibles.
Nivel de significancia	Es la probabilidad de rechazar una hipótesis verdadera en una prueba.

Permeabilidad	Se define como la velocidad de flujo del agua en el suelo bajo un gradiente hidráulico unitario. La dimensión de la permeabilidad es la de una velocidad, ya que su dimensión es la longitud dividida por el tiempo.
Peso específico	Medida del peso de una unidad de volumen de un cuerpo.
Procesamiento	Cualquier método sistema u otro medio designado para cambiar la forma física o el contenido químico de los desechos sólidos.
Putrefactible	Sujeto a descomposición o pudrición biológica o química. Normalmente utilizado en referencia a desechos de comida y otros desechos orgánicos.
Precipitación	Es el agua atmosférica que cae al suelo en estado líquido o sólido, tal como la lluvia, nieve y granizo. La intensidad y frecuencia de la precipitación deben ser previstas en la construcción del relleno sanitario, para adoptar las dimensiones apropiadas de los sistemas de drenaje.

Reciclaje	Es un proceso mediante el cual ciertos materiales de las basuras se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo.
Recolección	Acto de recoger, tomar llevar los desechos sólidos.
Recuperación	Actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios, bien sea por separación, desempaqueamiento, recogida o cualquier otra forma de retirar de los residuos sólidos algunos de sus componentes para su reciclaje o reuso.
Recurso	Elementos de los que puede disponer para satisfacer una necesidad o llevar a cabo una empresa.
Reducción de volumen	El procesamiento de los desechos sólidos para disminuir la cantidad de espacio que ocupan.
Regresión	Análisis estadístico realizado con el objeto de buscar relaciones entre dos o más variables ligadas de un modo causal.

Relleno Sanitario	Es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública.
Rutas de recolección	Rutas establecidas seguidas en la recolección de desechos no seleccionados o separados en origen de viviendas, negocios, instalaciones comerciales e industriales y otras localizaciones.
Saneamiento	Conjunto de acciones que tiene por objeto el dar condiciones salubres a un sector, ciudad o país.
Separación	Dividir desechos en grupos de materias similares.
Sistema	Conjunto de componentes que interactúan entre si y que poseen límites claros y precisos.
Sistemas de recolección	Recolectores y equipo utilizado para la recolección de desechos no seleccionados o separados en el origen.
Sólido	Estado de la materia en que ésta cuenta con un volumen definido, que no depende de otros objetos.

Tasa	Medición de tipo numérico de una propiedad o característica de un objeto de estudio.
Transferencia	El acto de transferir desechos de un vehículo de recolección a vehículos transportadores más grandes.
Transporte	El transporte de desechos sólidos transferidos desde vehículos de recolección a una instalación o lugar vertido para su procesamiento.
Vectores	Son seres que actúan en la transmisión de enfermedades, llevando el agente de la enfermedad de un enfermo o un reservorio, a una persona sana.
Vertedero	Lugar de depósito, donde se arrojan o dejan los desechos sólidos (en nuestro medio; en el basurero).
Vida útil	Es el período de tiempo en que el relleno sanitario estará apto para recibir basura continuamente.

INTRODUCCIÓN

El tema de los desechos sólidos es un problema en nuestro país y en el mundo que deberá de ser tratado ya que este afecta las condiciones estéticas, económicas y sanitarias de la ciudad, brindando un ambiente inadecuado para la población, por lo que se recomienda buscar soluciones satisfactorias para el manejo de los desechos, para proporcionar un ambiente agradable para vivir.

En el municipio de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de San Marcos alrededor del 90% de los desechos sólidos son de tipo domiciliar, y el 10% restante es generado por lugares públicos, hospitales y empresas comerciales.

Para encontrar una solución acerca de la problemática que los desechos sólidos generan, es necesario hacer un análisis del lugar y de la población del cual provienen, ya que estudiando las características culturales, sociales, económicas, demográficas, etc., podemos desarrollar propuestas que sean de gran ayuda a la población y permitir alcanzar una solución viable.

Entre las características más importantes que debemos de analizar acerca de los desechos sólidos tenemos: la tasa de generación, la composición porcentual y el peso específico, además de esto tenemos las variaciones que sufren a lo largo del tiempo.

Tomando en cuenta la falta de datos confiables en relación con este tema, sobre todo, referidos específicamente al municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos; se detectó la necesidad de efectuar un estudio de campo que permita la obtención de datos lo suficientemente confiables para sustentar investigaciones posteriores tendientes a proponer alternativas de solución, para hacer un mejor manejo de los desechos sólidos generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, y contribuir al cuidado de los recursos naturales con los que cuenta el municipio, al mismo tiempo propiciar un ambiente agradable para los habitantes.

OBJETIVOS

General:

- Crear una fuente de información actualizada para la elaboración de un plan de manejo de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de San Marcos, a través de la composición química y la determinación de las características básicas que tienen estos residuos.

Específicos:

1. Determinar la cantidad y la calidad de desechos sólidos residenciales per cápita generados en el municipio.
2. Determinación de las características básicas de los desechos sólidos residenciales por medio de un estudio estadístico.
3. Analizar la problemática relacionada con el manejo de los desechos y el impacto de los materiales contaminantes en la salud y el ambiente.
4. Proponer mejoras en el tratamiento de los desechos sólidos para propiciar un mejor ambiente para los habitantes del municipio.

5. Determinar la composición porcentual de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio y en la forma en que varían.

6. Contribuir al crecimiento social del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos, a través de las propuestas que se obtendrán en el desarrollo de este estudio.

7. Analizar el sistema de limpieza del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

RESUMEN

En este documento se dará a conocer los conceptos básicos sobre el tema de los desechos sólidos, describiendo las propiedades con las que cuentan, además de la determinación de dichas propiedades, asimismo la manera en que se pueden clasificar para poder determinar la forma adecuada de tratar cada tipo de desecho, para que el daño que generen al medio ambiente sea el menor posible. Además de esto, se realizará un análisis de la situación actual del sistema de limpieza con respecto al manejo, tratamiento de los desechos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos para poder mejorar las deficiencias con las que cuenta dicho sistema.

Se realizó un estudio de campo, en el cual se determinó el tamaño ideal de la muestra que se deberá de tomar para obtener información confiable acerca de la tasa de generación, composición de los desechos, densidad aparente, contenido de humedad y otras propiedades con las que cuenta los desechos sólidos residenciales del municipio de San Pedro Sacatepéquez.

Con los datos obtenidos del análisis de las características de los desechos sólidos, se elaboraron propuestas para mejorar el manejo adecuado de estos en el municipio, el cual incluye un programa de educación ambiental donde se dé a conocer todo lo relacionado sobre los desechos para sensibilizar a la población, y a la vez lograr que estos puedan ayudar a clasificarlos desde el hogar en orgánicos e inorgánicos. Además de propiciar información sobre cada tipo de tratamiento que deben recibir los desechos del municipio.

1. ANTECEDENTES DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

1.1. Datos generales del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos

1.1.1. Resumen histórico

El origen del nombre de este municipio es en honor a Fray Pedro de Angulo, quien por orden del Rey de España, acompañó a los conquistadores, por eso se bautizó al pueblo con el nombre de San Pedro Sacatepéquez. El origen del apellido "Sacatepéquez", se debe a lo gratamente impresionados que quedaron los españoles al observar las alturas y valles de ésta tierra verde (Sacat=hierba, Tepet=cerro); también le llamaban Quetzalí que quiere decir "Valle de la Esmeralda", debido a su situación geográfica y por el verdor de sus montañas. Existen diversos documentos que relatan datos acerca del origen y fundación del municipio, entre ellos, el de su catequización que es un pergamino que se encuentra en los Archivos de la Municipalidad; se cuenta que los nativos de San Pedro colaboraron en todo sentido con los españoles y como recompensa a sus múltiples esfuerzos el Rey Carlos V, quien les obsequió dicho pergamino el 1 de mayo de 1543.

En esta Real Cédula, el Monarca agradecía los servicios prestados, conforme relación hecha por los Caciques del pueblo de San Pedro Sacatepéquez. Siguiendo los capítulos de instrucción del Licenciado Bartolomé de las Casas, el pueblo se formó cerca de los ríos, conformándose al inicio como con trescientos vecinos para permitir la extensión, siendo el responsable el Cacique principal juntamente con el religioso o clérigo.

En la historia sampedrana destacan varios acontecimientos, entre ellos, los dos movimientos telúricos que azotaron el lugar, el primero fue en Marzo de 1791 y el segundo en Abril de 1902, ambos terremotos destruyeron la Parroquia y el Palacio Municipal. Durante la caída de la revolución de San Pedro Sacatepéquez el 2 de julio de 1954, varios anticomunistas se abalanzaron sobre las autoridades edilicias y los golpearon. También en esa época varios educadores tuvieron que abandonar el terruño al ser considerados perseguidos políticos; es el inicio del conflicto en la tierra Sampedrana. Otro hecho que destaca en la historia reciente, es que los habitantes sampedranos se resistieron a formar parte de las patrullas de Autodefensa Civil, condicionando al Ejército a hacerlo si los vecinos de San Marcos lo hacían primero, sin embargo, nunca lo hicieron.

La fiesta titular autorizada por Acuerdo Gubernativo del 21 de agosto de 1940, se celebra durante la última semana de junio, siendo el día principal el 29, en que la Iglesia Católica conmemora a los apóstoles San Pedro y San Pablo. Localmente se conoce esta fiesta como “Flor de Retama”. La cabecera municipal ha tenido varios traslados y su primer asentamiento fue en lo que hoy es aldea San Pedro Petz, luego en aldea San Isidro Chamac y por último donde se encuentra actualmente.

1.1.2. Aspectos Geográficos, Topográficos y Climatológicos

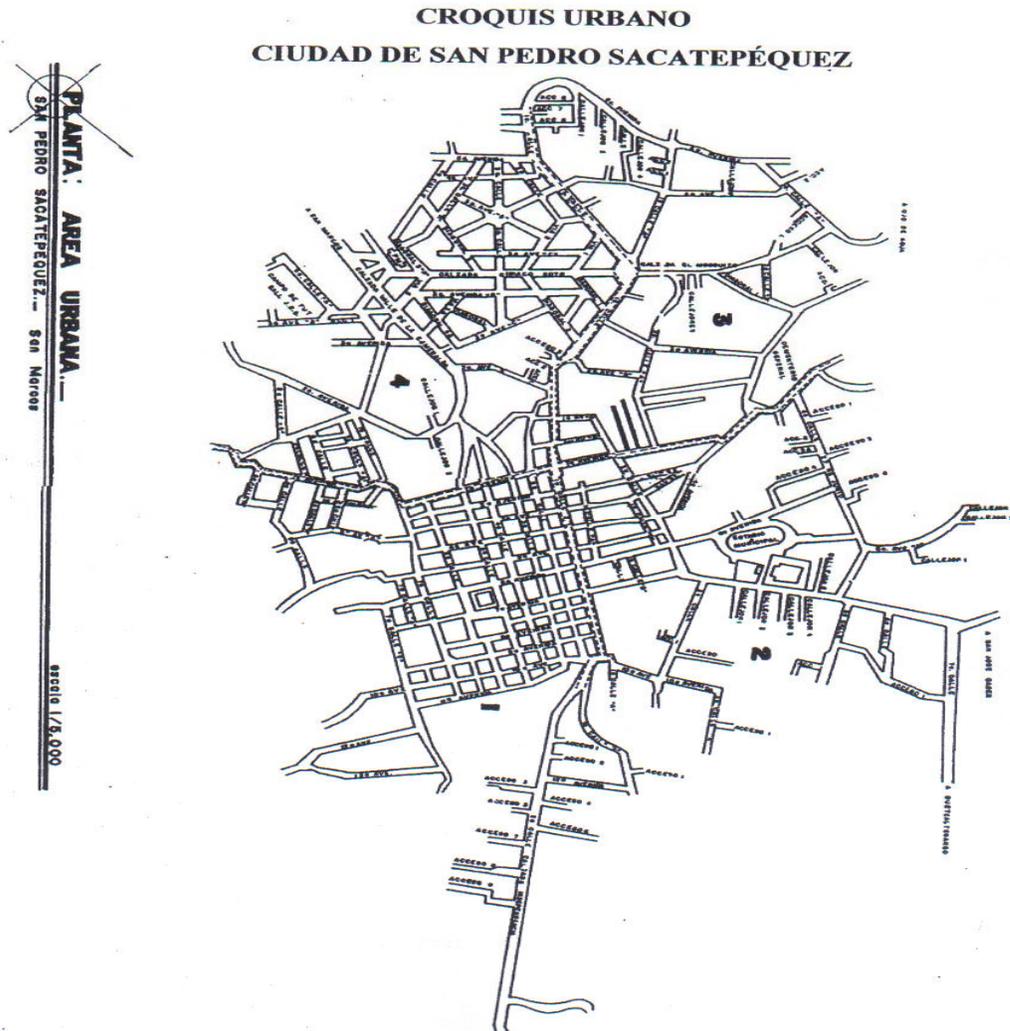
San Pedro Sacatepéquez, es uno de los 29 municipios que conforman el departamento de San Marcos, situado en la parte Este del departamento en la Región VI o Región Sur-occidental. Se localiza en la latitud 14° 57' 55" y en la longitud 91° 46' 36"; su altitud es de 2,330 metros sobre el nivel del mar.

La cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez, se encuentra a una distancia de 2 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a 250 Kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. La extensión territorial del Municipio de San Pedro Sacatepéquez es de 253 Kms²; y la del área urbana del "Valle de la Esmeralda" es de: 8.7 Km².¹ Actualmente el municipio de San Pedro Sacatepéquez, consta de las siguientes unidades poblacionales:

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

¹ SEGEPLAN, año 2003. Sistema Nacional de Planificación Estratégica Territorial (SINPET) Base Metodológica.

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



FUENTE: Selvin Domínguez Trabajo de Graduación, Plan de operación para incineradores de la planta de residuos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez., del Departamento de San Marcos. Pág. 5.

Los límites territoriales del municipio de San Pedro Sacatepéquez (ver figura 2.) son al Norte: Con los municipios de San Lorenzo y San Antonio Serchil del departamento de San Marcos. Al Sur: Con los municipios de: San Cristóbal Cucho, La Reforma, Nuevo Progreso y El Tumbador, todos del departamento de San Marcos. Al Este: Con el municipio de San Antonio Sacatepéquez, del departamento de San Marcos, y los municipios de Palestina de los Altos y San Juan Ostuncalco del departamento de Quetzaltenango. Al Oeste: Con los municipios de Esquipulas Palo Gordo y San Marcos, del departamento de San Marcos.

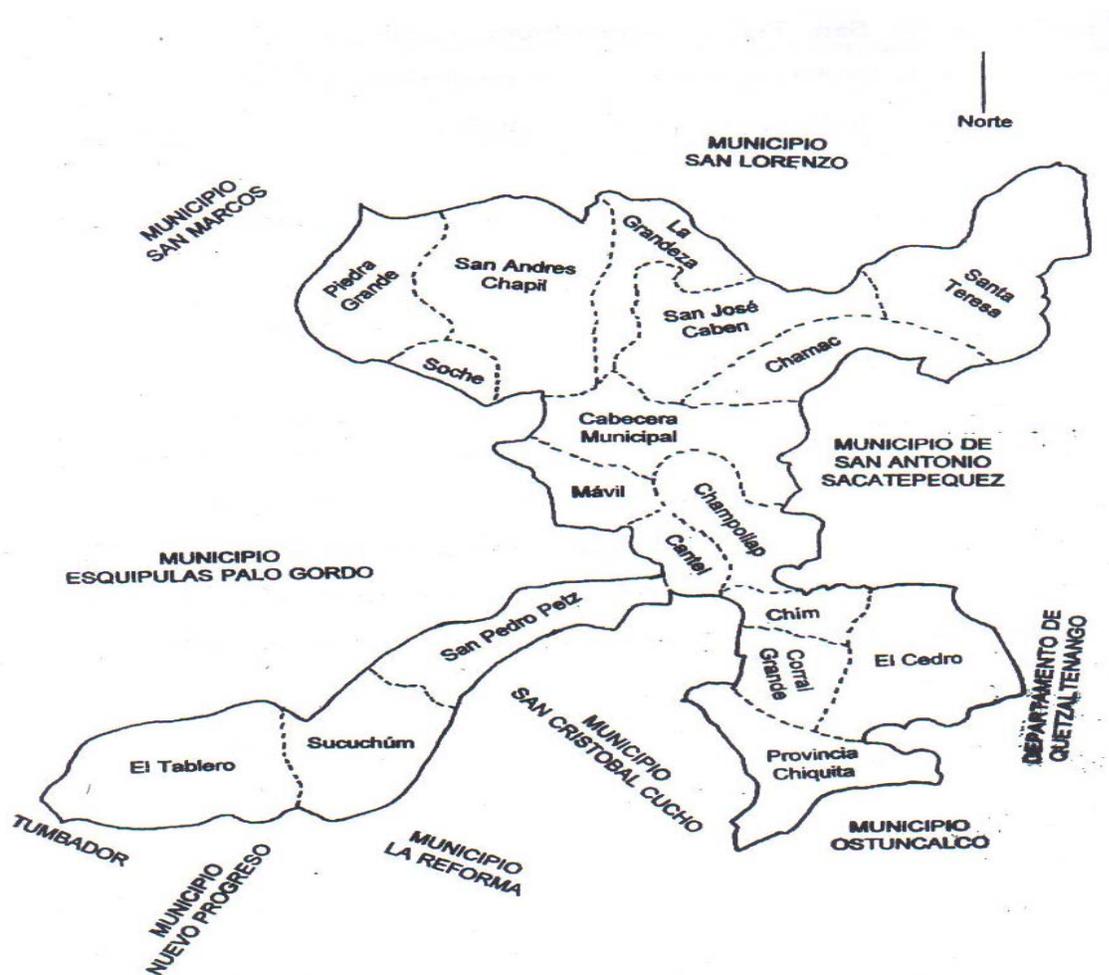
Las colindancias de la cabecera municipal son al norte: Con aldeas San Andrés Chápil, San José Caben y la Grandeza, del municipio de San Pedro Sacatepéquez. Al sur: Con aldea Champollap, del municipio de San Pedro Sacatepéquez. Al este: Con aldea San Isidro Chamac, del municipio de San Pedro Sacatepéquez. Al oeste: Con aldea Piedra Grande y San Francisco Soche ambos del municipio de San Pedro Sacatepéquez.

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

- Centro: conformada por la cabecera municipal y las aldeas San José Caben, San Isidro Chamac, Champollap, San Andrés Chápil.
- Norte: conformada por las aldeas La Grandeza y Santa Teresa.
- Noroccidente: conformada por las aldeas Piedra Grande, San Francisco Soche, Mávil y Cantel.

- Sur: conformada por las aldeas Corral Grande, Chim, El Cedro, Provincia Chiquita.
- Sur occidente: conformada por las aldeas Sacuchum, El Tablero y San Pedro Petz.

Figura 2. Mapa de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.



FUENTE: Selvin Domínguez Trabajo de Graduación, Plan de operación para incineradores de la planta de residuos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez., del Departamento de San Marcos. Pág. 6.

Los criterios utilizados para el proceso de micro regionalización fueron la ubicación estratégica del territorio dentro de una hegemonía territorial de la cabecera municipal como eje articulador del territorio, se tomaron en cuenta aspectos de concentración demográfica y características culturales, así como características de uso actual del suelo, en el caso de la región noroccidente existe una primacía de características medio ambientales comunes y la región sur occidente resulta ser la menos favorecida y es donde deberán realizarse los mayores esfuerzos de inversión en infraestructura pública, principalmente en temas sociales de cobertura de educación y salud pública.

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

El municipio se encuentra en la Sierra Madre, en un área de bosques muy húmedos montañosos, bajo subtropical, en el que predominan suelos francos a franco arcillosos con perfiles arables hasta 0.80 m, con madera y drenaje interno, suelos profundos color negro a gris, pendientes entre 12- 32%, 32 a 45%, una precipitación pluvial con un promedio de 2,730 mm anuales, biotemperatura de 12.5 a 18.60 grados centígrados, relieve accidentado en su mayor parte.

En las comunidades se encuentran varios cerros, montañas y bosques, destacando los dos de la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, localizados en el cerro Chil del Caserío la Laguna Seca, Aldea San Andrés Chapil, los cuales abarcan las siguientes extensiones:

- Primer bosque 172.7 hectáreas.
- Segundo bosque 112.59 hectáreas.

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

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

- El Sector Yerba Buena, en la cabecera municipal, es vulnerable a incendios forestales debido a que, en este lugar existe un botadero de basura en donde continuamente por la quema de estos desechos sólidos en algunas ocasiones se han incendiado las áreas que poseen bosque y que están muy cerca de este botadero.
- El Cantón el Mosquito, en la cabecera municipal, ha sido afectado con inundaciones, debido a que el sistema de alcantarillado no tiene capacidad para absorber las aguas pluviales, por el aumento constante de viviendas y habitantes así como por la práctica negativa de muchas personas de tirar basura en lugares inadecuados.

- Las comunidades del área rural expuestas a riesgo de desastres naturales por topografía y deforestación: Aldeas Chim, Sacuchum, San Francisco Soche.

Las principales vías de acceso viales son: de San Pedro Sacatepéquez a Quetzaltenango: “Asfalto tipo C”. De San Pedro Sacatepéquez a San Marcos: “Calle pavimentada”. De San Pedro Sacatepéquez al Altiplano de San Marcos: “Asfalto tipo D”. Para llegar a las comunidades, existen vías de acceso como: calles, avenidas, accesos, diagonales y caminos de herradura; se encuentran empedradas; la mayoría son de terracería o balastradas, y comunican a las diferentes zonas, caseríos o parajes que conforman las aldeas, así como a lugares vecinos y aledaños; se encuentran en condiciones aceptables y son transitables todo el tiempo, aunque durante la época de invierno presentan serios inconvenientes para los transeúntes y el paso de vehículos se ve interrumpido.

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

- La época seca, comprendida entre los meses de noviembre a abril.
- La época lluviosa, comprendida entre los meses de mayo a octubre.

1.1.3. Características de la población

De acuerdo a la información proporcionada por el XI Censo de Población y VI de Habitación, del Instituto Nacional de Estadística del año 2,002, el Municipio de San Pedro Sacatepéquez tiene una población de 58,005 habitantes, de los cuales el 51% son mujeres y el 49% hombres.

La cabecera municipal cuenta con 31,783 habitantes ubicada en la micro región central y existen dos aldeas con población entre 3,000 y 5,000 habitantes Piedra grande con 6,253 en la micro región norte y Santa Teresa con 5,221 en la micro región norte. La población del municipio pertenece a la etnia Mam, en la actualidad casi el total de los habitantes del municipio hablan español.

De acuerdo a los indicadores del mapa de pobreza de Guatemala por municipio, publicado en agosto de 2001, San Pedro Sacatepéquez presenta un porcentaje de pobreza del 55.79%; y el porcentaje de pobreza extrema es del 16.35%. De acuerdo a los datos del XI Censo de Población y VI de Población de 2002 del Instituto Nacional de Estadística, la población económicamente activa es de 47,980 habitantes, comprendidos en los grupos etáreos de 7 años y más, de éstos, 19,130 se encuentran realizando actividades económicas; entonces, la Población económicamente activa del municipio de San Pedro Sacatepéquez en relación a la cantidad de habitantes aptos para desarrollar actividades productivas es de 39.87%. Este es un indicador bajo que justifica el alto índice de desempleo (40%).

El sector económico productivo del municipio se divide en actividades de: comercio, industria, artesanía y agricultura. La productividad y comercialización de productos se enfrenta a diversos obstáculos para su efectiva consecución, entre los que destacan:

- A pesar de la fuerte actividad comercial de productos agrícolas, no se cuenta con un centro de acopio, que permita la concentración y mayor control del movimiento económico que por este concepto se maneja en el municipio, y que podría generar y mejorar los ingresos a las arcas municipales.
- Aunque actividad económica de la población sampedrana es importante, el beneficio no llega a todos, reflejándose en el alto índice de desempleo (40%), que puede ser resultado de la falta de formación y tecnificación de la mano de obra no calificada que permita acceso a mejores oportunidades de trabajo y desarrollo.

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

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

INDICADOR	DATO
Población indígena	16.24%
Población no indígena	83.76%
Número de hogares	11,419
Número promedio de miembros por familia	5 personas
Densidad poblacional	229 habitantes por Km ²
Tasa de crecimiento poblacional	28.8 x 1,000 habitantes
Tasa de natalidad	24.15 nacidos vivos x 1,000 habitantes
Tasa de fecundidad	124.69 nacidos vivos x 1,000 mujeres en edad fértil
Tasa de mortalidad	4.27 x 1,000 habitantes

Fuente: Elaboración autor con datos del Instituto Nacional de Estadística, del censo del año 2,002.

No existen muchos grupos organizados de mujeres, lo cual influye negativamente en que puedan ser promocionadas e incluidas en espacios de participación ciudadana. Debido a su condición tradicional de dependencia emocional y económica, la formación y asesoría técnica de la mano de obra no calificada para facilitar el acceso a mejores fuentes de empleo a la mujer, es un factor importante para fomentar y/o fortalecer su autoestima y convertirla en una actora efectiva del desarrollo del municipio. Para el sector niñez y juventud, la falta de bibliotecas y centros de orientación cultural, así como de áreas recreativas infantiles y juveniles (parques y otros), son factores que les limita en su proceso de formación, no solo a nivel escolar, sino también como futuros ciudadanos.

El municipio de San Pedro Sacatepéquez cuenta con diversos servicios para brindar atención en salud a la población, sin embargo, la prestación de servicios públicos no es suficiente, ya que solamente hay 1 centro de salud en la cabecera municipal, 7 puestos de salud y 7 unidades mínimas de salud en 14 centros de aldeas, para cubrir a una población de 58,005 habitantes. Al consultar los indicadores de salud del municipio, se refleja la incidencia de enfermedades respiratorias, como: resfriado, neumonía, amigdalitis, que correspondieron al 27.91% durante el año 2003; las enfermedades gastrointestinales, como: parasitismo intestinal, diarreas, alcanzaron el 18.14%; y las enfermedades de la piel, alcanzaron el 10.20%, durante el mismo año.

A pesar de ser un centro importante del sector educativo en el departamento de San Marcos, el municipio de San Pedro Sacatepéquez y sus comunidades, cuentan con 52 establecimientos de nivel pre primario, 77 de nivel primario, 21 de nivel básico, 8 de nivel medio y 2 de nivel superior universitario; y no escapan a la problemática nacional educativa, la cual se refleja en los siguientes datos:

- La mayoría de los establecimientos educativos cuentan con edificios propios, con excepción de las escuelas de párvulos del área rural que son anexos a las escuelas oficiales rurales mixtas, así como los institutos básicos por cooperativa, de tele secundaria y las escuelas de autogestión comunitaria, que no cuentan con edificios propios sino que utilizan los edificios de escuelas primarias rurales mixtas.
- Debido a la falta de mantenimiento de los edificios escolares de gobierno existentes, éstos presentan numerosas deficiencias y en ocasiones se vuelven inhabitables, poniendo en grave riesgo a maestros y alumnos. Al mobiliario y equipo escolar tampoco se le da mantenimiento y su renovación representa trámites burocráticos de largos períodos de tiempo que afectan el proceso educativo al no contar los alumnos con espacios cómodos para sus actividades escolares.

La seguridad de la población se ha visto mermada por el incremento de la actividad delincencial y la falta de suficientes elementos policiales, recursos físicos y materiales (edificio apropiado para sub comisaría; vehículos en mal estado e insuficientes; etc.), para combatirla. La población que se ha organizado para enfrentar este flagelo, no recibe ningún tipo de asesoría ni acompañamiento de parte de las autoridades responsables de brindar seguridad, por lo que, se exponen también a ser víctimas de los delincuentes y criminales. En las comunidades del municipio de San Pedro Sacatepéquez han sido conformados 35 Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE's), de forma democrática e involucrando de manera integral a todos los sectores organizados de las comunidades de las aldeas y cantones de la ciudad. Los Consejos Comunitarios de Desarrollo (COCODE's) que se encuentran inscritos en el Registro Civil de la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez son:

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

La actividad agrícola del municipio es una de las más importantes económicamente, el 23% de los hombres y el 7% de las mujeres de la población económicamente activa del municipio, se dedican a ella como medio de generación de ingresos. Los productos agrícolas que se cosechan con mayor frecuencia y para fines de comercialización son: maíz, frijol, haba, papa, zanahoria, brócoli, repollo, ejote, aguacate, manzana, durazno, banano, diversidad de flores, entre otros.

De acuerdo a Simóns, Tarano y Pinto, los suelos de la región son considerados aptos para la agricultura, la mayoría se encuentran en terrenos casi planos y de fácil labranza y sus condiciones climáticas, contribuyen a que la producción agrícola sea efectiva; siendo el área rural (las 17 aldeas con sus caseríos y cantones) del municipio donde la actividad agrícola se practica con mayor frecuencia. El uso de suelo en las micro regiones se divide así: Centro, donde se ubica el centro urbano principal polo de comercio, servicios y educacional, actividad comercial y terciarias, es allí donde se ubican los principales centros con mayor población con un entorno rural dedicado a la agricultura principalmente. Norte, uso principalmente agrícola. Noroccidente, uso predominante agrícola, área de bosques con potencial de protección medioambiental de las cuencas hídricas. Sur, región predominante de bosque y arbustos, existe el cultivo agrícola de hortalizas y una agricultura de subsistencia. Sur occidente, uso predominante agrícola con zonas boscosas de potencial de conservación.

1.2. Desechos sólidos

Existe coincidencia entre algunos autores en la forma como se definen los desechos sólidos como “todos los residuos que surgen de las actividades animales y humanas, que son normalmente sólidos y que son desechables como inútiles o superfluos”.² Por otro lado, este mismo grupo de especialistas definen a los desechos sólidos como: “todos los materiales sólidos o semisólidos que el poseedor ya no considera de suficiente valor como para ser retenidos”.³

1.3. Clasificación de los desechos sólidos

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

1.3.1. Por su composición

Los desechos sólidos se clasifican por su composición química en desechos orgánicos (combustibles) y desechos (incombustibles).

² George Tchobanoglous; Hillary Theisen, y Samuel Vigil 1996. **Gestión integral de residuos sólidos.** (Volumen 1. España: Mc Graw Hill, 1996) p. 3

³ Ibid., p.45

1.3.1.1. Orgánicos

A este desecho se le designa como basura húmeda, por estar compuesto de desechos, que son susceptibles de sufrir una descomposición biológica, es decir que se biodegradan. Estos son generados en zonas residenciales y establecimientos comerciales que tienen características similares entre estos tenemos: **desechos de comida, papel, plásticos, cartón, desechos de jardín, textiles, madera y cuero.**

1.3.1.2. Inorgánicos

Se le conoce también como basura seca; el cambio que podría sufrir biológicamente llevara mucho tiempo, quizás algunos cientos de años. Entre estos tenemos: **vidrios, cerámicos, latas, aluminio y metales férreos.**

1.3.2. Por el lugar donde son generados

Por la fuente de la que provienen, los desechos sólidos se pueden clasificar en desechos residenciales, comerciales e industriales, lugares públicos y hospitalarios.

1.3.2.1. Residenciales

Aquel que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento similar a éstas.

1.3.2.2. Comerciales e industriales

Desecho sólido industrial es aquel que es generado en actividades propias de este sector, como resultado de los procesos de producción. Son los que se generan en los procesos de manufactura o transformación de materias primas.

Desecho sólido comercial es aquel que es generado en establecimientos comerciales y mercantiles, tales como almacenes, bodegas, hoteles, restaurantes, cafeterías, plazas de mercado y otros.

1.3.2.3. Lugares públicos

Desechos sólidos de barrido de calles son los originados por el barrido y limpieza de las calles y comprende entre otras: basuras arrojadas clandestinamente a la vía pública, hojas, ramas, polvo, papeles, desechos de frutas, excremento humano y de animales, vidrios, cajas pequeñas, animales muertos, cartones, plásticos, así como demás desechos sólidos similares a los anteriores.

Desechos sólidos de limpieza de parques y jardines: Es aquel originado por la limpieza y arreglos de jardines y parques públicos, corte de césped y poda de árboles o arbustos ubicados en zonas públicas.

Desecho sólido institucional: Se entiende por desecho sólido institucional aquel que es generado en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreos, terrestres, fluviales o marítimos, y edificaciones destinadas a oficinas, entre otros.

1.3.2.4. Hospitalarios

Son aquellos elementos, sustancias o materiales que se generan como resultado de las distintas actividades desarrolladas en un establecimiento hospitalario y/o en establecimientos que generan residuos similares, los cuales son desechados al perder utilidad o por el riesgo que representan para la salud ya que pueden tener características que los hagan infectocontagiosos, tóxicos o radioactivos. Entre estos tenemos agujas, gasas, telas u otros que, independientemente de su origen (orgánico o inorgánico), se consideran como desechos peligrosos.

1.4. Propiedades de los desechos sólidos

Para poder diseñar y poner en práctica un estudio sobre el manejo de los desechos sólidos en un área determinada es necesario conocer las características de estos desechos que pueden ser útiles en el transcurso del estudio. Las propiedades de los desechos sólidos se dividen en propiedades físicas, químicas y biológicas.

1.4.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas más importantes de los desechos sólidos son el peso específico, el contenido de humedad, el tamaño de la partícula y la distribución del tamaño.

El peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen. Como esta propiedad varía según el grado de compactación de los desechos debe tomarse en cuenta este indicador al momento de analizar los datos.

Esta propiedad es importante para determinar las necesidades de espacio en el transporte y almacenaje de los desechos. Comúnmente en nuestro medio se utiliza como unidad para el peso específico las libras por centímetro cúbico (lb/cm³). El contenido de humedad de los desechos sólidos se puede expresar de dos formas. En el método de medición peso-húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso- seco se expresa como un porcentaje del material húmedo. Por su parte, en el método del peso-seco se expresa como un porcentaje del peso seco del material; el método mas utilizado es el de peso-húmedo.

El contenido de humedad peso-húmedo se puede expresar por medio de la fórmula siguiente:

$$M = \frac{w - d}{w} * 100$$

Donde:

w = peso del material.

d = peso de la muestra después de secarse.

M = contenido de humedad (porcentaje).

El tamaño de un componente se puede definir de varias formas, dependiendo de cuantas medidas se tomen en cuenta, las ecuaciones son:

$$S = l; \quad S = (l * w)^{1/2} \quad S = (l * w)^{1/3}$$

$$S = l + w ; \quad S = l + w + h ;$$

Donde:

S = Tamaño del componente.

l = Largo del componente.

w = Ancho del componente.

h = Altura del componente.

1.4.2. Propiedades químicas

Las propiedades químicas de los desechos sólidos urbanos son importantes para determinar las opciones más viables de procesamiento y recuperación. Estas propiedades son especialmente importantes para hacer el análisis de factibilidad de incinerar los desechos. En el caso de uso de los desechos como combustible, las propiedades a analizar son principalmente:

- Análisis físico que incluye ensayos de humedad, materia volátil combustible, carbono fijo y ceniza.
- Punto de fusión de las cenizas que es el análisis de la temperatura a la cual la ceniza se transforma en sólido.
- Análisis elemental de los componentes de los desechos sólidos. Este implica la determinación del porcentaje de carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y ceniza que compone a los mismos. Se puede encontrar en tablas para cada tipo de componente pero estas propiedades varían para aplicaciones en países y regiones con características diferentes, sobre todo en el caso de los desechos orgánicos, ya que al variar la composición de estos (lo cual se da al variar las costumbres y condiciones económicas) varia su composición elemental. En el caso de desechos de papel, cartón, aluminio, vidrio y otros. Su composición es similar por ser los procesos de fabricación muy similares.

- Contenido energético de los componentes de los desechos sólidos que es la cantidad de calor generada por la combustión de 1 Kg. de basura mixta. Este se puede determinar de tres formas. Utilizando una caldera a escala real como calorímetro. Utilizando una bomba calorimétrica de laboratorio. Por cálculo si se conoce la composición elemental. El método más utilizado, por la dificultad de instrumentar una caldera a escala real y por la dificultad para conocer con certeza la composición elemental de los desechos, es la utilización de una bomba calorimétrica y por ello casi todos los datos disponibles están basados en ensayos de este tipo.

1.4.3. Propiedades biológicas

La fracción orgánica de los desechos sólidos urbanos, excluyendo el cuero, la goma y el plástico, pueden ser clasificado de la siguiente forma:

- Constituyentes solubles en agua.
- Hemicelulosa.
- Celulosa.
- Grasas aceites y ceras.
- Lignina y lignocelulosa.
- Proteínas.

Casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes. La producción de olores y moscas también esta relacionada con la naturaleza putre factible de los desechos sólidos de tipo orgánico.

La velocidad de degradación de los componentes orgánicos varía notablemente, pero comúnmente se clasifican en componentes de degradación rápida y lenta. Los componentes orgánicos varían en su grado de biodegradabilidad, dependiendo de su composición química. Esta propiedad es muy importante para determinar las opciones de utilización de los desechos sólidos orgánicos; se conoce que la biodegradabilidad de un compuesto depende del contenido de lignina del mismo, utilizando para estimarlo la siguiente fórmula:

$$BF = 0.83 - 0.028LC$$

Donde:

BF = Fracción biodegradable expresada en base a los sólidos volátiles.

LC = Contenido de lignina de los sólidos volátiles expresada como un porcentaje del peso seco.

Es sabido que los componentes con alto contenido de lignina, como el papel periódico son significativamente menos biodegradables que otros desechos orgánicos encontrados en los desechos sólidos urbanos. Los contenidos típicos de lignina de los diversos componentes de los desechos sólidos urbanos se pueden encontrar en tablas. El contenido de lignina de algunos importantes componentes orgánicos de los desechos sólidos urbanos se muestra en la tabla II.

Tabla II. Porcentaje de sólidos volátiles y contenido de lignina de algunos componentes orgánicos de los desechos sólidos residenciales.

COMPONENTE	SÓLIDOS VOLÁTILES (PORCENTAJE DE SÓLIDOS TOTALES) SV	CONTENIDO DE LIGNINA (PORCENTAJE DE SV)
Residuos de comida	7 – 15	4
Papel		
Papel periódico	94.0	21.9
Papel de oficina	96.4	0.4
Cartón	94.0	12.9
Residuos de jardín	50 – 90	4.1

Fuente: George, Tchobanoglous, **Gestión integral de residuos sólidos**. Pág. 102

1.5. Determinación de las propiedades de los desechos sólidos urbanos

Antes de realizar el diseño e implementación de un sistema para el manejo de desechos sólidos para una ciudad o una región determinada, es primordial conocer en forma detallada las propiedades que tienen los desechos sólidos generados específicamente en una región en su conjunto y de forma específica en ciertas áreas de la misma. Esto es necesario porque esta composición constituye una información valiosa en el diseño de sistemas de recolección, plantas de tratamiento, rellenos sanitarios y estaciones de transferencia; de la misma manera determina las necesidades de equipo, materiales, máquinas, personal y otros recursos.

Estas propiedades importantes incluye: la tasa de generación, la tipología y composición porcentual de los desechos sólidos y su peso específico; conociendo estas propiedades y sus variaciones a través del tiempo es posible iniciar con el diseño de sistemas de gestión de desechos sólidos con la certeza de que están siendo diseñados para lo que en verdad van a ser utilizados.

Hay conciencia en que las cantidades generadas de desechos sólidos urbanos deben expresarse en función de su peso; esto con la finalidad de evitar las diferencias en volumen por los grados de compresión de los desechos. Se recomienda expresar la tasa de generación de acuerdo a la fuente de la que proceden los desechos estudiados. Para el caso de los desechos sólidos domésticos, tomando en cuenta su relativa estabilidad, se recomienda expresar su tasa de generación en Kg. /hab./día; a menos que la composición de los desechos varía en forma significativa con relación a la generación media de desechos sólidos típicos en la región de estudio.

Para los desechos sólidos comerciales se pueden utilizar en ciertos casos la misma unidad que para los desechos domésticos, aunque cuando es necesario determinar con certeza los desechos que generan establecimientos comerciales es recomendable utilizar un indicador basado en la actividad comercial de la empresa, como Kg./unidad _ vendida, Kg./Q_vendidos o Kg./No._de _ clientes. La tasa de generación para los desechos sólidos industriales se debe indicar respecto a la producción en planta, es decir, en Kg./unidad_de_producción, así se pueden establecer estándares por actividad productiva ya que no se puede generalizar la generación de desechos industriales dado que cada proceso productivo genera desechos con características diferentes. De una manera similar se puede trabajar la tasa de generación de desechos sólidos agrícolas; expresada en función de alguna medida de producción, como podría ser los Kg./tonelada_de_producción.

Para el caso de los desechos sólidos urbanos de tipo doméstico, estos tienen características diferentes para cada lugar de estudio, sean países, regiones, ciudades, colonias e incluso residencias individuales. Las propiedades distintas se explican por factores de diversa índole, destacando los: geográficos, climatológicos, culturales, económicos, educativos y otros. En la tabla III se observa la variación en la composición porcentual de los desechos urbanos domésticos en 1990 para países con un ingreso per cápita anual alto (mayor de US\$5000.00), para países con un ingreso medio (entre US\$750.00 y US\$5000.00) y para países con ingreso per cápita bajo (menor de US\$750.00). En un país con las características de Guatemala, en el que se dan grandes diferencias culturales y económicas entre ciudades y dentro de las mismas, sería probable que existieran diferencias incluso entre colonias.

En el caso de Guatemala se tienen algunos datos publicados en el Análisis Sectorial de Desechos Sólidos 1995, basándose en un estudio realizado por OPS en varias ciudades del interior de la República, estos sugieren una tasa de generación de desechos sólidos domiciliarios en la ciudad capital de 0.542 Kg. por habitante por día, igualmente se tiene un dato de 0.157 Kg. /hab./día de desechos sólidos en vías y áreas públicas. Según este mismo documento se estima la producción de desechos sólidos en las ciudades del interior de la república en alrededor de 0.5 Kg./hab./día (incluida la basura de barridos de calles, áreas públicas y mercados)⁴.

⁴ MAYEN, Gustavo. 1994. "Diagnóstico de los desechos principales en Guatemala".

Se conoce que las características de los desechos sólidos domésticos varían no solo a través de los años, sino que tienen un comportamiento cíclico durante el año, esto influido por factores culturales, climatológicos y otros, que sumado a las costumbres y tradiciones hacen que se presenten variaciones características de los desechos domésticos generados en ciertas épocas del año, estas características incluyen tasas de generación, peso específico y composición porcentual de los desechos.

Con relación a las tasas de generación, se ha demostrado que la variación que se presenta semanal, mensual y estacionalmente, depende del tamaño de la unidad de estudio; es decir, entre más grande es la unidad de estudio, menor es la variación en los días, semanas y meses de generación máxima. Por otro lado, un factor climatológico importante es la época de lluvia, en la que comúnmente un aumento en el peso de los desechos generados y, por tanto, en el peso específico, debido principalmente al aumento en el contenido de humedad de los desechos estudiados.

Finalmente, en la generación de desechos sólidos influyen otros factores como: actividad económica, actividades productivas predominantes en una ciudad o región, opciones de entretenimiento existentes, y otras actividades como las campañas políticas, fiestas, etc. Dadas las variaciones en las características de los desechos por los factores mencionados, es importante obtener datos confiables para una comunidad específica y válido para cualquier época del año hacer un estudio individual para esa comunidad que abarque el período de tiempo necesario para obtener los datos que se requieren.

Tabla III. Distribución porcentual típica de los desechos sólidos domésticos en países con ingresos per cápita altos, medios y bajos.

COMPONENTE	PAÍSES DE BAJOS INGRESOS.	PAÍSES DE MEDIOS INGRESOS.	PAÍSES DE ALTOS INGRESOS.
Residuos de comida	40 – 85	20 – 65	6 – 30
Papel	1 – 10	8 – 30	20 – 45
Cartón			5 – 15
Plásticos	1 – 5	2 – 6	2 – 8
Textiles	1 – 5	2 – 10	2 – 6
Goma			0 – 2
Cuero	1 – 5	1 – 4	0 – 2
Residuos de jardín	1 – 5	1 – 10	10 – 20
Madera			1 – 4
Vidrio	1 – 10	1 – 10	4 – 12
Latas de hojalata			2 – 8
Aluminio	1 – 5	1 – 5	0 – 1
Otros metales			1 – 4
Suciedad, ceniza, etc.	1 – 4	1 – 30	0 – 10

Fuente: George, Tchobanoglous, **Gestión integral de residuos sólidos**. Pág. 58.

1.5.1. Composición de los desechos sólidos

La composición de los desechos sólidos urbanos se puede determinar por medio de un estudio de caracterización de desechos, cuyo objetivo es determinar: fuentes, características y cantidades de desechos sólidos generados.

Por el procedimiento de análisis que conlleva una caracterización de desechos es difícil llevarla a cabo, ya que el gran número de fuentes y el número limitado de muestras que se pueden tomar, obligan que el diseño del muestreo sea muy cuidadoso, a manera que el estudio sea lo suficientemente representativo. Los pasos recomendados para llevar a cabo un estudio de caracterización de desechos sólidos son:

- 1) Recoger información existente. Esto es importante, porque puede dar bases para posteriores etapas del estudio y tiene la característica de ahorrar recursos y tiempo. Destacan como fuentes de información:
 - a. Estudios anteriores sobre gestión y planificación de desechos sólidos.
 - b. Archivos de instalaciones de procesamiento.
 - c. Estudios sobre evacuación de desechos.
 - d. Información de comunidades similares.
 - e. Empresas de servicios públicos.
 - f. Archivos de compañías de recolección de desechos.

- 2) Identificar las fuentes de generación de desechos y las características a estudiar en los desechos.
 - a. Fuentes: Domésticos, comerciales, industriales, institucionales, construcción y demolición, agrícolas servicios municipales, plantas de tratamiento.

- b. Desarrollar categoría de desechos. Dependiendo de las necesidades de información existentes, se debe determinar las categorías mas utilizadas en estudios de caracterización de desechos domésticos.

- 3) Desarrollar metodologías de muestreo.
 - a. Identificación y caracterización de muestras: Fuentes, Tamaño de la muestra, Número de muestras necesarias para la relevancia estadística.
 - b. Duración del periodo del muestreo. Es de vital importancia conocer que intervalo de tiempo se va a estudiar, esto se define tomando en cuenta los fines de la investigación.
 - c. Época del año. Para obtener datos representativos se debe elegir una época del año que sea representativa o similar a lo que se va a presentar en la mayor parte del año.

- 4) Realizar el estudio de campo. Esta es la parte mas importante del trabajo, ya que de nada sirve realizar un diseño cuidadoso y teóricamente correcto, si no se vela porque el estudio cumpla con las características que se plantearon anteriormente. Se debe cuidar la toma de las muestras en cuanto a tamaño e integridad, veracidad de las mediciones y validez de los resultados.

- 5) Valorar los factores que afectan los resultados. En caso de que existan ciertos eventos que se consideren extraños dentro de los resultados del estudio, se debe efectuar el análisis de factores que pueda originar estos eventos.

Algo importante a considerar es que por la naturaleza heterogénea de los desechos sólidos, la determinación de la composición no es una tarea fácil. De hecho, los procedimientos estadísticos aplicados de una forma estricta no son fácilmente aplicables si no imposibles de aplicar. Lo que es recomendable es usar procedimientos de campo generalizados, que basados en el sentido común y las técnicas de muestreo al azar, se desarrollen para determinar la composición. En caso que se tenga la necesidad de dar datos específicos para un determinado sector de estudio se debe buscar que las muestras tomadas sean representativas de ese sector.

La forma para analizar los desechos sólidos urbanos varía, dependiendo de la fuente de donde proceden esos desechos; así se deben analizar de una forma distinta los desechos domésticos y los desechos que provienen de otras fuentes. El procedimiento recomendado para analizar los desechos sólidos urbanos de tipo doméstico requiere la descarga y el análisis de una cantidad de desechos sólidos domésticos en una zona controlada de un lugar de evacuación, que este aislada del viento y separada de otras operaciones.

Un muestreo doméstico representativo podría ser la carga de un camión que procede de una ruta típica de recolección, un día laborable en una zona residencial. Igualmente lo puede ser el análisis de los desechos generados en un número lo suficientemente grande de residencias aleatoriamente seleccionadas. Podría ser representativo igualmente un muestreo del foso de almacenamiento de una incineradora, del foso de descarga de una trituradora, o también un muestreo totalmente aleatorio tomado en un vertedero de desechos.

Para asegurar la integridad y la representatividad de los datos obtenidos, el muestreo examinado debe ser suficientemente grande. Experimentalmente se ha demostrado que las medidas hechas a partir de una muestra de unos 90 Kg. no varían significativamente en cuanto a una exactitud respecto a muestras de hasta 770 Kg. sacados de la misma carga de desechos.⁵ Algo importante es no afectar la integridad del desecho muestreado sin importar el olor o el grado de descomposición que este tenga. Solamente así se puede mantener algún grado de azar y una muestra imparcial. Una medida recomendable es obtener la muestra, tomando una porción representativa de una muestra mayor, para aumentar el grado de aleatoriedad deseado. Para estudiar los desechos sólidos industriales y comerciales se deben muestrear los desechos sólidos en origen y no de una carga mezclada en un vehículo de recolección. En este caso, por la heterogeneidad de la información se hace complicado obtener una muestra estadísticamente válida, por lo que el diseño de estos estudios se basa en la experiencia y el sentido común del realizador.

1.5.2. Cálculo de la tasa de generación.

La cantidad de desechos de un determinado tipo, generados en un área específica o en una unidad de estudio no es una tarea fácil. Es necesario primeramente tomar en cuenta que información es la que se necesita como resultado, aunque la mayor dificultad estriba en obtener datos de cantidades totales generadas de desechos sólidos y no de cantidades recolectadas por un determinado sistema. Existe diferencia entre ambas por diversos factores, como el uso de lugares alternativos de disposición, la reutilización o venta de algunos desechos reutilizables, etc.

⁵George Tchobanoglous; Hillary Theisen, y Samuel Vigil 1996. **Gestión integral de residuos sólidos.** (Volumen 1. España: Mc Graw Hill, 1996) p. 67

Las cantidades de desechos normalmente se estiman basándose en datos obtenidos en un estudio de caracterización de desechos, o por medio de proyecciones de datos previos sobre generación de desechos o por medio de una combinación de ambos acercamientos. Dependiendo de la información que se necesite, se pueden aplicar diferentes métodos para estimar las cantidades de desechos sólidos generados o recolectados; los métodos comúnmente utilizados para valorar las cantidades de desechos sólidos son un análisis de balance de masas, un análisis del número de cargas o un análisis de peso-volumen.

Análisis del número de cargas: Se basa en anotar el número de cargas de desechos sólidos que ingresan a una estación de transferencia, una planta de tratamiento o un vertedero o sitio de disposición final, y utilizando datos existentes de peso específico, volumen promedio de las cargas y de ser posibles el peso de cada carga. Con estos datos se puede estimar con una razonable certeza la cantidad de desechos sólidos que ingresa al sitio en análisis.

La desventaja que tiene este método es que únicamente da como resultado datos de desechos manejados por cierto sistema de recolección, es decir, no es un dato de desechos generados sino de desechos recolectados. Otro problema que presenta este método es la poca exactitud de los datos que brinda, ya que no toma en cuenta la considerable diferencia en las características de los desechos generados en sectores o áreas con propiedades diferentes, lo que es importante.

Análisis de peso- volumen: Consiste en efectuar, por medio de una balanza de plataforma, el pesado de los desechos que ingresan a una instalación de transferencia de procesamiento o disposición final; igualmente se efectúa la medición del volumen que ocupan las cargas pesadas. Este método da un dato bastante exacto de la cantidad de desechos sólidos que ingresan a la instalación en estudio y, además, permite obtener un dato confiable del peso específico de los desechos sólidos, en total y de cada ruta de recolección. La dificultad que presenta es que únicamente da como resultado datos de desechos sólidos recolectados y no de desechos sólidos generados. Otro problema es la dificultad de tener acceso a una balanza de plataforma, las cuales tienen un costo demasiado alto y son difíciles de conseguir.

Balance de masa: Es el método más exacto para obtener datos de cantidad de desechos generados en un lugar de estudio y el movimiento de éstos. Este método se inicia definiendo el límite del sistema alrededor de la unidad que se va a estudiar. Seguidamente se identifican todas las actividades que cruzan este borde o que se producen dentro del borde y afectan la generación de desechos. Luego se calcula la generación de desechos asociados a cada una de estas actividades y por último, utilizando las relaciones matemáticas apropiadas se determina la cantidad de desechos generados, recolectados y almacenados. Esta relación se presenta a continuación:

$$dM/dt = \sum M_{en} - \sum M_{sa} + R_w$$

Donde:

dM/dt = Tasa de acumulación del material dentro del borde del sistema.

$\sum M_{en}$ = Tasa de flujo del material hacia dentro del borde del sistema.

$\sum M_{sa}$ = Tasa de flujo del material hacia fuera del borde del sistema.

R_w = Tasa de generación de desechos dentro del borde del sistema.

Este método representa como ventajas su exactitud y el hecho de que da resultados de cantidades generadas y no recolectadas. La dificultad principal consiste en lo complicado de su puesta en práctica, sobre todo al efectuarse en desechos sólidos domésticos, donde la unidad de estudio debe ser una residencia individual, donde es muy complicado y en ocasiones prácticamente imposible determinar las entradas y salidas de recursos durante un tiempo y, además, es igualmente complicado enumerar las actividades que se dan en la casa y los desechos que se generan. Otro problema que se presenta es que en este método se obtienen datos de tasas de generación de desechos en general, no únicamente sólidos. Este método es más apropiado para medir las tasas de generación de desechos en instalaciones con actividades de entradas y salidas más definidas como industrias, en casos como éste se facilita bastante la puesta en práctica de este.

Un método no muy utilizado, pero conveniente para determinar las cantidades de desechos sólidos domésticos generados en un área determinada consiste en tomar una muestra de unidades de estudio y efectuar periódicamente un análisis de los desechos sólidos enviados a su disposición final por distintas vías, así como los desechos reutilizados, para reventa, producción de compost, elaboración de otros productos, etc. Este método es razonablemente exacto y permite analizar sin demasiada dificultad los desechos sólidos generados en un número estadísticamente correcto de unidades de estudio. El problema que presenta este método es principalmente la disponibilidad de los recursos humanos capacitados para elaborar el trabajo necesario, lo cual en ciertos casos es un problema bastante complicado.

1.5.3. Condiciones de higiene y seguridad a considerar

Es necesario, sobre todo cuando se manejan directamente materiales que pueden provocar enfermedades, tomar en cuenta las medidas adecuadas para garantizar la salud de quienes efectuarán dicho manejo. Durante el desarrollo del estudio se requiere efectuar la clasificación de muestras de desechos sólidos, lo cual requiere tomar las medidas adecuadas para evitar la generación de enfermedades.

Por las características especiales que los desechos sólidos tienen, se debe evitar el contacto directo con la piel y con los ojos, lo que podría provocar algún problema, tal como alergias, erupciones u otras; por lo que se recomienda que al momento en que se requiera el manejo manual directo de estos desechos se deben usar guantes y de ser posible gafas protectoras para evitar el contacto directo con la piel y algún contacto con los ojos. El tipo de guantes debe permitir que la sensibilidad de las manos se mantenga para así no afectar la habilidad al realizar el manejo de los desechos.

Otra situación importante es que al momento de realizar el manejo de los desechos se debe tener una visibilidad completa de los desechos que se toman con las manos, ya que al no tener esas condiciones se corre el riesgo de tener accidentes como cortadas, los que pueden llevar a la persona que las sufre a contraer ciertas enfermedades. Para lograr dicha visibilidad, se buscara que el lugar de trabajo este correctamente iluminado y se buscará extender los desechos en un área suficiente como para lograr tener contacto visual con todo lo que se requiera manejar.

Paralelamente, se pueden mejorar las condiciones de trabajo al promover la utilización de mascarillas al estar en contacto con los gases que emiten los desechos que se encuentran en estado de descomposición. Así mismo es de ayuda para disminuir los olores fétidos el efectuar el trabajo en un lugar que tenga una ventilación suficiente, de preferencia efectuar el trabajo a cielo abierto. Unido a lo anterior, se debe velar por que las selecciones de desechos sólidos se efectúen en un lugar adecuado, en el que no se afecte a la población, además, se deben disminuir los efectos nocivos buscando no afectar el nivel de aseo del sitio, así como velar por recoger los desechos remanentes después de terminar el trabajo y colocarlos en recipientes adecuados, evitando elevar el nivel de contaminación; y con lo anterior evitar aumentar el problema de los desechos sólidos que se trata de mitigar.

1.6. Manejo de los desechos sólidos urbanos

El manejo de desechos es el proceso de recolectar, clasificar, reciclar, desechar e implementar maneras de reducir desechos. Es el conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de manejo de los desechos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente adecuada. El manejo de desechos sólidos es la gestión de los desechos, la recogida, el transporte, tratamiento, reciclado y eliminación de los materiales de desecho⁶.

⁶ George Tchobanoglous; Hillary Theisen, y Samuel Vigil 1996. **Gestión integral de residuos sólidos.** (Volumen 1. España: Mc Graw Hill, 1996) p. 183

La gestión de los desechos es también llevada a cabo para recuperar los propios recursos de los desechos. La gestión de los desechos puede implicar tanto estados sólidos, líquidos, gases o sustancias radiactivas, con diferentes métodos y técnicas especializadas para cada uno. Básicamente el sistema de manejo de los desechos se compone de cuatro subsistemas:

- **Generación:** Cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un desecho. Una organización usualmente se vuelve generadora cuando su proceso genera un desecho, o cuando lo derrama o cuando no utiliza más un material.
- **Transporte:** Es aquel que lleva el desecho. El transportista puede transformarse en generador si el vehículo que transporta derrama su carga, o si cruza los límites internacionales (en el caso de los desechos peligrosos), o si acumula lodos u otros desechos del material transportado.
- **Tratamiento y disposición:** El tratamiento incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los desechos peligrosos o de sus constituyentes. Respecto a la disposición la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario.
- **Control y supervisión:** Este subsistema se relaciona fundamentalmente con el control efectivo de los otros tres subsistemas.

El manejo apropiado de las materias primas, la minimización de desechos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de desechos traen como beneficios principales: La conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales. Así como también evitar enfermedades provocadas por vectores sanitarios, contaminación de aguas, contaminación atmosférica contaminación de suelos, problemas paisajísticos, salud mental y recuperación de áreas.

1.6.1. Incineración

Es una técnica de tratamiento que consiste en eliminar la mayor parte del volumen de los desechos sólidos mediante su combustión o quemado, y a través de la cual se facilita su transformación en gases, cenizas y escoria, con el fin de reducir su volumen. Actualmente la situación es diferente, ya que la tecnología ha avanzado por lo que ahora es posible disminuir el impacto ambiental que se causaba. Los incineradores convencionales son hornos o cámaras refractarias, en las que se queman los desechos; los gases de combustión y los sólidos que permanecen se queman en una segunda etapa.

Los materiales combustibles se queman en un 90%, además de generar calor, que es como fuente energética; la incineración genera dióxido de carbono, óxido de azufre y nitrógeno y otros contaminantes gaseosos, cenizas volátiles y desechos sólidos sin quemar. La emisión de cenizas volátiles y otras partículas se controlan con filtros, lavadores y precipitadores electrostáticos. Cuando se trabaja eficientemente el método de incineración, se logran eliminar por completo los lugares de reproducción de moscas y roedores; el humo y los malos olores pueden controlarse perfectamente por medio de filtros y cámaras recogedoras de polvo y limpiadoras de humedad.

Entre las ventajas que se tienen por la utilización del método de incineración tenemos: La reducción del volumen de los desechos, no requiere mucha área para efectuar las descargas de los desechos. Las cenizas u otros desechos están prácticamente libres de materia orgánica, no ofensivas y aceptables como material de relleno. No influyen en la operación ni el clima, ni las condiciones meteorológicas.

Dado que es un método de alta tecnología, sus instalaciones podrían situarse, inclusive dentro del perímetro urbano, sin ocasionar grandes molestias. Hay flexibilidad en el funcionamiento, ya que los incineradores pueden funcionar con un horario determinado o bien durante las 24 horas del día.

Las desventajas para la utilización del método de incineración tenemos: Inversiones iniciales, que dependen de la cantidad de desechos sólidos que se van a procesar. Los gastos de funcionamiento son muy elevados, porque se necesita personal especializado. Estos varían en relación con el funcionamiento y el grado de automatización que tenga la planta, aparte de los gastos generales y administrativos. Las temperaturas elevadas, los desechos y el tipo de material manejado ejercen efecto desgastador sobre el equipo, ya que requieren mantenimiento y operaciones frecuentes.

1.6.2. Compostaje

Se entiende como tal al proceso de descomposición de la materia orgánica proveniente de materiales que la contienen, por medio de una gran variedad de microorganismos en un medio húmedo y aireado para dar en su etapa final un material rico en humus, muy utilizado en el mejoramiento o enmienda orgánica de suelos empobrecidos y agotados.

El humus es el responsable de mejorar las propiedades físicas del suelo, proporcionar estabilidad a los agregados del mismo, mejorar la porosidad, incrementar su capacidad de retención del agua, mejorar las propiedades químicas y biológicas, constituirse en fuente de elementos minerales para las plantas y contribuir así al crecimiento de vegetales y raíces.

El compostaje fue una técnica utilizada desde siempre por los agricultores como una manera de estabilizar los nutrientes del estiércol y otros desechos para su uso como fertilizante. La generación de los abuelos sabía el valor de compostar sus desechos de jardín y cocina. En sus orígenes consistía en el apilamiento de los desechos de la casa, los excrementos de animales y personas y los desechos de las cosechas para que se descompusieran y transformasen en productos más fácilmente manejables y aprovechables como abono. Era un proceso lento, no siempre se conservaban al máximo los nutrientes y casi nunca se aseguraba la higiene de la mezcla. El compostaje que se practica en la actualidad es un proceso aerobio que combina fases mesófilas (15 a 45 °C) y termófilas (45 a 70 °C) para conseguir la reducción de los desechos orgánicos y su transformación en un producto estable y válido para la agricultura y la jardinería.

El material de desecho o residuo que constituye la materia prima del proceso de compostaje, contiene generalmente diferentes tipos de microorganismos idóneos para realizar el proceso, comenzando el mismo cuando el nivel de oxígeno, la humedad y el contenido de alimentos es el adecuado para el crecimiento y reproducción de la población microbiana encargada de la descomposición. Los requerimientos de alimentos normalmente son suministrados por este material de desecho que se destina a compostaje; así, la materia orgánica se va biodegradando por un lado en compuestos solubles o gaseosos tales como CO₂ (dióxido de carbono), NH₃ (amoníaco), NO₃⁻ (nitrato); PO₄⁻³ (fosfato); SO₄^{=3D} (sulfato) (mineralización) y por otro se va transformando en elementos húmicos, que son bastante estables y resistentes a los microorganismos (humificación).

Existen varios procesos para llevar a cabo la transformación de los desechos en compost que van desde los tratamientos diseñados y construidos en casa, colocando los desechos en hileras con volteo manual para aporte de oxígeno y en pilas estáticas aireadas mecánicamente, hasta los procesos llevados a cabo en biorreactores que utilizan diseños y equipos patentados.

Entre las ventajas que se tiene con la aplicación del compostaje tenemos: La mejora notoria en las propiedades químicas y bioquímicas de los suelos. Su utilización hace que el suelo retenga más agua. Ahorro económico en abonos químicos. Es un sistema de reciclaje, con una útil revalorización del desecho. El compost es aplicable como sustrato, teniendo importancia su uso en el cultivo de plantas ornamentales.

Entre sus desventajas tenemos: La demanda de este producto esta supeditada al carácter cíclico de la agricultura. Los costos de transportación dificultan su comercialización. No es el método mas adecuado para la recuperación de materiales.

1.6.3. Reciclaje

Se define como todo proceso industrial, cuyo objeto es la recuperación o transformación de los recursos contenidos en los desechos como bienes de consumo. El aprovechamiento que se haga de estos recursos puede referirse tanto al potencial energético de los desechos o a la recuperación de alguno o varios de sus componentes. Esta tarea permite una sensible disminución de los desechos, a la vez que ahorra enormes cantidades de agua y energía; en países desarrollados, el proceso se facilita con la recolección selectiva de la basura.

El papel, el vidrio y otros materiales son fácilmente reciclables. En cambio, sería conveniente limitar el uso de envases plásticos que no sean los nuevos polímeros auto degradables y de envases de hojalata (en realidad, de aluminio) ya que la producción de la lámina de este material es cara y contaminante, y genera elevado consumo de agua.

Entre algunas de las ventajas que le reporta al municipio la recuperación o reciclaje de materiales en el origen, se encuentran las siguientes: Reducir el volumen de desechos sólidos a ser recogidos y transportados. Disminuir las necesidades de equipo recolector. Aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios y, por lo tanto, disminuir la demanda de tierras que son cada día más escasas y costosas. Disminuir los costos por la prestación del servicio de aseo. Conservar los recursos naturales y proteger el ambiente.

La desventaja principal de este método es que se necesita una infraestructura adecuada para el proceso, y requiere por lo tanto, de una inversión inicial muy alta para una población.

1.6.4. Relleno Sanitario

El Relleno Sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Es un método de ingeniería para la disposición de desechos sólidos en el suelo de manera que se le dé protección al ambiente, mediante el esparcido de los desechos en pequeñas capas, compactándolos al menor volumen práctico y cubriéndolos con suelo al final de cada día de trabajo, previniendo los efectos adversos en el medio ambiente.

Un Relleno Sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de desechos sólidos, obviando los problemas de cenizas de la incineración y de la materia no susceptible de descomposición en el compost. Entre las ventajas que tiene la utilización de los rellenos sanitarios tenemos: Generar empleo de mano de obra no calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo. Recuperar gas metano en grandes rellenos sanitarios que reciben más de 200 ton/día, lo que constituye una fuente alternativa de energía. La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para implantar cualquiera de los métodos de tratamiento: incineración o compostación. Bajos costos de operación y mantenimiento.

Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca al área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, reduciéndose así los costos de transporte y facilitando la supervisión por parte de la comunidad. Recuperar terrenos que hayan sido considerados improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de un parque, área recreativa, campo deportivo, etc. Puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación. Se considera flexible, ya que no precisa de instalaciones permanentes y fijas, y también debido a que está apto para recibir mayores cantidades adicionales de desechos con poco incremento de personal.

Entre las desventajas que tienen los rellenos sanitarios tenemos: La adquisición del terreno constituye la primera barrera para la construcción de un relleno sanitario, debido a la oposición que se suscita por parte del público, ocasionada en general por factores tales como:

- La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario.
- Asociarse el término "relleno sanitario" al de un "botadero de basuras a cielo abierto".

- La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales.
- El rápido proceso de urbanización que encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, debiéndose ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de las rutas de recolección, lo cual aumenta los costos de transporte.

La supervisión constante de la construcción para mantener un alto nivel de calidad de las operaciones. En las pequeñas poblaciones, la supervisión de rutina diaria debe estar en manos del encargado del servicio de aseo, debiendo éste contar a su vez con la asesoría de un profesional responsable, dotado de experiencia y conocimientos técnicos adecuados, quien inspecciona el avance de la obra cada cierto tiempo, a fin de evitar fallas futuras. Existe un alto riesgo de transformarlo en botadero a cielo abierto por la carencia de voluntad política de las administraciones municipales, ya que se muestran renuentes a invertir los fondos necesarios para su correcta operación y mantenimiento. Se puede presentar una eventual contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, si no se toman las debidas precauciones. Los asentamientos más fuertes se presentan en los primeros dos años después de terminado el relleno, por lo tanto se dificulta el uso del terreno. El tiempo de asentamiento dependerá de la profundidad del relleno, tipo de desechos sólidos, grado de compactación y de la precipitación pluvial de la zona.

2. DIAGNÓSTICO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

2.1 Descripción del sistema de limpieza municipal

2.1.1. Datos históricos

Debido a la problemática que ocasiona los desechos sólidos (basura), la no existencia de un manejo adecuado de los mismos dentro del casco urbano del municipio de San Pedro Sacatepéquez, la municipalidad crea el departamento de limpieza para contrarrestar la acumulación de basura en las calles, la proliferación de basureros clandestinos, etc.

El Departamento es denominado tren de aseo municipal y fue creado el 10 de octubre de 1995, estableciendo en su reglamento el barrido de calles, plazas y mercado municipal. En el mes de junio de 1996 fue la presentación de este servicio en la cual aprovechando el desfile de la feria municipal, en el cual al final del mismo participo un camión de volteo que llevaba una campanita para que las personas lo identificaran y se le conoció como el tren de aseo, pero fue en el mes de julio cuando se empezó a prestarse este servicio.

Por la prestación del servicio de recolección, transporte y disposición de basura y desperdicios se cobraría una tasa mensual de acuerdo al uso que se le de al inmueble y a la frecuencia del servicio de la siguiente manera:

- Por cada vivienda individual, servicio 2 veces/semana.....Q. 5.00.
- Por cada Institución Publica, servicio 2 veces/semana.....Q. 15.00.
- Por cada Colegio Privado, servicio 2 veces/semana.....Q. 15.00.
- Por los comercios, servicio 3 veces/semana.....Q. 15.00.
- Por cada industria, servicio 3 veces/semana.....Q. 20.00

Cabe mencionar que estos precios no incluyen IVA.

Cuando se inicio el servicio se prestaba mixto (domiciliar y comercial), incluía la recolección de la basura y desperdicios en recipientes cerrados debiendo colocarlos en lugares visibles y en la parte exterior del inmueble para su fácil recolección y de acuerdo con el horario que se fije en el sector, el cobro del servicio se efectúa por medio de la tesorería municipal, el servicio empezó su funcionamiento con 200 usuarios y se realizaban de 2 a 3 viajes diarios, la recolección semanal se hacia de zona en zona ya que no se contaba con rutas establecidas, el horario era de 5:00 A.m. a 2:00 P.m., y se trabajaba de lunes a viernes en la prestación del servicio domiciliar y comercial, el barrido del mercado, la terminal y lugares públicos se realizaba una recolección diaria. El servicio del tren de aseo empieza a funcionar con el siguiente personal:

- 1 Administrador.
- 1 piloto.
- 4 recolectores de basura y,
- 1 camión de volteo.

En una lucha para mantener la ciudad limpia y que no se generen basureros clandestinos, el consejo municipal decidió implementar botes de basura en lugares públicos dando como resultado el aprovechamiento de estos basureros por personas que depositaban su basura en los mismos sin pagar por este servicio, también existen personas que les pagan a personas ambulantes para que estos puedan llevar sus desechos y la depositen en cualquier lugar (calles, terrenos abandonados, etc.) sin importarles las consecuencias que esto acarrea, en consecuencia se tomaron otras medidas como pedir recibo de pago por servicio de tren de aseo a todas las personas que solicitaban algún servicio municipal para poder adquirir la solvencia municipal, dando como resultado el incremento de usuarios de este servicio y poder así disminuir el deposito de desechos sólidos en lugares inadecuados, esta medida contribuyo pero no fue la solución al problema de los desechos sólidos debido a que solo las personas que requieren un servicio municipal lo realizan, mientras que una mayoría que cuentan con sus servicios básicos no esta registrado dentro del servicio de tren de aseo sin que se tomen medidas pertinentes para darle solución a este problema y a esto podemos agregar el crecimiento demográfico y el asentamiento de casas a orillas del casco urbano que tiran sus desechos sólidos en basureros clandestinos sin que puedan dar cobertura del servicio y así disminuir los focos de contaminación que tiene el municipio de San Pedro Sacatepéquez, dando como resultado que el problema de los desechos sólidos siga aumentando.

En el año 2,004, la municipalidad se vio en la necesidad de proporcionar al departamento de tren de aseo, personal de apoyo ya que existió un mayor volumen de desechos sólidos y se elevó la cantidad de usuarios del tren de aseo. Dentro del personal de apoyo se cuenta con 1 piloto, 3 recolectores, y 1 camión de carrocería.

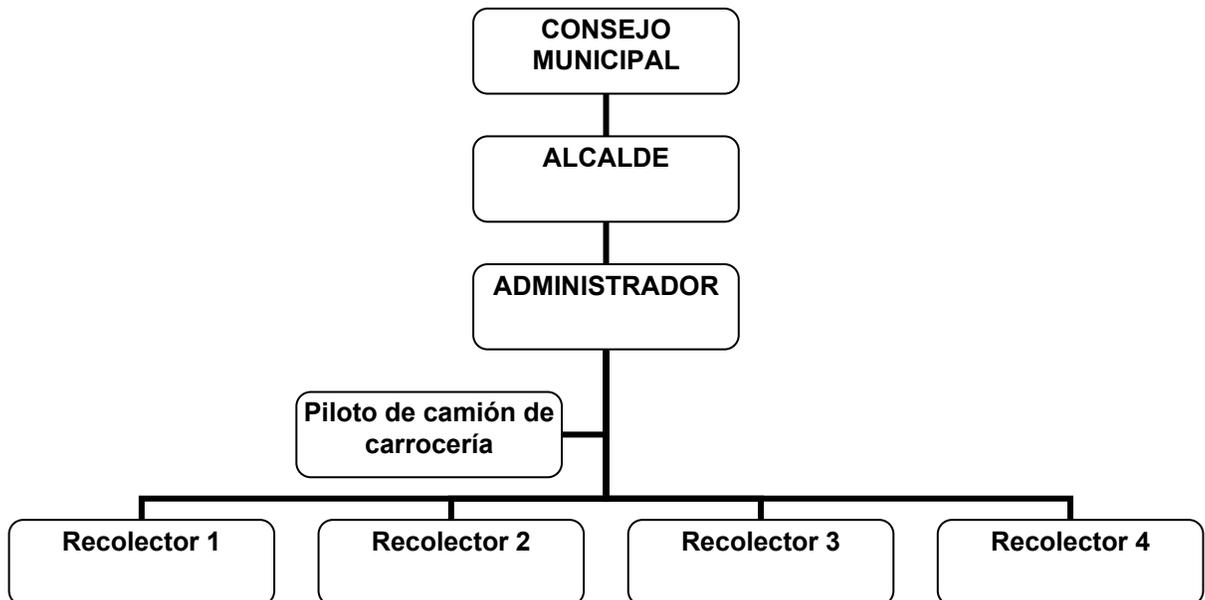
En la actualidad el tren de aseo realiza la recolección de desechos sólidos una vez por semana a las diferentes casas residenciales y de 2 a 3 veces en servicios comerciales, y los denominados otros (hospitalarios y lugares públicos). Existen personas que se dedican a la limpieza de los centros comerciales, mercados, parques, calles y terminal que no están registrados en el tren de aseo si no que en servicios varios, y son los encargados de tener limpios los diferentes edificios municipales y áreas publicas.

2.1.2. Organigrama

Actualmente el tren de aseo municipal tiene la organización administrativa que se muestra en el organigrama adjunto (figura3). Dicho departamento por ser institución municipal esta bajo el control del Alcalde Municipal y el consejo municipal. El departamento cuenta con 6 personas del cual una sola persona es la administrativa y 5 son personal operativo, se puede observar que este departamento esta muy limitado y por consiguiente es deficiente ya que existen diferentes necesidades que no se pueden cubrir para lograr un mejor resultado. Podemos mencionar que el personal de apoyo no esta registrado en el departamento de tren de aseo, esta registrado dentro de servicios varios y no solo realiza recolecciones de desechos sólidos, sino que también se dedica a realizar otras funciones de acuerdo a la necesidades de la municipalidad.

El presupuesto que tiene el tren de aseo es de Q 344,668.00 anules y percibe anualmente Q 315,780.00 existiendo un déficit de Q 28,888.00 esto se debe a que únicamente se a venido cobrando las cantidades de Q 5.00 hasta Q20.00 desde que se inicio a prestar el servicio de tren de aseo.

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



FUENTE: Selvin Domínguez Trabajo de Graduación, Plan de operación para incineradores de la planta de residuos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez., del Departamento de San Marcos. Pág. 11.

Uno de los problemas que tiene el departamento del tren de aseo es que no tiene control adecuado de lo que se percibe por la prestación del servicio por la recaudación de los desechos ocasionados por vendedores del mercado y la terminal, así como no llevar un registro de las personas legalmente inscritas y las que están en proceso. También existen otros problemas tales como la no existencia de un control para identificar a las personas que pagan un servicio domiciliario en vez de pagar servicio comercial, así como personas que al momento de pedirle el comprobante de pago por el servicio dicen no tenerlo a la mano, sin conocer si esta al día en su pago o si no cuentan con el mismo y sin que se tome alguna medida preventiva para solucionar este problema.

Otro de los problemas que tiene la actual administración es que no se lleva un control adecuado de los usuarios, ya que existen personas que depositan más bolsas de las que están pagando y también se contempla la posibilidad que existen personas que depositan sus desechos sólidos sin realizar ningún pago por la extracción del mismo.

2.1.3. Funciones

La función primordial del tren de aseo municipal es mantener la ciudad limpia y que no se generen basureros clandestinos y así evitar que se deposite la basura en las calles de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos para cuidar la salud de los residentes del municipio y el ornato de la ciudad. Dentro de las funciones que presta el departamento de limpieza tenemos los siguientes servicios:

- Barrido de calles y áreas públicas: Se ocupa de mantener limpias las calles, parques, municipalidad, etc.
- Recolección de basura domiciliar: Se encarga de la extracción de los desechos sólidos en las residencias del perímetro urbano de la ciudad, su transporte y disposición final.
- Recolección de basura comercial: Se encarga de la extracción de los desechos sólidos generados en comercios del perímetro urbano de la ciudad.
- Servicio de aseo de mercados y terminal: Se encarga de la extracción de desechos sólidos procedente de mercado y terminal, así como el transporte y disposición final de los mismos.
- Servicio de extracción de basura escolar: Se encarga de la extracción de los desechos sólidos generados en los establecimientos educativos de la ciudad.

- Servicio de extracción de basura hospitalaria: En la actualidad se presta sin distinguirlo de los demás servicios.

2.1.4. Cobertura

El tren de aseo municipal, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos tiene definido las siguientes rutas de recolección para el camión de volteo, así como para el camión de carrocería siendo la siguiente:

- Lunes: Camión de Volteo: Recolecta parte de la zona 4, inicia desde el campo de fútbol Justo Rufino hasta el campo de fútbol Evelio. Camión de carrocería: Recolecta parte de la zona 2, inicia desde el Cristo Negro hasta gasolinera las Margaritas.
- Martes: Camión de Volteo: Recolecta parte de la zona 1 y 2, inicia en el cantón la parroquia, parte del centro cívico, 6ta. y 7ma. Av. Y 8va. y 9na. Av. Camión de Carrocería: Recolecta parte de la zona 1 y 2, inicia en la 10ma. y 11va. Av. Y 1 calle y 8 calle.
- Miércoles: Camión de Volteo: Recolecta parte de la zona 1 y 2, inicia en la 5ta. y 1ra. Av. Y 2 calle y 8 calle. Camión de Carrocería: Recolecta en la 1ra. Av. Y calle 29 de junio.
- Jueves: Camión de Volteo: Recolecta parte de las zonas 1, 2 y 3., inicia en el cantón el mosquito hasta la calzada independencia. Camión de Carrocería: Recolecta en la zona 3, inicia atrás del gimnasio Aurelio Pasarrella Monterroso hasta tienda el Águila.
- Viernes: Camión de Volteo: Recolecta parte de la zona 3 y 4, inicia en el Palacio Maya y la Calzada Valle de la Esmeralda. Camión de Carrocería: Recolecta parte de la calzada Ciriaco Soto.

Cabe mencionar que el camión de volteo realiza de 5 a 6 viajes al día, mientras que el camión de carrocería solo realiza 2 viajes, el administrador del departamento del tren de aseo manifiesta que se pierde tiempo con el camión de carrocería porque hay que cargar y descargar manualmente el camión y considera que se necesitan otros 2 camiones de volteo para prestar un buen servicio al usuario ya que después de 11 años solamente se le ha dado uso al camión de volteo con el que se presento el tren de aseo y ya no funciona como al inicio.

Es importante decir que el camión de carrocería no solo se dedica a realizar viajes de desechos sólidos; sino que también hace viajes transportando madera, arena, etc., según sea requerido por la municipalidad. También podemos mencionar que en la actualidad las rutas que tienen los diferentes camiones para la recolección de desechos sólidos no son las adecuadas y no contribuyen a llevar un control adecuado de los usuarios.

2.2. Datos sobre los desechos sólidos

En la ciudad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos el origen de los desechos sólidos es diverso, esto se debe a la gran cantidad de fuentes productoras de desechos y a las tan variadas características que estos poseen. El departamento de limpieza de la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez tiene identificado el origen de los desechos sólidos el cual es domiciliar, comercial, áreas públicas y hospitales. Cada servicio se recolecta sin separación alguna y se realiza en las diferentes zonas del casco urbano. Las cantidades recolectadas en cada uno de los servicios no se conocen con exactitud, pero se puede estimar, según los datos de la tabla IV.

Tabla IV. Porcentaje de desechos sólidos recolectados provenientes de distintas fuentes

TIPO DE RESIDUO	PORCENTAJE DEL TOTAL GENERADO
Domiciliar	90.88%
Comercial	6.17%
Lugares públicos	1.95%
Hospitales	1 %

Fuente: Elaboración autor, con datos de la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez 2009.

2.2.1. Residenciales

Según la tabla IV se puede decir que la mayor cantidad de desechos sólidos que se recolecta en el municipio de San Pedro Sacatepéquez son de origen domiciliar. En la actualidad el tren de aseo cuenta con 3,016 usuarios, de los cuales el 90.88% son servicios residenciales atendidos una vez por semana.

2.2.2. Comerciales e industriales

El 6.17% de los desechos generados son de servicios comerciales e industriales que son atendidos dos veces por semana. En lo que respecta al sector industrial, es importante observar que el desecho sólido no es exagerado, además de no representar un alto riesgo para la salud. El crecimiento comercial e industrial que la ciudad esta enfrentando ha provocado una mayor demanda en los servicios públicos, por los que eventualmente se produce una serie crisis en el sistema de recolección de basura.

2.2.3. Lugares públicos.

El 1.97% de los desechos generados es de este tipo los cuales son atendidos de 2 a 3 veces por semana. Algunos de los lugares públicos donde la municipalidad recoge desechos sólidos son: Mercados, Estadio municipal. Parques y plazas. Escuelas públicas. Basureros clandestinos y Cuerpo de bomberos (Municipales y Voluntarios).

2.2.4. Hospitalarios.

Los desechos hospitalarios en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos son del 1%, los cuales por no contar con un sistema para su disposición final su contribución al impacto ambiental es alta. Estos son atendidos de 2 a 3 veces por semana.

2.3. Manejo actual de los desechos sólidos

En la actualidad el manejo de los desechos sólidos ha representado un serio problema a la ciudad de San Pedro Sacatepéquez, debido al incremento de los desechos, que agrava aun más el problema debido a que no se le da ningún tratamiento, el lugar donde es depositado no es el adecuado y la prestación del servicio es deficiente. (En el anexo 1 se presenta el reglamento para el manejo de los desechos sólidos del área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos). Los desechos son depositados en un tiradero a cielo abierto el cual se muestra en la figura 4, el cual esta ubicado dentro del perímetro urbano de la ciudad localizado al final de la calle de las Hierbas Buenas aproximadamente a 1 kilómetro del centro de la ciudad convirtiéndose en un lugar de contaminación para la flora y fauna, atmósfera, paisaje, aguas superficiales y subterráneas, etc.

Figura 4. Foto del tiradero municipal de San Pedro Sacatepéquez.



Fuente: Elaboración autor.

Un aspecto importante que provoca problemas en este tiradero es cuando se provocan incendios ocasionados por personas, y esto viene hacer un contaminante causando efectos en la atmósfera y en las personas que habitan cerca del vertedero y en consecuencia de esto se ha tenido la necesidad de pedir ayuda a los bomberos para sofocar los incendios.

Otros problemas que ocasiona son los olores fétidos, proliferación de animales como ratas, moscas, etc. que se desprenden del vertedero ocasionando problemas serios a la salud humana, también podemos mencionar que este tipo de vertedero por no estar circulado y por no contar con vigilancia niños y personas de avanzada edad que no cuentan con recurso económico se les encuentra recogiendo restos de los desechos sólidos que se puedan revender o darle alguna utilidad para su beneficio poniendo en riesgo su salud y debido a la edad que estos tienen son susceptibles para adquirir cualquier tipo de enfermedad.

A pesar de los inconvenientes que presenta el actual vertedero, no se le aplica ningún tipo de tratamiento a los desechos sólidos.

2.3.1. Orgánicos.

En la actualidad, el servicio prestado para el manejo de los desechos orgánicos generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, solo sirve únicamente como medio de transporte para llevarlos al tiradero municipal, por la falta de conocimiento por parte de las autoridades municipales sobre la problemática que ocasiona un inadecuado manejo de los desechos.

Lo cual es un problema ya que hace difícil la implementación de un lugar apropiado, que cuente con el personal capacitado y la maquinaria apropiada para poder brindarle el tratamiento y disposición final que necesitan estos desechos. Para poder ayudar a la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales del municipio.

2.3.2. Inorgánicos.

El manejo de los desechos inorgánicos generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, al igual que el servicio prestado para los desechos orgánicos sirve únicamente como transporte, para que puedan ser trasladados al tiradero municipal, por lo que tampoco reciben ningún tipo de tratamiento adecuado, para poder reducir los daños ocasionados al medio ambiente y propiciar un ambiente agradable para los habitantes del municipio.

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS EN EL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

3.1 Estudio de campo

El diseño del estudio de campo, con la finalidad de determinar las características de los desechos sólidos en el área a estudiar incluyó los siguientes aspectos: Características de la población, épocas del año y distribución espacial.

Las variables independientes definidas en este trabajo son: época del año, características económicas de las familias, características educativas de las familias y ubicación de distintos sectores y residencias en la ciudad.

Las variables dependientes son los indicadores de los desechos sólidos residenciales: La generación de desechos sólidos, la composición de los desechos sólidos residenciales generados y la composición de los desechos recolectados por el sistema domiciliario de recolección de desechos sólidos.

3.1.1. Recursos y materiales necesarios para el estudio

Los recursos con los que se contó para la elaboración de este estudio fueron:

Para la obtención de las características de los desechos sólidos se necesitaron 5 personas para la clasificación las cuales además de esto hacían el pesado, obtenían el volumen y el contenido de humedad de cada bolsa.

Para la recolección de las bolsas fue necesario que 2 personas se fueran durante el recorrido de los camiones del sistema recolección para poder marcar las bolsas, y así poder saber el número de habitantes de acuerdo a la base de datos de la municipalidad y para separar estas cuando llegaran al tiradero. Las cuales también fueron necesarias para ir verificando los datos que los clasificadores decían y anotar estos para llevar un control.

Igualmente se contó con la colaboración de la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos al facilitar las instalaciones para poder realizar la separación de los desechos.

Así mismo se contó con el apoyo del departamento de limpieza, del personal de los camiones del servicio residencial de recolección de basura; el cual ayudó en permitir la toma de las muestras de desechos sólidos y el traslado de las mismas al tiradero, ubicado dentro del perímetro urbano de la ciudad localizado al final de la calle de las Hierbas Buenas aproximadamente a 1 kilómetro del centro de la ciudad

Otros recursos fueron una computadora portátil con procesador dual Corel Pentium de 3 GHZ, memoria 512Mb, y disco duro de 120Gb. Para instalar la base de datos que se utilizó en este estudio. Por otro lado también se utilizó una balanza tipo reloj de 200 lb. de peso máximo y dos dinamómetros de resorte, uno de 50 y de 25lb. Una balanza de contrapeso, tres cubetas con peso conocido. Diez toneles con forma y volumen conocido.

Finalmente se recibió apoyo de distintas personas e instituciones, como préstamo de vehículos, gasolina, guantes de látex, mascarillas, fotocopias, documentos, etc.

3.2. Tipología de los desechos sólidos

Definir las categorías de desechos que se utilizaran en el estudio es una de las situaciones más importantes. De acuerdo a los criterios anteriores y la observación empírica hecha previo a la sistematización final, se propusieron las siguientes categorías de desechos:

- Desechos Vegetales: Desechos de la manipulación, preparación, cocción u consumo de alimentos que provengan de compuestos vegetales, hojas, recortes de césped y otras plantas. Así como desechos provenientes de animales en estado natural, o manipulados.
- Textiles: Ropa, trapos, telas, hilos, cueros, lana, fibras sintéticas.
- Papel y cartón: Periódicos, papel de alta calidad, gacetas, papel bond (fotocopias, impresiones), sobres, folder, separadores de carpetas, libros, cuadernos sin gusanos ni espiral, archivos muertos, directorios telefónicos, revistas, postales, folletos, cartoncillo y cartulina, cajas.
- Plásticos: Todos los tipos de plásticos existentes (botellas, frascos, tapaderas, etc.).
- Vidrio: Vidrio de recipiente, vidrio plano, cerámicos y otros materiales de vidrio.
- Metales: Recipientes de bebidas, papel aluminio, aluminio secundario (marcos de ventanas, contrapuestas, chapas y canalones). Latas de hojalata, aparatos de hojalata, desechos de hierro, y acero. Desechos elaborados en cobre, bronce, zinc y otros.

- Misceláneos: Pañales desechables, platos desechables, vasos desechables, toallas sanitarias, materiales de curación (algodón, jeringas, gasas, medicamentos caducos, etc.), chicle, colillas de cigarrillo, encendedores, rastrillos para rasurar, envases de aerosol, pilas y baterías de carro.
- Otros: Hules, madera, heces fecales, papeles sucios o húmedos, papeles de aseo personal, papel diamante, mantequilla y calco, papel o cartón gofrado o encerado. Papel o cartón plastificado o con pegamento.

Las categorías anteriores fueron las utilizadas para llevar a cabo el estudio de composición de los desechos sólidos. La unidad usada para medir los pesos fue la libra, por la facilidad de conseguir el equipo adecuado para medir en esa unidad. Asimismo, la unidad utilizada para medir las longitudes fue el centímetro por la facilidad de utilización. Las demás magnitudes fueron medidas en estas unidades o en unidades compuestas por éstas.

3.2.1. Procedimiento para llevar el estudio de campo

La obtención de las características de los desechos sólidos se llevo a cabo semanalmente durante 13 semanas. Iniciando el 24 al 30 noviembre del 2008 (identificada como semana 1) y finalizando el 16 al 22 de febrero del 2009 (identificada como semana 13).

Se detectó la necesidad de estudiar residencias directamente para determinar los datos exactos de generación de desechos sólidos de este tipo. El procedimiento que se siguió para llevar a cabo el estudio de campo fue el siguiente:

Lo primero fue la realización de una prueba piloto para poder obtener el total de muestras necesarias para la confiabilidad de este estudio. Esta consistió en tomar muestras durante una semana. Iniciando el 17 al 23 de noviembre del 2008.

Después de tener el número de muestras para esta investigación se empezó a recolectar las bolsas de desechos enviados a disposición final con la ayuda del servicio de recolección identificando cada bolsa para poder saber de que residencia provenía y así saber la cantidad de habitantes de esta para llevar un mejor control.

Después de esto se dejaban en el tiradero municipal para luego posteriormente hacer el análisis de sus características necesarias para este estudio. Se empezó por tomar el peso de cada bolsa. Posteriormente se realizó la clasificación en las categorías descritas en la sección 3.2. Esto se hizo vaciando en una superficie plana el contenido de cada bolsa para tener una mejor visibilidad completa de los mismos y se procedió a la clasificación manual separando los desechos y colocándolos en bolsas diferentes para cada tipo de desecho.

Al terminar la clasificación se media el peso de cada componente y el volumen de los componentes que lo requerían, según las características deseadas de los resultados finales de la investigación estos son papel y cartón, vidrio, plásticos y desechos vegetales. Esta última medición se dio de la misma manera descrita para la medición del volumen total. Los datos se anotaron en una boleta diseñada para el efecto, para luego ser ingresadas en la base de datos.

Después de haber tomado el peso y el volumen de los desechos se procedía a realizar el análisis del contenido de humedad. El cual se realizo de la siguiente manera como ya se tenia separado los desechos estos fueron mojados con agua en su totalidad después de dejar que escurrieran se procedía a tomar el peso de cada tipo de desechos. Luego de esto se realizaba el secado de los desechos en un tonel para su posterior pesado. Ya con estos datos se obtenía el contenido de humedad utilizando la fórmula descrita en la sección 1.4.1.

Todos los procedimientos de clasificación, pesado, medición de volúmenes y contenido de humedad de desechos residenciales generados se efectuaban utilizando guantes de látex y mascarillas para garantizar la seguridad de los separadores y no se permitía que nadie realizara estas labores sin el equipo de protección.

3.2.2. Boletas a utilizar

Para la realización del presente estudio se efectuó el llenado de varios tipos de de boletas, lo que permitió organizar en forma adecuada la información. Debido a lo anterior, el diseño de las boletas fue sencillo y comprensible en su llenado, de modo que se previó evitar las confusiones al recabar información.

Además, las boletas se diseñaron en forma tal que facilitó el vaciado de datos, que se preveía serían numerosos; lo cual por su puesto, fue un factor que permitió ahorrar tiempo y hacer el trabajo más eficiente. Además se trató que las boletas estuvieran bien diferenciadas y de ese modo se evito la duplicidad de información. Estas se muestran en el apéndice 1.

La primera boleta que se utilizó fue la denominada: Boleta de control de las bolsas recolectadas de desechos sólidos residenciales generados, la cual nos permitió obtener información sobre la cantidad de personas que habitan esta residencia, de cuantos días eran los desechos así como el peso total de los desechos generados y también identificar la bolsa.

La siguiente boleta que se utilizó fue: Boleta de peso y volumen de los desechos sólidos residenciales generados, la cual fue utilizada para almacenar la información de cada uno de los muestreos. En esta se lleva un control del peso y volumen de cada una de las bolsas analizadas que correspondía a una residencia en particular.

La última boleta utilizada fue: Boleta de contenido de humedad de los desechos sólidos residenciales generados, en esta se almacenó información sobre el volumen de los desechos tanto cuando estaban mojados como después de ser secados, así como también el contenido de humedad. Esto se realizó por día no por bolsa. Las mencionadas anteriormente fueron las boletas necesarias para recabar la información para elaborar el estudio planteado.

3.2.3. Determinación del universo y la muestra

Para el efecto de la determinación del universo a estudiar y las muestras tomadas de éste, se trabajó con los desechos sólidos residenciales generados. De esta forma, el estudio de desechos generados tomó como unidad de análisis a los desechos generados en una residencia ubicada en el perímetro urbano del municipio de San Pedro Sacatepéquez durante una semana. Así, el universo estudiado fue el total de los desechos sólidos generados en las residencias ubicadas dentro del área urbana del municipio en el intervalo de tiempo estudiado.

La muestra tomada incluyó el análisis de los desechos sólidos generados en un determinado número de residencias ubicadas en la ciudad y distribuidas por toda ésta durante las semanas que duro el estudio. Para determinar un tamaño que permita una certeza determinada, se necesitaba primero, tener datos sobre la forma en que se comporta alguna de las principales variables a analizar en el estudio. En este caso se tomó el porcentaje de desechos de tipo orgánico presentes en los desechos sólidos generados en las residencias del área urbana de San Pedro Sacatepéquez.

Inicialmente se hizo una prueba piloto de un total de 45 muestras en residencias de la ciudad, de las que se obtuvieron los porcentajes de orgánicos. Luego de esto se determinó una media de los datos de 85.19%, después se aplicó la prueba de Geary⁷ para determinar la normalidad de los datos (Apéndice 2.), se concluyo que existe certeza en 95% de que los datos están distribuidos de una forma normal, con una media de 85.19% y una desviación estándar de 16.45%. De esta forma, se puede determinar un tamaño de la muestra que permite tener la certeza buscada. El tamaño necesario se puede determinar con la siguiente fórmula⁸:

$$n = \frac{Z^2 * \sigma^2}{E^2}$$

Donde:

Z es el valor del estadístico para el valor de significancia.

σ es el valor de la desviación estándar de la población.

E es el valor del error máximo permisible.

⁷ Walpole, Ronald; MYERS, Raymond. 1996. "Probabilidad y estadística." Cuarta edición, México D.F.: Editorial Mc Graw Hill.

⁸ Walpole, Ronald; MYERS, Raymond. 1996. "Probabilidad y estadística." Cuarta edición, México D.F.: Editorial Mc Graw Hill.

Para los efectos de este estudio se supuso que se requiere una confiabilidad de un 95.5%. Lo anterior indica que se requiere utilizar un nivel de significancia α de 0.045 y por lo tanto $\alpha/2$ tiene un valor de 0.0225. El valor del estadístico z que produce un área a la derecha de $\alpha/2$ es 2.005. Se toma asimismo un valor de la desviación estándar poblacional σ igual a 16.45% por ser este el dato obtenido de la muestra piloto y se toma un error máximo permisible de 3% en el valor del porcentaje orgánico. Así se obtiene el tamaño de la muestra que es de 121 muestras para obtener una certeza adecuada a lo esperado.

3.2.4. Recolección de la información

El estudio de campo dio inicio el día 17 de noviembre del 2,008 en su fase de muestreo. Este estudio comprendió un período de 14 semanas, finalizando con la tabulación de datos en la semana 14 el día 22 de febrero del 2,009. La primera semana fue la utilizada para recavar información sobre la prueba piloto. De la semana 2 a la 14 se utilizó para obtener las características de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, durante esta fase se logró recolectar un total de 130 muestras válidas, consistentes en un total de 3486 Lbs, de desechos sólidos los cuales fueron generados por un total de 565 habitantes durante 7 días. Este total se encuentra distribuido entre 13 semanas de estudio, de 4 zonas de la ciudad.

El número de muestras tomadas por semana fue de 10 para poder analizar 4 meses del año y no solo tener datos de un mismo mes ya que hay que recordar que en algunos meses se genera más desechos como por ejemplo en fiestas navideñas, ferias, etc.

Se tomaron 10 muestras básicas (224 Lbs) para un total de 37 habitantes, en el mes de noviembre, 46 muestras básicas (1090 Lbs) en diciembre para un total de 180 habitantes, 44 muestras básicas (1232 Lbs) en enero para un total de 195 habitantes y 30 muestras básicas (940 Lbs) en febrero para un total de 153 habitantes.

Se tuvo una fluctuación en el número de muestras tomadas por mes, hecho bastante difícil de evitar por las características del estudio, pero no se considera este que haya afectado de una forma importante al mismo, ya que los datos buscados en el estudio son básicamente promedios, los cuales no varían significativamente siempre y cuando las muestras totales tomadas no sean demasiados pequeñas (menores de 200 Lbs).

En el aspecto sanitario, se tomaron las medidas de seguridad necesarias no presentándose ningún problema en la fase de trabajo de campo. En la parte operativa del estudio se presentaron algunas dificultades, como encontrar algunos desechos no esperados tal el caso de cadáveres de animales domésticos, algunos materiales sanitarios como equipo quirúrgico, agujas, jeringas, medicamentos, etc. Con estos se tuvo cuidado de hacer un manejo especial por el peligro que pudieran presentar, desechándose la muestra.

Para la recolección de las características de los desechos sólidos residenciales generados fue necesaria la coordinación del departamento de limpieza, del personal de los camiones de recolección, del personal del tiradero lugar donde se efectuó el estudio de campo con el fin de no afectar la forma usual del desarrollo de sus actividades, sin que esto afectará los resultados. En términos generales, el estudio se desarrollo sin grandes dificultades y permitió conseguir los resultados que inicialmente se plantearon.

3.2.5. Clasificación de la información

En el estudio se obtuvo la siguiente información: En relación con la composición de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio, se obtuvo una composición porcentual del peso que se muestra en la tabla V. En la tabla VI se muestra la composición orgánica e inorgánica de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio. Las figuras 10 y 11 del apéndice 3 se ilustran con claridad los datos anteriores. En este apéndice se muestran todas las figuras a los que se hace mención en el presente estudio.

En lo referente a la tasa de generación de los desechos sólidos residenciales de la población urbana del municipio se obtuvo un total de **0.3998 Kg. Por persona por día**. Y su comportamiento se puede observar en la figura 12 que coincide con la ecuación 1 con un coeficiente de correlación $r=0.8658$, lo cual indica un valor de $r^2= 0.7496$ lo que significa que con un 86.58% de la variación de la tasa de generación se puede explicar por una asociación con el momento de estudio por medio de la ecuación 1. Esta se obtuvo por medio de encontrar la regresión polinomial de los promedios de generación de desechos sólidos obtenidos en una semana determinada. Los pesos específicos de los desechos sólidos generados totales y por componentes se muestran en la tabla VII. En la tabla VIII se muestran los porcentajes de humedad para cada tipo de desechos generados en el área urbana del municipio.

Ecuación 1. Tasas de generación de desechos sólidos residenciales en función de la semana estudiada.

$$Y = -2E-07x^6 + 2E-05x^5 - 0.0003x^4 + 0.003x^3 - 0.012x^2 + 0.022x + 0.3785$$

Donde:

x = significa el número de semana del estudio, iniciando la última semana del mes de noviembre y finalizando la tercera semana del mes de febrero.

Y = Significa la tasa de generación de desechos sólidos residenciales para el municipio en la semana estudiada.

Tabla V. Porcentajes en peso por componente de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

COMPONENTE	PORCENTAJE EN PESO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS.
Desechos vegetales	51.09%
Papel y cartón	19.65%
Textiles	2.41%
Plásticos	12.69%
Vidrio	1.02%
Metales	0.85%
Misceláneos	12.16%
Otros	0.13%

Fuente: Elaboración autor.

Tabla VI. Porcentaje en peso por tipo de los desechos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

COMPONENTE	PORCENTAJE DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS.
Desechos orgánicos	85.84%
Desechos inorgánicos	14.16%

Fuente: Elaboración autor.

Tabla VII. Pesos específicos de los principales componentes de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

COMPONENTE	PESO ESPECÍFICO DE LOS DESECHOS GENERADOS
Papel y cartón	181.33 Kg./m ³
Textiles	179.26 Kg./m ³
Plásticos	183.96 Kg./m ³
Desechos vegetales	180.58 Kg./m ³
Misceláneos	172.58 Kg./m ³
Vidrio	117.03 Kg./m ³
Metales	153.72 Kg./m ³
Otros	138.39 Kg./m ³
Total	178.57 Kg./m³

Fuente: elaboración autor.

Tabla VIII. Porcentaje de humedad de los principales componentes de los desechos sólidos residenciales generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

COMPONENTE	PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS DESECHOS GENERADOS
Textiles	7.51%
Plásticos	2.66%
Papel y cartón	7.47%
Desechos vegetales	61.31%
Misceláneos	2.58%
Vidrio	2.06%
Metales	1.57%
Otros	3.92%
Total	91.75%

Fuente: Elaboración autor.

3.3. Análisis de los resultados de la caracterización

3.3.1. Tasa de generación

Podemos observar una tasa de 0.3998 Kg. por persona por día. Este dato es bastante representativo, ya que en un estudio realizado en 1994⁹ por la OPS para 6 ciudades del interior de la republica se tiene una tasa de generación de 0.5 Kg. por persona por día para el interior de la República, aunque esta incluía desechos derivados del barrido de calles y del aseo de mercados. El valor anterior es un promedio, ya que se conoce que la generación de desechos sólidos es una variable que depende de una enorme cantidad de factores, lo que hace bastante dispersa.

⁹ MAYEN, Gustavo 1994. "Diagnóstico de los desechos principales en Guatemala". Guatemala: OPS.

Este valor por lo tanto esta dentro de lo esperad, el dato anterior da como resultado una generación total de 15,137.23 Kg. (16.68 toneladas) de desechos sólidos residenciales diarios en el área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

3.3.2. Composición de los desechos sólidos

La composición porcentual por componente de los desechos sólidos generados se presenta en la tabla V y en la figura 10. Se observa que los componentes principales son los desechos vegetales, papel y cartón, plásticos y misceláneos estos abarcan más de un 90% de los desechos que se generan en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

Con respecto a los porcentajes de desechos orgánicos e inorgánicos presentados en la tabla VI y en la figura 11 se puede ver que se dan composiciones porcentuales cercanas al 85% de desechos orgánicos y al 15% de desechos inorgánicos. En la tabla IX se muestran las cantidades generadas de cada componente de desechos sólidos residenciales en el área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

3.3.3. Peso específico de los desechos sólidos

Como se puede observar en tabla VII los pesos específicos de la mayoría de desechos varían muy poco excepto las siguientes categorías: vidrio, metales y otros esto se debe a la dificultad de la compactación de estos componentes lo que hace difícil la medición de los volúmenes de estos componentes. El análisis del peso específico se hace para determinar la capacidad volumétrica de los medios de recolección, transporte y disposición final.

De los datos que se muestran en la tabla VII y los datos que se tienen en la tabla IX sobre la producción en Kg. de cada componente se obtienen los volúmenes diario que se generan en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos por cada componente se muestran en la tabla X. En las figuras 13 y 14 se presenta con mayor detalle el volumen y peso de los desechos generados diarios en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

3.3.4. Contenido de humedad

Con respecto al contenido de agua en los desechos sólidos residenciales para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos se puede observar en la tabla VIII que los desechos que en su masa contienen más agua son los desechos vegetales. En el caso de papel y cartón así como el de los textiles se encuentra en un valor aproximado de 7.5%, para el resto de los componentes el contenido de agua varía entre 1.5 y 4%.

Tabla IX. Cantidades generadas diariamente de los principales componentes de los desechos sólidos residenciales.

COMPONENTE	KG. GENERADOS DIARIAMENTE
Desechos vegetales	7734 Kg./día
Papel y cartón	2975 Kg./día
Textiles	365 Kg./día
Plásticos	1921 Kg./día
Vidrio	155 Kg./día
Metales	129 Kg./día
Misceláneos	1841 Kg./día
Otros	20 Kg./día

Fuente: Elaboración autor.

3.3.5. Tamaño de la partícula

En la tabla XIII se muestran los tamaños típicos de los desechos sólidos residenciales en el que se pueden observar que los que se clasificaron como desechos vegetales son los que tienen menor tamaño de partícula y los que cuentan con mayor tamaño de partícula son los del tipo papel y cartón. El tamaño de la partícula de los desechos residenciales varía entre 3 y 45 cms.

Tabla X. Volúmenes aparentes generados diariamente de los principales componentes de los desechos sólidos residenciales.

COMPONENTE	VOLUMEN APARENTE GENERADO DIARIAMENTE
Desechos vegetales	42.83 m ³
Papel y cartón	16.41 m ³
Textiles	2.04 m ³
Plásticos	10.45 m ³
Misceláneos	10.67 m ³
Vidrio	1.33 m ³
Metales	0.84 m ³
Otros	0.15 m ³

Fuente: Elaboración autor.

3.3.6. Propiedades químicas

En la tabla XIII se muestra el contenido de humedad, contenido energético de los principales componentes de los desechos residenciales se puede observar que el vidrio es el que menor contenido energético tiene, y a la vez es uno de los que menor contenido de agua tiene en su masa y los que mas contienen agua son los desechos de comida, jardín y la madera.

En la tabla XI se presenta un resumen de las características químicas de los desechos sólidos residenciales. La cual muestra que se tiene una materia volátil típica de 53% esto nos indica la pérdida adicional por ignición. Así como un porcentaje de humedad (pérdida a 105°C durante 1 hora) del 20%, un valor de ceniza del 20% este valor indica la cantidad de desechos que queda después de quemar. Un valor de carbón fijo de 7%. Cantidad de materia orgánica contenida en los desechos sólidos para saber que tan buenos son para realizar compost. Además de proporcionar el porcentaje de los materiales no combustibles (que no se pueden quemar) este valor se encuentra en un 20%.

Tabla XI. Características químicas de los desechos sólidos municipales.

Componentes	Valor Rango	(%) Típico
Humedad	15 – 40	21
Materia volátil	40 – 60	52
Carbón – fijo	4 – 15	7
Material no combustible	10 – 30	20
Fracción orgánica (Kj/ Kg.)	8,000 – 12,000	10,500
Total (Kj / Kg.)	12,000 – 16,000	14,000
Ceniza	1 – 10	6
Carbón	40 – 60	47
Hidrogeno	4 – 8	6
Oxigeno	30 – 50	40
Nitrógeno	0.2 – 1	0.8
Azufre	0.05 – 0.3	0.2

Adaptado de: George Tchobanoglous, Gestión integral de residuos sólidos. Pág. 91

Los desechos que mayor contenido energético tiene son los que podemos incinerar ya que son más fáciles de quemar entre estos tenemos: papel, cartón, caucho, plásticos, textiles, cuero y madera. En la tabla XII se muestra la composición elemental de cada uno de los desechos sólidos residenciales. En esta se muestra el contenido de carbono, hidrogeno, oxigeno, nitrógeno, azufre y ceniza. Se puede ver que los desechos sólidos lo que más contiene es carbono y oxigeno. Mientras que el azufre y nitrógeno es lo que menos contienen.

Tabla XII. Composición típica del material combustible de los desechos sólidos municipales.

COMPONENTE	POR CIENTO EN PESO (BASE SECA)					
	CARBÓN	HIDRÓGENO	OXÍGENO	NITRÓGENO	AZUFRE	CENIZA
Desechos de alimentos	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0
Papel	43,5	6,0	44,0	0,3	0,2	6,0
Cartón	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2	5,0
Plásticos	60,0	7,2	22,8	-	-	10,0
Textiles	55,0	6,6	31,2	4,6	0,15	2,5
Caucho	78,0	10,0	-	2,0	-	10,0
Cuero	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10,0
Desechos de jardín	47,8	6,0	38,0	3,4	0,3	4,5
Madera	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1	1,5
Tierra, ceniza, ladrillo, etc.	26,3	3,0	2,0	0,5	0,2	68,0

Fuente: George, Tchobanoglous, Gestión integral de residuos sólidos. Pág. 94

Tabla XIII. Contenidos de humedad, contenido energético y tamaño de los principales componentes de los desechos sólidos domésticos.

COMPONENTE	HUMEDAD (%) Típico	ENERGIA, Típico Btu./Lb.	TAMAÑO DEL COMPONENTE Típico cm.
Desechos de comida.	70	2000	7.85
Papel	6	7200	28.93
Cartón	5	7000	42.86
Plásticos	2	7000	20
Textiles	10	7500	13.93
Caucho	2	10000	17.5
Cuero	10	7500	12.86
Residuos de jardín	60	2800	7.5
Madera	20	8000	12.4
Vidrio	2	60	10
Latas de hojalata	3	300	8.57
Aluminio	2		8.21
Otros metales	3	300	12.14
Suciedad, cenizas, etc.	8	3000	3.21
Cenizas	6		
Basura	15		

Adaptado de: Douglas Rodríguez **Caracterización de residuos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio de Quetzaltenango, departamento de Quetzaltenango entre los meses de febrero y mayo.** Pág. 30.

3.3.7. Propiedades biológicas

En la tabla XIV se muestra el tiempo que tardan en descomponerse algunos desechos sólidos. Como se puede observar en esta tabla hay un tipo de desecho llamado desechos orgánicos y son los que en este texto se denotaron con el nombre de desechos vegetales. Se puede observar que los desechos que más tardan en descomponerse son los que llamamos desechos inorgánicos los cuales se definieron en la sección 1.3.1.2. En el caso de los desechos orgánicos que más tardan en descomponerse son los que pertenecen a la familia de los plásticos. Estos tiempos de degradación son útiles para los desechos que se generan en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, ya que todos los desechos no importa el lugar donde se generen tienen la misma composición química.

Tabla XIV. Tiempo de degradación de los desechos sólidos

COMPONENTE	TIEMPO DE DEGRADACIÓN
Desechos orgánicos	3 semanas – 4 meses
Ropa o genero de algodón o lino	1 – 5 meses
Medias de lana	1 – 5 años
Zapatos de cuero	3 – 5 años
Papel	3 semanas – 2 meses
Celofán	1 – 2 años
Trapo de tela	2 – 3 meses
Estaca de madera	2 – 3 años
Bambú	1 – 3 años
Latas de aluminio	350 – 400 años
Envase de lata	10 – 100 años
Materiales de plástico	500 años
Vidrio	Indefinido en descomponerse
Bolsa de nylon	10 – 20 años
Pañales descartables	500 años

Adaptado de: www.ecoeduca.cl

4. PROPUESTA DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

La propuesta para el manejo de desechos sólidos residenciales para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos consiste en una gestión integral de desechos sólidos urbanos(GIRS) que es manejar los desechos de una forma que sea compatible con las preocupaciones ambientales y la salud pública y con los deseos del público respecto a la reducción, reutilización, recuperación y el reciclaje de materiales residuales para luego convertirlos en materia prima para la fabricación de nuevos productos útiles a la sociedad. La gestión de desechos sólidos se basa en las siguientes consideraciones: Reducción en el Origen, Reciclaje-Reutilización, Recuperación y Disposición Final¹⁰.

La reducción en el origen es el rango más alto de la jerarquía de GIRS. La reducción de residuos (minimización de residuos) implica reducir la cantidad y/o toxicidad de los residuos que se generan. La reducción en el origen está en el primer lugar en la jerarquía porque es la forma más eficaz de reducir la cantidad de desechos. La reducción de residuos puede realizarse a través del diseño, la fabricación y el envasado de productos con un material tóxico mínimo, un volumen mínimo de material, o una vida útil más larga. La reducción de residuos también puede realizarse en las viviendas y en las instalaciones comerciales, industriales o de servicios, a través de formas de compra selectivas y de la reutilización de materiales.

¹⁰ George Tchobanoglous; Hillary Theisen, y Samuel Vigil 1996. **Gestión integral de residuos sólidos.** (Volumen 1. España: Mc Graw Hill, 1996) p. 17

En segundo lugar en la jerarquía está el reciclaje-reutilización, que implica: la separación y la recogida de materiales residuales; la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, y transformación en nuevos productos, y la 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 requieran la evacuación mediante vertido.

En tercer lugar en la jerarquía de GIRS, se encuentra la recuperación (transformación de desechos); ésta implica la alteración física, química o biológica de los desechos. Típicamente, las transformaciones físicas, químicas y biológicas que pueden ser aplicadas a los desechos son utilizadas para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de desechos, para recuperar materiales reutilizables y reciclables, y para recuperar productos de conversión (por ejemplo compost), y energía en forma de calor y biogas combustible. La transformación de materiales de los desechos normalmente da lugar a una mayor duración de la capacidad de los vertederos. La reducción del volumen de desechos mediante la combustión es un ejemplo bien conocido.

Por último, hay que hacer algo con los desechos sólidos que no pueden ser reciclados y no tienen ningún uso adicional, la materia residual que queda después de la separación de desechos sólidos en una instalación de recuperación de materiales, y la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía. Sólo hay dos alternativas disponibles para la manipulación a largo plazo de residuos sólidos y materia residual: evacuación encima o dentro del manto de la tierra y evacuación en el fondo del océano.

El vertido, es la cuarta posición de la jerarquía de GIRS, e implica la evacuación controlada de desechos. La disposición final está en la posición más baja de la jerarquía de GIRS porque representa la forma menos deseada por la sociedad para tratar los desechos sólidos.

4.1 Clasificación de los desechos sólidos

Para la elaboración de un plan de clasificación de los desechos sólidos para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos se tiene que tomar en cuenta varios factores que ayuden a la ejecución de este plan. La propuesta consiste primero en un Programa de Educación Ambiental que la Municipalidad desarrollará en distintos niveles del sector educativo y en instituciones de la comunidad, se promueve la incorporación de hábitos culturales que permitan buenas prácticas ambientales desde el ámbito familiar, comenzando con la preclasificación domiciliaria de los desechos. Este programa se realizará mediante talleres educativos donde se de a conocer temas relacionados con los desechos sólidos como: la diferencia entre desechos orgánicos e inorgánicos, tipos de tratamiento, consecuencias que provocan al medio ambiente, etc. Esto ayudara a sensibilizar a la población en general para que se empiece a relacionar con el tema.

Segundo, ya sensibilizada la población el paso a seguir consistirá en promover la separación de los desechos sólidos orgánicos e inorgánicos desde el hogar esta se logrará a través de la colocación de los desechos en bolsas de diferente color para su fácil identificación cuando lleguen a la planta incineradora para poder colocarlos en áreas distintas para que esto ayude a una separación más rápida de los desechos sólidos.

Luego de tener los desechos dentro de las instalaciones de la planta incineradora se procederá a realizar una clasificación más detallada de los desechos orgánicos e inorgánicos la cual será realizada por personal capacitado para luego poder propiciar el tratamiento adecuado para cada tipo de desecho y obtener los mejores beneficios y por último realizar un monitoreo e identificar la procedencia de los desechos sólidos, llevando un control de los usuarios.

4.1.1. Orgánicos

Los desechos orgánicos serán depositados en una bolsa de color blanco, al mismo tiempo se deberá de colocar dentro de esta una bolsa de color verde la cual contendrá los desechos generados por la manipulación, preparación, cocción y consumo de alimentos que provengan de compuestos vegetales; hojas; recortes de césped y otras plantas, para evitar que se puedan mojar los otros materiales orgánicos.

Para la clasificación de los desechos orgánicos dentro de las instalaciones de la planta incineradora ubicada en el astillero municipal a 11 kilómetros del centro del municipio; en el lugar denominado las lagunas, jurisdicción de aldea de San Andrés Chapil, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos se realizará por medio de las siguientes categorías, las cuales serán colocadas en un área específica para cada categoría.

- **Desechos vegetales:** Los desechos que van dentro de la bolsa de color verde exceptuando los huesos.

- **Papel y cartón:** Periódicos, papel de alta calidad, revistas, papel, mezclado y otros papeles no utilizables. Gacetitas, Bond (fotocopias, impresiones), Sobres, Folder, Separadores de carpetas, Libros, Cuadernos sin gusanos ni espiral, Archivos muertos, Directorios telefónicos, Revistas, Postales, Folletos, Cartoncillo y cartulina, Cajas. Estos deben de estar secos y limpios (sin residuos de comida y grasas).
- **Plásticos:** Que a la vez se clasificaran de la siguiente manera. PET Envases de bebidas y alimentos. PEAD envases de detergentes, champú, tanques de agua. PVC tuberías, cables, usos médicos (bolsas de sangre). PS envases de alimentos congelados, juguetes, otros adhesivos e industrias plásticas, de la madera. PEBD bolsas para desechos, usos agrícolas. PP bolsas de frituras, industria automotriz, films para protección de alimentos. Otros plásticos, incluido acrílico, acrilonitrilo butadieno, estireno, fibra de vidrio, nylon, policarbonato y poli ácido láctico.

4.1.2. Inorgánicos

Los desechos inorgánicos se deberán de depositar en una bolsa de color negro y al mismo tiempo dentro de esta se deberá de colocar una bolsa de color rojo en la cual se colocaran los materiales de curación, pilas, baterías, pañales desechables y toallas sanitarias para evitar que los empleados de la planta puedan sufrir algún tipo de infección o contaminación por la peligrosidad de estos desechos. Para la clasificación de los desechos generados de este tipo se realizará dentro de las instalaciones de la planta incineradora, de acuerdo a las siguientes categorías que serán colocadas en un área destinada para cada una de estas categorías.

- **Metal:** Que a la vez se clasificará en: Aluminio (latas de alimentos y bebidas, papel aluminio, clavos, clips, grapas, ventanas de las casas). Chatarra (hojalata, tuberías, tapas registradoras, elementos estructurales). Y otros metales (bronces, acero inoxidable, el latón, el plomo y el estaño).
- **Quemantes:** Los cuales se clasificarán de la siguiente manera:
 - Papeles: Madera, restos de jardinería, papeles sucios o húmedos, papeles de aseo personal, papel diamante, mantequilla y calco, papel o cartón gofrado o encerado. Papel cartón plastificado o con pegamento, papel carbón, papel plastificado, papel engomado, papel celofán, acetatos, papel térmico de fax, papel fotográfico.
 - Textiles: ropa, trapos, telas, hilos, lana, fibras sintéticas.
 - Plásticos inservibles: Discos compactos, cajas de CD, envases utilizados en leche, yogurt, margarina, aguas destiladas y aceite.
- **Hules:** Llantas, cueros y hules.
- **Inservibles:** Pañales desechables, platos desechables, vasos desechables, toallas sanitarias, materiales de curación (algodón, jeringas, gasas, medicamentos caducos), chicle, colillas de cigarrillo, encendedores, rastrillos para rasurar, pilas, baterías. Vidrios de automóviles, otros vidrios con plástico incorporado (laminado), espejos, ampolletas, fluorescentes, termos en desuso, cualquier tipo de loza, cristales de ventanas, lámparas de luz blanca, focos, botellas de limpiadores y solventes. Heces fecales, envases de aerosol, esmaltes, aguarrás, tintes y protectores de madera.
- **Vidrio:** Envases blancos, azules, verdes, cafés, opacos o transparentes, frascos medicinales, garrafones de agua, garrafones de vino, grandes frascos de mayonesa u otros alimentos, envases de refrescos, vino, cerveza.

4.2. Tratamiento para los desechos orgánicos

Después de hacer una correcta clasificación de los desechos orgánicos generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos en desechos vegetales, plástico, papel y cartón se procederá a proporcionarles el tratamiento adecuado para poder obtener la mejor utilidad de cada tipo de desecho. El aprovechamiento de los desechos orgánicos se hace a través del proceso biológico fermentativo del compostaje aeróbico, se convierte la fracción orgánica de los desechos en composta (abono natural, no contaminante) y mediante el proceso de reciclaje que significa volver a usar como materia prima elementos utilizados y descartados anteriormente, para producir otros nuevos.

4.2.1. Compostaje.

Para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos los desechos que van ser utilizados para el proceso del compost son los que se denominaron desechos vegetales y son los que más se producen. El proceso para compostar que se utilizará es el proceso activo donde se controla la temperatura para permitir el desarrollo de las bacterias más activas, matar la mayoría de patógenos, gérmenes y así producir compost útil de forma rápida. Para utilizar este proceso se deberá de realizar lo siguiente:

Hacer un compostador: Generalmente de plástico reciclable, no son más que contenedores (de 300 a 2000 litros de capacidad) para almacenar los desechos que se quieren convertir en humus. En ellos el compost está resguardado de las inclemencias del tiempo, no se reseca ni se humedece en exceso, y no exige ninguna atención especial.

La ubicación es clave para el correcto funcionamiento del compostador. Debe estar en un sitio llano, protegido del viento, y siempre en contacto directo con la tierra para que los microorganismos alcancen los desechos depositados en el interior y para que drene el agua sobrante. No debe recibir demasiado sol para evitar tener que regarlo a menudo.

Introducir los restos de poda, césped. Para conseguir un compost equilibrado y de calidad se tiene que utilizar tanto restos húmedos (césped recién cortado, hojas verdes, plantas del huerto o del jardín, desechos de la cocina), como secos (hojas secas, serrín de madera natural, ramas de árboles trituradas, piñas). Lo mejor es incorporar 3 partes de restos húmedos por cada una de secos. El proceso será más rápido si todos estos restos están troceados en pequeños fragmentos. Para que el compost se haga lo antes posible hay que mezclar todos los materiales que se van depositando. Colócalos en capas, alternando los desechos verdes y los secos, y con ayuda de un palo ir revolviéndolos una vez a la semana. Deberá ser humedecido con moderación si el lugar donde se encuentra es muy seco.

En 4 ó 6 meses podrá ser utilizados. Según el tipo de materiales utilizados, el compost tardará más o menos tiempo en madurar. Para saber si el compost está maduro recoger un puñado con las manos y comprueba que desprende un agradable olor a fertilidad y su color es negro o marrón oscuro y apenas mancha. El compostaje deberá ser utilizado por el municipio para aplicarlo en la forestación y jardinería de espacios públicos (plazas, espacios verdes, escuelas, centros comunitarios, etc.). Mientras que el restante se aplica a la lombricultura cuyo objetivo es obtener un abono de mayor calidad para poder comercializarlos entre los agricultores del municipio.

La lombricultura es una técnica que consiste en alimentar lombrices rojas californianas con material orgánico acondicionado, lográndose reducir aún más el volumen de los desechos y incrementar la calidad del producto final.

4.2.2. Reciclaje

Los desechos orgánicos que se pueden reciclar en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos son lo que se clasificaron en las categorías de plásticos, la del papel y cartón. En el caso de los plásticos se procederá primero al lavado de cada tipo, el segundo paso a seguir será el secado de los plásticos el cual podrá hacerse al aire o bajo techo, el tercer paso es el prensado manual para luego ser almacenados en áreas definidas para cada tipo de plástico y el último paso será la búsqueda de empresas interesadas de comprar estos materiales para luego poder proporcionarles el tratamiento adecuado. Al recuperar dos toneladas de plástico equivale a ahorrar una tonelada de petróleo ya que se puede elaborar: Alfombras, fibra poliéster para ropa, fibra para relleno térmico, tela no tejida, madera plástica, tarimas, lámina plana y fleje plástico.

Para el caso de la categoría del papel y cartón se procederá primero al pesado de los materiales, el segundo paso será prensado manual para luego ser almacenados en un área destinada para este material dentro de la planta incineradora y por último se realizara la búsqueda de lugares de acopio para que puedan recibir el tratamiento adecuado para producir nuevos productos. Al reciclar una tonelada de papel se salvan 17 árboles ya que se puede elaborar: Más papel, servilletas, serví toallas de cocina, toallitas húmedas.

4.3. Tratamiento para los desechos inorgánicos

Luego de una correcta clasificación de los desechos inorgánicos generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos en las siguientes categorías vidrio, metales, quemantes y inservibles se procederá a proporcionarles el tratamiento adecuado para poder obtener la mejor utilidad de cada tipo de desecho. El aprovechamiento de los desechos inorgánicos se hace a través del proceso de reciclaje que al igual que en los desechos orgánicos se trata de la recuperación o reutilización de materiales para crear nuevos productos y otra forma es mediante el proceso de incineración que se trata de producir energía a través de la eliminación por medio de la combustión de los desechos es decir la destrucción de estos por medio del fuego. Para los desechos inorgánicos que no se pueden incinerar o recuperan se utilizará el relleno sanitario el cual consiste en depositar los desechos en un agujero para luego cubrirlos con capas de tierra para poder propiciar un ambiente agradable para los habitantes.

4.3.1. Reciclaje

Los desechos inorgánicos que se pueden reutilizar en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos son los que pertenecen a las categorías del vidrio y la de los metales. Luego de haber clasificado los desechos elaborados de metal en aluminio, chatarra y otros metales se almacenaran en la planta para luego buscar empresas que se dediquen a la recuperación de cada tipo de metal, para poder comercializar con estas y así los desechos puedan recibir el tratamiento adecuado. Los metales, como el hierro y el aluminio, se procesan por fundición a altas temperaturas, para formar envases de latas y otros productos diversos como juguetes.

Con el reciclado del aluminio se obtienen productos con las mismas propiedades y con el que se pueden volver a fabricar envases. Además del ahorro energético del 95% respecto a la producción a partir de bauxita. El acero utilizado para la refabricación de nuevo acero puede proceder de cualquier fuente, quizá la mayor sea la de la industria del automóvil. La chatarra procedente de desechos de construcción y demolición (tuberías, tapas registradoras, elementos estructurales, etc.) en ocasiones se encuentra contaminada con hormigón, madera y otros materiales no metálicos, por lo que es preciso adecuarla para que pueda ser reutilizada.

En el caso del vidrio después de haber sido clasificado se buscaran lugares de acopio para que puedan recibir el tratamiento adecuado para poder producir productos nuevos. El vidrio, se procesa por fundición a grandes temperaturas, para luego formar nuevos envases y una gran variedad de objetos de adorno. El reciclado de vidrios ahorra energía ya que éste siempre se puede reciclar. Para su recogida se requiere eliminar del vidrio objetos tales como tapones, alambres, etiquetas, etc. Se obtienen muchos beneficios gracias al reciclaje del vidrio, como, la no extracción de materias primas, el menor consumo de energía y la disminución el volumen de residuos que se deben recoger y eliminar.

4.3.2. Incineración.

Los desechos inorgánicos que se pueden quemar en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos son los que se nombraron como quemantes. Después de tener clasificados los quemantes en textiles, papeles, plásticos inservibles y hules se deberá de hacer los siguientes pasos:

- Poner a secar un día los desechos antes de incinerarlos.

- Depositar los desechos que se van a incinerar en bolsas para su debida transportación.
- Trasladar en carretas de mano, los desechos que se van a incinerar al lugar correspondiente.
- Colocar dentro de los incineradores cartón para que prenda fuego.
- Depositar dentro de los incineradores algunas bolsas conteniendo desechos secos para que aumente la temperatura dentro de los incineradores.
- Verificar el indicador de temperatura para posteriormente encender el ventilador, para que este filtre aire a la primera cámara.
- Verificar la cantidad de desechos que se depositan dentro de los incineradores, para un mejor proceso.
- Inspeccionar constantemente las chimeneas.
- Mantener en orden el lugar de incineración y la bodega donde se encontraran los desechos antes de quemarlos.
- Preparar informes de cuanto diesel consumen, y cuanta energía eléctrica consume.
- Vigilar que el proceso de incineración se lleve de acuerdo al tiempo estipulado.
- Velar que los incineradores y el equipo de protección estén en buenas condiciones.
- Por último al terminar el proceso de incineración de los desechos durante un día de trabajo se procederá a sacar la ceniza y se colocará en bolsas para luego ser trasladadas al relleno sanitario.
- Todo lo que se clasifico como papel deberá de ser quemado a temperaturas inferiores a los 600 °C, los plásticos inservibles y textiles se quemaran en un rango de temperatura entre los 600 °C - 800 °C, mientras que los hules se quemaran a los 900 °C. En el anexo 2 se muestra el diagrama de flujo del proceso de la planta incineradora.

4.3.3. Relleno Sanitario

Los desechos inorgánicos generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos que no pueden ser eliminados por los dos métodos anteriores son los denominados inservibles estos son los que se depositaran en el relleno sanitario. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Los primero que debe hacerse es localizar el área en la cual será ubicada el relleno sanitario, después de esto se empezara a excavar para poder depositar la basura. A medida que se va ir colocando la basura, ésta se deberá compactar con maquinaria y cubrirla con una capa de tierra y otros materiales como la ceniza que se obtuvo del proceso de incineración para posteriormente cubrirla con una capa de tierra que ronda los 40cm de grosor y sobre esta depositar otra capa de basura y así sucesivamente hasta que el relleno sanitario se de por saturado.

4.4. Normas de implementación para el tratamiento de los desechos sólidos

4.4.1. Para el compostaje

Estos son los principios básicos del compost. Aplicándolos se podrá hacer un reciclado óptimo de los desechos orgánicos.

- Población microbiana: Los hongos y protozoos pronto se unen a las bacterias y después miriápodos, insectos y gusanos de tierra hacen su trabajo. En la primera etapa aparecen bacterias y hongos mesófilas con predominio de las primeras. Cuando la temperatura llega a 40 °C, aparecen bacterias y hongos termófilos y los primeros actinomicetos. Por encima de los 70 °C cesa la actividad microbiana.
- Oxígeno: Para conseguir un rápido compostaje es necesario un buen aporte de O₂. El oxígeno se requiere para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica.
- Ph: Influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos. En general, los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia. En caso de lluvias, el compost deberá realizarse en un lugar techado o taparlo con material plástico tipo invernadero.
- Contenido de nutrientes: Todos los organismos necesitan nutrientes para crecer y reproducirse. Las cantidades varían de elemento a elemento manteniendo una relación constante unos con respecto a otros. El mantenimiento de este balance es especialmente importante para el carbono y nitrógeno. Al inicio del proceso la relación carbono y nitrógeno (C/N) debe estar próxima a 30, añadiendo, si es preciso, elementos nitrificantes o carbonatantes. Al finalizar el proceso debe estar próxima a 10. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica.
- Temperatura: Es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. Debe mantenerse entre 35 - 65 °C. Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: Criófilos, de 5 a 15 °C. Mesófilas, de 15 a 45 °C. o Termófilos, de 45 a 70 °C. La temperatura de la pila de los desechos, dependerán del volumen de la pila y de las condiciones ambientales.

- Materiales: Cualquier cosa que creció en su jardín es alimento potencial para estos minúsculos trabajadores. El carbón y nitrógeno de las células muertas abastecen su actividad. Usan el carbono de los residuos como una fuente de energía, y el nitrógeno para formar las proteínas con que construir sus cuerpos.
- Superficie: Cuanto mayor sea la superficie de los desechos en que puedan trabajar los microorganismos, más rápidamente se descomponen los materiales. Cortar los desechos con una pala o el machete, o triturarlos mediante una máquina para desmenuzar o segar acelerarán su proceso de compostaje.
- Humedad: En teoría, los valores de humedad para que pueda darse una fermentación aerobia están entre el 30% y el 70%, siempre que se asegure una buena aireación. En la práctica se deben evitar valores altos, pues desplazaría el aire de los espacios entre partículas del residuo y el proceso pasaría a anaerobio(en donde no se controla la temperatura). Si la humedad es demasiado baja disminuirá la actividad de los microorganismos. Para conseguir la humedad adecuada se pueden mezclar distintos tipos de desechos y triturar o desfibrar los materiales.
- Volumen: Una pila grande de compost retiene el calor de su actividad microbiológica. Su centro será más cálido que sus bordes. Con menos de 50 cm de lado habrá problemas para mantener el calor mientras que más de 100 cm dificultan el paso de aire para la vida de los microbios.

4.4.2. Para el reciclaje

Para realizar un buen reciclaje de los desechos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Usar productos biodegradables.
- Compostar las sobras de los alimentos.
- Rechazar envases innecesarios cuando se va a comprar. Llevar bolsas de plásticos o cestas y reutilizar las bolsas de plástico.
- Plásticos, metales, vidrio y papel pueden recogerse para aprovechar las materias primas.
- Separar los desechos y tirarlos como tales, es decir, el vidrio con el vidrio, el cartón con el cartón.
- Depositar siempre las pilas, cartón y papel en contenedores adecuados. Utilizando recipientes, con capacidad suficiente, de fácil manejo y limpieza y que tengan las siguientes características. Ser de color diferente de acuerdo con el tipo de residuos a depositar. Llevar en letras visibles y con símbolos, indicaciones sobre su contenido. Resistir la manipulación y las tensiones. Permanecer tapados.
- La ropa usada puede ser reutilizada o reciclada.
- Los medicamentos no utilizados pueden ser aprovechados en otros lugares con menos recursos.
- Utilizar siempre que se pueda productos que sean recargables.
- Rechazar productos de usar y tirar.
- Utilizar productos de segunda mano y reciclados. Controlar la calidad ecológica de los productos reciclados.
- Preferir las bebidas cuyos envases son retornables y que el papel sea correctamente usado está en nuestras manos.

4.4.3. Para el incinerador

Para poder realizar un mejor proceso de incineración debemos de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Nunca incinere latas de spray, receptáculo de pintura tenga presión de aire pólvora y ningún otro desecho explosivo.
- No incinere una clase de desecho PVC.
- Cuando la puerta de entrada este abierta, sea cuidadoso con su cara o piel por el calor.
- Solo el administrador del incinerador puede operar el panel de control y el incinerador.
- Siempre mantenga limpios los alrededores del incinerador.
- Limpie la escoria del incinerador. Ya que de no ser así la eficiencia del incinerador disminuye.
- Limpie previamente los agujeros de aire localizados a lo largo del fondo de la cámara.
- Confirme un abastecimiento de aceite o un tanque de combustible.
- Compruebe que la válvula de combustible este abierta.
- Compruebe que el regulador de aire este correctamente abierto.
- Antes de la primera carga, abra la puerta del cenicero de la primera cámara y limpie afuera lo acumulado de ceniza quemada de los días anteriores.
- Encienda la energía en el interruptor que abastece el panel de control en cada aparato.
- Cambie el control de energía seleccionado del interruptor a apagado y encendido en cualquier situación.
- Confirme un abastecimiento de agua o un tanque de agua y el nivel de agua de la primera cámara.

4.4.4. Para el relleno sanitario.

Se considera oportuno resaltar algunos principios básicos para realizar un relleno sanitario manual:

- Supervisión constante, mientras se vacía, recubre la basura y compacta la celda, para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- Es fundamental el cubrimiento diario, con una capa de 0.10 a 0.20m de tierra o material similar.
- La altura de la celda es otro factor importante a tener en cuenta; para el relleno sanitario manual, se recomienda una altura entre 1.0 m a 1.5 m para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- La compactación de los desechos sólidos es preferible en capas de 0.20 a 0.30 m y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, alcanzando a largo plazo una mayor densidad y vida útil del sitio.
- Una regla sencilla indica que, alcanzar una mayor densidad, resulta mucho mejor desde el punto de vista económico y ambiental.
- Desviar aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.
- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 m de espesor, se efectúa siguiendo la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que sostenga vegetación, para lograr una mejor integración al paisaje natural.

5. SEGUIMIENTO DEL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.

5.1 Diseño de rellenos sanitarios

El diseño materializa la concepción de la obra en general, y tiene como objetivo orientar su desarrollo y planificar su construcción. Además, permite presentarlo ante las autoridades locales y la comunidad para su promoción y análisis de financiamiento para su construcción.

El diseño básico debe incluir en lo posible la delimitación del área total del sitio y del terreno a ser rellenado sucesivamente, indicando el método constructivo, el origen de la tierra de cobertura y la disposición de las obras de infraestructura.

Es necesario además presentar en las memorias de cálculo la vida útil, el uso futuro y el costo global estimado del proyecto.

5.1.1. Factores para la localización del terreno

Entre los factores que necesitamos analizar para encontrar el lugar adecuado para diseñar el relleno sanitario tenemos:

- Localización: La ubicación del terreno juega un papel importante en la explotación del sistema, por cuanto la distancia y más aún, el tiempo al centro urbano de gravedad (plaza principal) repercute en el costo de transporte de los desechos sólidos, debiéndose propender al uso económico de los vehículos recolectores. Por lo tanto, se recomienda que esté cerca (no más de 30 minutos) de ida y regreso. Además de disminuir los costos de transporte, permite tener una mayor vigilancia y supervisión permanente por parte de la comunidad que estará atenta para que el relleno sanitario manual sea operado y mantenido en las mejores condiciones posibles. Es de anotar que no existen reglas fijas; mucho dependerá de la disponibilidad de terrenos, de su topografía, la vida útil del relleno, y del número de establecimientos vecinos. Se recomienda que los límites de un relleno, estén trazados a una distancia mayor de 200 metros del área residencial más cercana.
- Condiciones hidrogeológicas: Cabe resaltar aquí que, además de observar la existencia de nacimientos de agua en el terreno que habrá que drenar bajando su nivel, es necesario evaluar la profundidad del manto freático o aguas subterráneas, dado que es necesario mantener por lo menos una distancia de 1 a 2 metros entre éstas y los desechos sólidos. Así mismo, es preciso identificar las características del suelo, en cuanto a su permeabilidad y capacidad de absorción.
- Material de cobertura: El terreno debe tener abundante material de cobertura, ser fácil de extraer y, en lo posible, con buen contenido de arcilla por su baja permeabilidad y elevada capacidad de absorción de contaminantes. Cuando sea escaso en el propio sitio, se debe garantizar su adquisición en forma permanente y suficiente, teniendo en cuenta su disponibilidad en lugares vecinos y los costos de transporte. De no ser así, es preferible desechar el lugar antes del inicio de cualquier trabajo, puesto que se corre el riesgo de convertirlo en un botadero a cielo abierto.

- Propiedad del terreno: Un proyecto de relleno sanitario manual debe iniciarse solamente cuando la entidad responsable del relleno (generalmente el municipio), tenga en su poder el documento legal que acredite su propiedad sobre el terreno y autorice (Acuerdo Municipal) a construirlo con sus obras complementarias, estipulando también la utilización futura, ya que los posibles usos pueden facilitar algún desarrollo, como por ejemplo, área recreativa o zona de reforestación.
- Vías de acceso: El terreno debe estar cerca a una vía principal, para que su acceso sea fácil y resulte más económico el transporte de los desechos sólidos y la construcción de las vías internas de penetración. Estas deben permitir el ingreso fácil, seguro y rápido a los vehículos recolectores hasta el frente de trabajo en todas las épocas del año.
- Conservación de los recursos naturales: El relleno sanitario manual debe estar lo suficientemente alejado de las fuentes destinadas al abastecimiento de agua. Idealmente, debería estar localizado en un área aislada, de poco valor comercial y bajo potencial de contaminación de aguas superficiales y subterráneas. En otras palabras, debe estar en condiciones de proteger tanto los recursos naturales como la vida animal y vegetal.
- Condiciones climatológicas: La dirección del viento predominante es importante, debido a las molestias que puede causar tanto en la operación, por el polvo y papeles que se levantan, como por el posible transporte de malos olores a las áreas vecinas. Por tanto, la ubicación del relleno sanitario manual, en lo posible, deberá estar de tal manera que el viento circule desde el área urbana hacia él. En caso contrario, deberán preverse algunas medidas para contrarrestar este aspecto, como la siembra de árboles y vegetación espesa en toda la periferia del relleno.

- Costos: Antes de proceder a elaborar los cálculos y diseños del relleno sanitario manual, es necesario conocer los costos del terreno y cuán factible es su adquisición. Además, se debe efectuar una estimación de la inversión necesaria para su adecuación y para la construcción de las obras de infraestructura. En ocasiones, el costo de estas últimas es tan alto que el municipio no tiene los recursos suficientes para su ejecución, por lo que se recomienda buscar otros sitios disponibles.
- Vida útil del terreno: La capacidad del sitio debe ser suficientemente grande para permitir su utilización a largo plazo (más de cinco años), a fin de que su vida útil sea compatible con la gestión, los costos de adecuación y las obras de infraestructura. Obviamente, todo depende de su disponibilidad.
- Plan regulador: Es importante consultar con la oficina de planeación local el plan de desarrollo o plan regulador, a fin de conocer la delimitación del perímetro urbano, y los usos del suelo actuales y planes futuros, para así evaluar su compatibilidad con el relleno. Se recomienda que la dirección o sentido del crecimiento de la urbanización se efectúe en dirección al sitio. Mas esto no debe realizarse de inmediato, a fin de que una vez concluida la vida útil del relleno sanitario manual, el terreno pueda ser usufructuado por la comunidad.

5.1.2. Técnicas para la construcción

Primero se hará un reconocimiento del terreno, llevando consigo el plano topográfico de planta, con anotaciones, gráfico o tabla, mostrando las cantidades acumuladas de desechos sólidos y tierra para la evaluación de depresiones y alturas del terreno.

Se debe tener en mente la utilización futura probable del relleno sanitario. Para un buen diseño es indispensable la visita de campo. De esta manera, se podrán confrontar los planos con el terreno e identificar mejor el área a rellenar y sus alrededores, la vía interna de acceso, drenajes, el método constructivo y el origen de la tierra de cobertura.

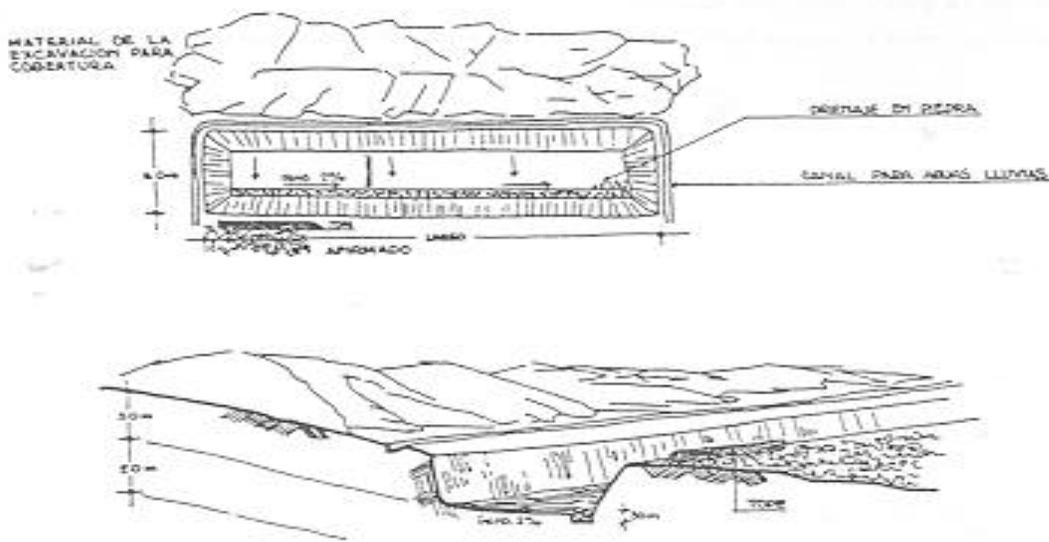
El método constructivo y la secuencia de la operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras distintas para construir un relleno sanitario.

Método de trinchera o zanja: Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor de oruga. Es de anotar que existen experiencias de excavación de trincheras hasta de 7m de profundidad para relleno sanitario. La tierra que se extrae, se coloca a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra.

Se debe tener cuidado en época de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. Por lo tanto, se deben construir canales perimetrales para captarlos y desviarlos e incluso proveerlos de drenajes internos. En casos extremos, puede requerirse el bombeo del agua acumulada. Las paredes longitudinales de las zanjas tendrán que ser cortadas de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie del suelo no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación. Este método se ilustra en la figura 5.

Figura 5. Método de trinchera para construir un relleno sanitario.

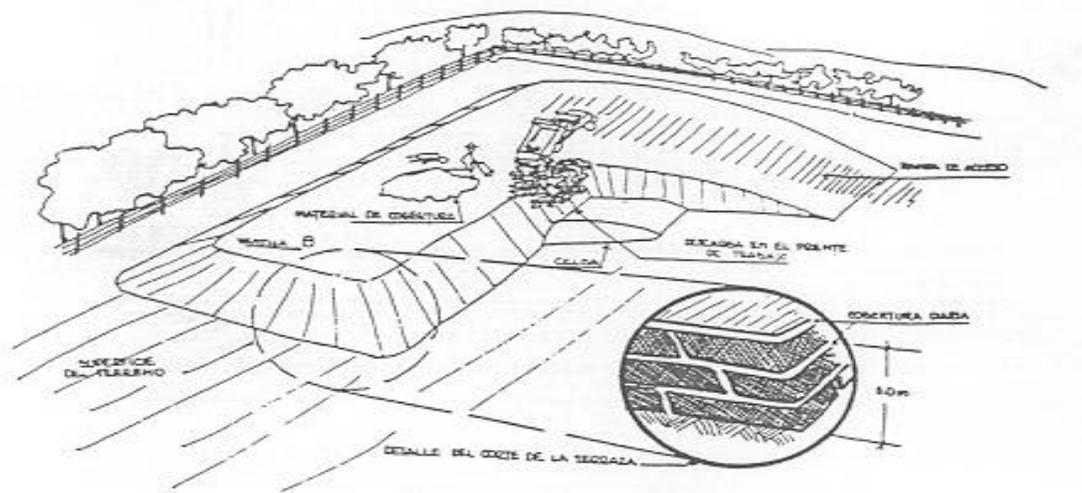


Fuente: Jorge Jaramillo, Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales Pág. 18.

Método de área: En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, éstas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial.

En ambas condiciones, las primeras se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. Este método se muestra en la figura 6.

Figura 6. Método de área para construir un relleno sanitario.



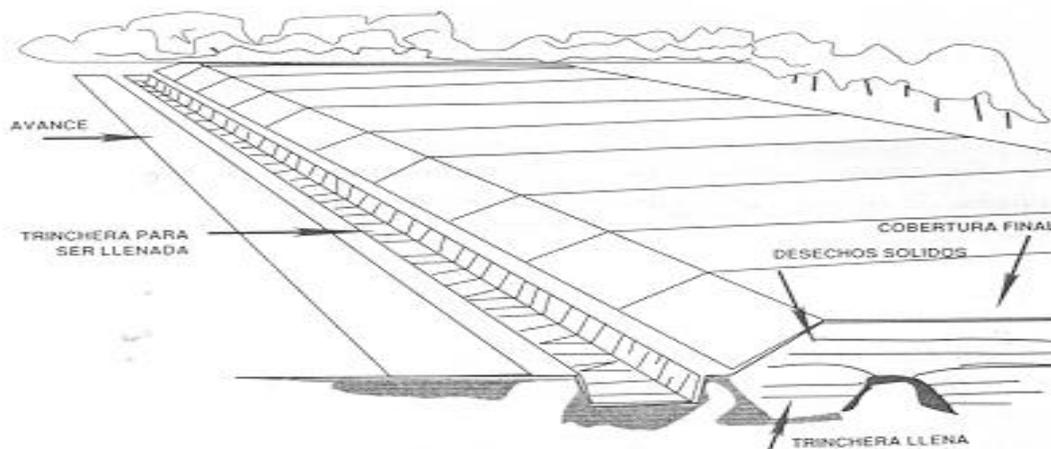
Fuente: Jorge Jaramillo, Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales Pág. 18.

Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno, es decir, la basura se vacía en la base del talud, se extiende y apisona contra él, y se recubre diariamente con una capa de tierra de 0.10 a 0.20 m de espesor; se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 30 grados en el talud y de 1 a 2 grados en la superficie.

Combinación de ambos métodos: Es necesario mencionar que, dado que estos dos métodos de construcción de un Relleno Sanitario tienen técnicas similares de operación, pueden combinarse lográndose un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura y rendimientos en la operación. En la figura 7 se muestra la combinación de los dos métodos.

Figura 7. Combinación de ambos métodos para construir un relleno sanitario.



Fuente: Jorge Jaramillo, Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales Pág. 20.

5.1.3. Mantenimiento

A diferencia de otras obras, la construcción de un relleno sanitario manual requiere de una constante supervisión y mantenimiento, lo cual implica algunos gastos que, aunque son mínimos, deben ser atendidos oportunamente, debiendo preverse los recursos correspondientes en el presupuesto anual del municipio. Si el relleno sanitario manual no cuenta con una buena supervisión ni con un adecuado mantenimiento técnico y económico, fácilmente podrá convertirse en un botadero a cielo abierto, con todos sus perjuicios.

Supervisión: Uno de los elementos más importantes en el relleno sanitario manual es un jefe o supervisor de aseo, quien debe organizar, dirigir y controlar las operaciones; además, debe contar con el pleno respaldo de la Administración Municipal.

Vías de acceso: Las vías de acceso, frente de trabajo, redes de drenaje pluvial y superficie terminada del relleno, deben mantenerse en buenas condiciones operativas. El frente debe ser organizado y limpio.

Herramientas: Una vez concluidas las labores diarias, las herramientas deben dejarse limpias y, en caso de daños o quiebras, deben ser reparadas o sustituidas a la mayor brevedad. Es conveniente también llevar un control de las herramientas e implementos suministrados a los trabajadores, tanto para su inventario como para establecer el tiempo de reposición por daños.

Abastecimiento de materiales: Uno de los mayores problemas administrativos es el abastecimiento de materiales, del cual depende todo mantenimiento. Por lo tanto, es necesario planificarlo.

Esto incluye la previsión de piezas y otros materiales que deben depositarse en el almacén del municipio.

Material disperso: Es importante mantener limpias las áreas adyacentes al frente de trabajo diario, puesto que en algunas ocasiones, cuando se dejan acumular los papeles volantes arrastrados por el viento, se brinda un mal aspecto a la apariencia estética del relleno. Se aconseja que uno de los trabajadores, utilizando un saco o un costal, recoja todos estos materiales dispersos al término de la jornada diaria, y los deposite en el sitio donde se construye la celda.

Control de moscas: El control de moscas en el relleno no debe ni puede hacerse con insecticidas. Su excesivo empleo no sólo origina la contaminación del ambiente, sino que también desarrolla en las moscas resistencia a los insecticidas, lo cual a largo plazo no permite su control. Por lo tanto, debe disminuirse su uso al máximo. En cambio, el cubrimiento con la tierra debe ser el método principal. No obstante, como las moscas llegan con las basuras en los vehículos recolectores y en ocasiones resulta notoria su presencia, se recomienda fumigar el área del relleno, con la periodicidad que se requiera en cada caso.

Control de incendios: En el área del relleno se deben evitar las quemas de papel, cartón, plásticos, etc. Para no correr el riesgo de propiciar un incendio, dado que la descomposición de la basura produce metano que es un gas combustible; además, deteriora su aspecto asemejándolo a un botadero abierto.

Drenaje del percolado: Debido a la gran cantidad de material fino arrastrado por las aguas que percolan en el interior del relleno, los drenajes se van colmatando poco a poco, lo que hace necesaria su limpieza. Se debe extraer este material de la zanja que conduce los lixiviados hacia el campo de infiltración, pues de lo contrario, con el tiempo se obstruirán y el líquido escurrirá por la superficie.

Drenaje de gases: Debido a los asentamientos del relleno, al tránsito vehicular por encima de las celdas y demás, las chimeneas de gases se van deformando e inclinando, por lo que es necesario mantenerlas verticales a medida que se eleva el nivel del relleno, para evitar su obstrucción y pérdida.

Control de aguas: Se debe conservar en buen estado el drenaje pluvial periférico (canal en tierra, cunetas) y la superficie del relleno. Asimismo el frente de trabajo debe tener drenajes para no perjudicar el movimiento de los vehículos.

Acabado final y asentamiento: La colocación de la cobertura final y el engarmado requiere gran atención, pues no sólo incide en el funcionamiento, sino también en la imagen del relleno terminado.

Con el transcurso del tiempo, los desechos sólidos se descomponen (parte se transforma en gas y parte en líquido), y la tierra de cobertura y la humedad penetran en sus vacíos, asentándolo. Después de dos años, el asentamiento se reduce mucho y prácticamente desaparece a los cinco años. Como el asentamiento no es uniforme, se producen depresiones en la superficie del relleno, donde se acumula el agua de lluvia; por lo tanto, se deben hacer nivelaciones al terreno y procurar su drenaje.

La administración local debe velar para que una vez concluya la vida útil del relleno sanitario manual, se le dé el acabado final y el mantenimiento necesarios, para que el terreno sea disfrutado por la comunidad, tal como fue previsto al inicio del proyecto. De no ser así, la población no obtendrá uno de los beneficios de esta obra de saneamiento básico. Esto podría ser una causa del rechazo de nuevos sitios, lo que implicaría ubicaciones más lejanas de las áreas urbanas, aumentando los costos de transporte de los desechos y del servicio de aseo.

Se recomienda colocar un nuevo letrero o cartel con el nombre de la obra, parque o campo deportivo, indicando que está construido sobre un relleno sanitario manual.

5.2. Implantación de una planta recicladora

5.2.1. Importancia

La importancia de implantar un planta recicladora en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos es por diferentes beneficios tales como poder contribuir a la conservación de los recursos naturales no renovables con los que cuenta el municipio y la reducción del volumen de desechos que hay que eliminar para que no haya tanta basura en el mundo.

Como también obtener ingresos que podrán cubrir parcialmente los costos del servicio de aseo, ahorrar energía a la hora de crear nuevos productos y al mismo tiempo reducir las emisiones de CO₂. Generar empleo para los habitantes del municipio y propiciarles un ambiente agradable para vivir.

5.2.2. Funciones

Entre las funciones que deberá de desempeñar la planta recicladora para el aprovechamiento y reutilización de los desechos sólidos residenciales se tendrá:

La primera etapa es la del manejo adecuado de los desechos generados en las residencias, el manejo adecuado para permitir la máxima recuperación.

Recolección y transporte: Incorporar en el itinerario de recolección a las residencias, de acuerdo con las necesidades. Se debe coordinar para brindar un servicio de recolección eficiente. Contar con camiones con capota, para evitar que los desechos queden en las calles.

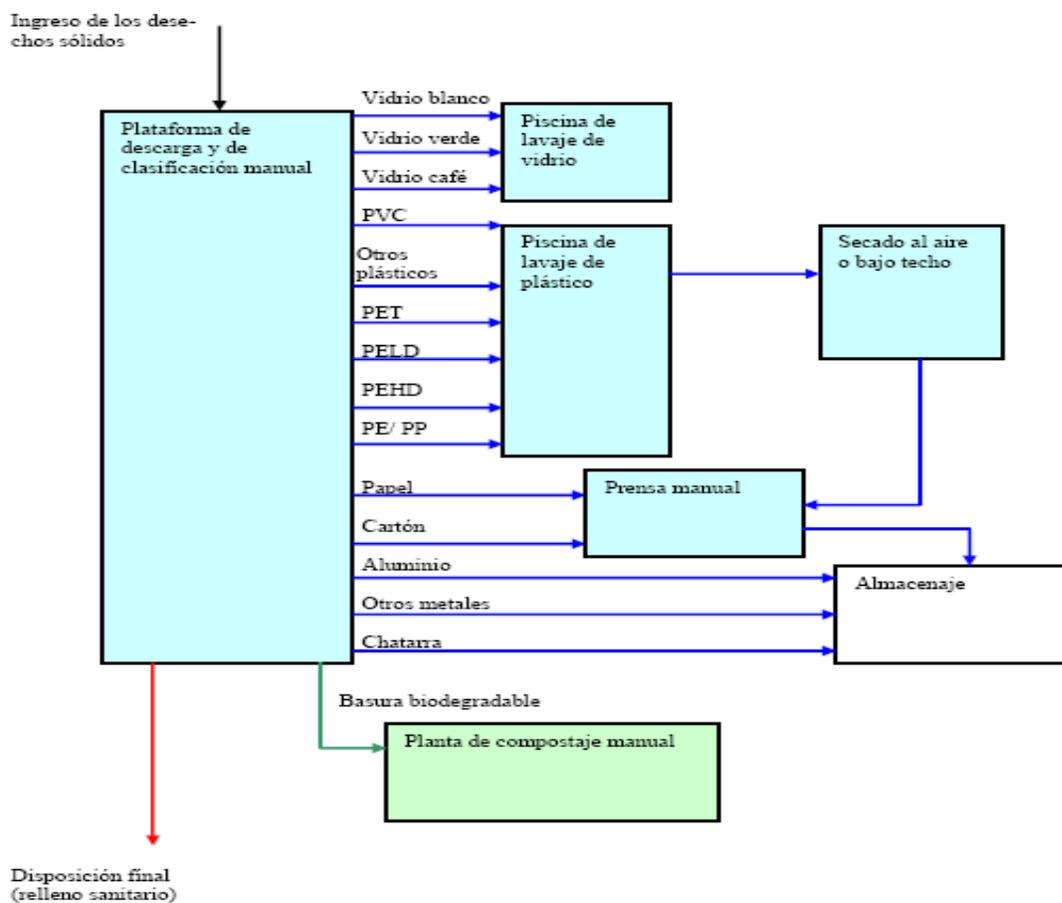
La descarga en las instalaciones de la planta recicladora de los desechos recolectados deben ser llevados a cabo rápidamente para que los camiones continúen con su ruta de recolección y no interfieran con el despacho de los materiales recuperados.

La etapa de recuperación de los materiales consiste en: Trasladar los desechos de acuerdo con su categoría de áreas definidas de trabajo. Proceder a su clasificación, compactación o molienda dependiendo del tipo desecho y con la tecnología adecuada esta será realizada por personal capacitado en el manejo de desechos sólidos.

Luego hacer un registro de los materiales recuperados en el sistema de inventarios y almacenamiento. Comercialización de los materiales recuperados. Buscar mercado a los materiales.

Despachar los materiales de la instalaciones de la planta recicladora. Facturación y descarga de los materiales de inventarios. Incorporación de los materiales recuperados a los procesos productivos. En la figura 8 se muestra el diagrama de flujo de las una planta recicladora.

Figura 8. Diagrama de flujo de una planta recicladora.



Fuente: Eva Roben, Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios municipales
 Pág. 76.

5.2.3. Mantenimiento

Las plantas recicladoras deberán ser aseadas regularmente, a fin de que no se favorezca la procreación de fauna nociva y de microorganismos perjudiciales para la salud, así como para evitar la emisión de olores desagradables.

Para el mantenimiento de las instalaciones de la planta recicladora se deberá de hacer lo siguiente:

- Mantenimiento adecuado de los equipos de recolección.
- La limpieza de los vehículos se realizará en los lugares definidos previamente y en forma diaria al concluir la jornada.
- Luego de la descarga de los desechos el vehículo es lavado.
- Impermeabilización del suelo de toda la planta.
- Los vehículos deberán estar en perfectas condiciones mecánicas y se procurara la constante modernización del equipo para el mejor servicio.
- Para el caso de las áreas de almacenamiento de combustibles, lubricantes y solventes, éstas deben contar con ventilación adecuada para evitar el riesgo de explosión y estar conectados a tierra. El área debe estar debidamente señalizada indicando la prohibición.
- Los recipientes en los que se almacenen las sustancias o combustibles deberán estar tapados, ajustados de tal manera que no permita el escape de ningún fluido.
- Se deberán instalar taludes y drenajes que impidan el derrame accidental de los líquidos vertidos, tomando en cuenta el radio de afectación por el tipo y cantidad de sustancia o líquido derramado, para evitar la propagación hacia otras áreas.

- Las áreas utilizadas para el almacenamiento de desechos sólidos deberán estar bien ventiladas y preferentemente protegidas del intemperismo. Por otra parte, serán aseadas regularmente.
- Los contenedores para el almacenamiento de desechos sólidos deben ser revisados y aseados regularmente.
- Instalación de aspersores para precipitación del polvo.
- Instalación de equipo para extracción y para limpiar el aire.
- El desecho orgánico deberá de ser rociado por enzimas, que inhiben los olores de descomposición de la materia.

5.3. Proyección de la cantidad de desechos sólidos

El conocimiento de la producción de desechos sólidos nos permite establecer, entre otros, cuáles deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas de recolección, la frecuencia de recolección, la necesidad del área para la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa o tasa de aseo.

Es importante conocer cual será la cantidad de desechos sólidos que se producirán en los próximos años en el casco urbano del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos debido a que con este dato se estará planificando las modificaciones para la planta incineradora y así como la capacidad del relleno sanitario y la mano de obra que se necesitará para que funcione eficientemente durante los próximos años.

La proyección del crecimiento poblacional que tendrá el municipio durante los próximos 10 años se hará tomando como base los datos del censo del 2,002 realiza y con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$Pf = Po e^{ct}$$

Donde:

Pf = población final

Po= población inicial

e = constante.

c = tasa de crecimiento (promedio municipal del 2.5%)

t = tiempo en años.

En la tabla XV se muestran las proyecciones de la población del área urbana del municipio de San Pedro Sacatepéquez, para los siguientes 10 años.

Tabla XV. Pronóstico poblacional del caso urbano.

AÑO	HABITANTES
2002	31,783
2009	37,862
2010	38,820
2011	39,803
2012	40,811
2013	41,843
2014	42,903
2019	48,615

Fuente: Elaboración autor con los datos del Instituto Nacional de Estadística, del censo del año 2,002.

Como vimos, la proyección de la población puede estimarse por métodos matemáticos pero, en cuanto al crecimiento de la producción per cápita, conviene anotar que difícilmente se encuentran cifras que den idea de cómo puede variar anualmente, para tratar de evaluar cambios. No obstante, para obviar este punto y, conociendo que con el desarrollo y el crecimiento urbanístico y comercial de la población los índices de producción aumentan, se recomienda calcular con una tasa de incremento del 1% anual, la producción per cápita total.

El tabla XVI se muestra las proyecciones de la tasa de generación per cápita, además de la producción diaria en toneladas de los desechos residenciales, para el casco urbano del municipio de San Pedro Sacatepéquez.

Tabla XVI. Pronóstico de producción de desechos sólidos domiciliar.

AÑO	HABITANTES	PRODUCCIÓN	VOLUMEN
2009	37862	0.3998 Kg. /hab./día.	16.68 ton/día
2010	38820	0.4038 Kg. /hab./día.	17.28 ton/día
2011	39803	0.4078 Kg. /hab./día.	17.89 ton/día
2012	40811	0.4118 Kg. /hab./día.	18.52 ton/día
2013	41843	0.4158 Kg. /hab./día.	19.19 ton/día
2014	42903	0.4198 Kg. /hab./día.	19.85 ton/día
2019	48615	0.4398 Kg. /hab./día.	23.57 ton/día

Fuente: Elaboración autor.

5.3.1. Planta incineradora

5.3.1.1. Ampliaciones

Las ampliaciones que se deberán de hacer en la planta incineradora con la que cuenta el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos se harán dependiendo al volumen generado durante los próximos años, para poder propiciar el área mínima para que se pueda dar el tratamiento adecuado que necesiten cada tipo de desechos sólidos.

- Producción de desechos sólidos para el año 2014 es de: 19.85 ton/día
- Densidad de la basura suelta es de: 200 – 300 Kg. /m³.
- Volumen de los desechos sólidos para el año 2014 es de:
$$V = (19.85 \text{ ton/día} * 1000 \text{ Kg. /ton}) / (200 \text{ Kg. /m}^3)$$
$$V = 99.25 \text{ m}^3 \text{ /día.}$$
- Volumen de los camiones = 20.39 m³
- Número de viajes a la planta incineradora (Nv).
$$Nv = V/Vc = (99.25 \text{ m}^3 \text{ /día}) / 20.39 \text{ m}^3$$
$$Nv = 5 \text{ viajes por cada camión.}$$
- Área necesaria para descargar los desechos sólidos
$$Ad = (99.25 \text{ m}^3 \text{ /día}) / 0.40 \text{ m (Altura máxima para colocar desechos).}$$
$$Ad = 249 \text{ m}^2$$
- Área para la clasificación de los desechos sólidos
$$Ac = (99.25 \text{ m}^3 \text{ /día}) / 0.15 \text{ m (Altura máxima para clasificar)}$$
$$Ac = 662 \text{ m}^2$$
- Área para clasificar desechos orgánicos
$$Ao = Ac * \% \text{ desechos orgánicos (ver tabla VI.)}$$
$$Ao = 662 \text{ m}^2 (0.8584) = 569 \text{ m}^2$$

- Área para clasificar desechos inorgánicos

$$A_i = A_c * \% \text{ desechos Inorgánicos (ver tabla VI.)}$$

$$A_i = 662 \text{ m}^2 (0.1416) = 94 \text{ m}^2$$

En la tabla XVII se muestran las áreas que se necesitarán para almacenamiento para cada tipo de desechos dentro de las instalaciones de la planta recicladora para el año 2014.

Tabla XVII. Áreas necesarias para cada tipo de desechos en la planta incineradora.

TIPO DE DESECHO	% DESECHO	ÁREA NECESARIA
Desechos vegetales	51.09%	339 m ²
Papel y cartón	19.65%	131 m ²
Textiles	2.41%	16 m ²
Plásticos	12.69%	85 m ²
Vidrio	1.02%	7 m ²
Metales	0.85%	6 m ²
Misceláneos	12.16%	81 m ²
Otros	0.13%	1 m ²

Fuente: Elaboración autor.

5.3.1.2. Mantenimiento.

Las áreas utilizadas para el almacenamiento de desechos sólidos deberán estar bien ventiladas y preferentemente protegidas del intemperismo. Por otra parte, serán aseadas después de un día de trabajo. Daekyung G250 ha diseñado incineradores para operar efectivamente con un poco de mantenimiento. Las siguientes simples acciones periódicas según su uso.

Diariamente limpie la ceniza de operación anterior. Abra la puerta de carga y use las herramientas, para sacar la ceniza para de la primera cámara.

Mensualmente los agujeros de aire primario en la primera cámara se limpian solos, pero si se inspecciona y se considera necesario limpiarlos, levante los tapones localizados en cada lado de la unidad y empuje el palo de limpieza desde a fuera del área del aire a través de los agujeros de aire localizados a lo largo del fondo de la cámara de desechos y limpie la obstrucción del tubo.

Inspeccione los refractarios en la cámara. Compruebe si no hay rajaduras. Las rajaduras hasta 1/2" de ancho serán anticipadas y desaparecerán media vez el incinerador ha sido llevado a la operación. El parchado es necesario solo cuando una mancha caliente se nota en el exterior. Una mancha caliente es una diferencia notable en el color de la pintura a lo largo de la sospecha de un problema en el área.

Cada tres meses lubrique los cojinetes del quemador y del motor del ventilador. Use un aceite de baja viscosidad (5w o 10w). Lubrique los cojinetes de la puerta de carga. Use grasa. Compruebe los electrodos del quemador por espaciamiento y apariencia. Limpie y resetee si es necesario.

Para preparara los refractarios, proceda así: Usando un martillo y un cincel, picando el área requerida repare y asegure el pegamento adecuado del material del parcheo a la línea refractaria. El área húmeda que va ser parchada con agua. Coloque plástico en su lugar y tape la cerradura hasta que el vacío se llene y la humedad y se comience a elevarse la superficie de la cerradura.

Un objeto punzante se usa para quitar el exceso de plástico para que se amolde al área circunstante. La superficie debe ser áspera granular. Nota si el área que va ser reparada es mayor que un pie cuadrado, baje al lado del tanque de acero y agregue anclas adicionales para asegurar el pegamento adecuado del material de parcheo.

5.3.2. Relleno Sanitario Manual

El relleno sanitario manual debe proyectarse para un mínimo de cinco años, aunque preferiblemente debe ser suficiente para 10 años. Sin embargo, algunas veces es necesario proyectarlo incluso para menos de cinco años, ante la dificultad de encontrar terrenos disponibles. Este tiempo se llama vida útil o período de diseño.

5.3.2.1. Cálculo de la capacidad

Para conocer la capacidad necesaria del relleno sanitario que necesitamos en el municipio de San Pedro, Sacatepéquez, San Marcos deberemos de conocer la siguiente información:

PROYECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN TOTAL ANUAL DE DESECHOS SÓLIDOS: El conocimiento de la producción de desechos sólidos nos permite establecer, entre otros, cuáles deben ser los equipos de recolección más adecuados, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa o tasa de aseo.

Se debe estimar con base en las proyecciones de la población y la producción per cápita. Para efectos de cálculo se recomienda tomar como mínimo, la producción y recolección de una semana, ya que ésta varía de acuerdo con las distintas actividades de la población. La cantidad de basura semanal se determinará pesando todos los camiones durante una semana.

CÁLCULO DEL VOLUMEN NECESARIO: Los requerimientos de espacio del relleno sanitario están en función de: La producción diaria de desechos sólidos si se espera tener una cobertura del 100% o, en su defecto, de la cantidad de desechos sólidos recolectados. Volumen de los desechos sólidos. La densidad de los desechos sólidos estabilizados en el relleno sanitario manual. La cantidad de material de cobertura (20-25%) del volumen estabilizado de desechos sólidos.

CÁLCULO DEL ÁREA REQUERIDA: Con el volumen calculado, se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, solamente si se puede estimar en forma aproximada la profundidad o altura del relleno. Esta solo se conocerá si se tiene una idea de la topografía de los alrededores. El área requerida para la construcción de un relleno sanitario manual depende principalmente de factores como: Cantidad de desechos sólidos a disponer. Cantidad de material de cobertura. Densidad de compactación de los desechos sólidos. Profundidad o altura del relleno sanitario. Este se considera como mínima 6m. Capacidad volumétrica del terreno. Áreas adicionales para obras complementarias como: área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de aislamiento, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este se considera entre un 20-40% del área a rellenar.

DENSIDAD DE LA BASURA: Para calcular y dimensionar la celda diaria y el volumen del relleno se pueden estimar las siguientes densidades así:

- Basura suelta 200 - 300 Kg. /m³.
- Celda diaria: Basura recién compactada 400-500 Kg./ m³.
- Volumen del relleno: Basura estabilizada 500-600 Kg./ m³.

Estas densidades se alcanzan mediante la compactación homogénea y a medida que se estabiliza el relleno, lo cual, como es obvio, incide en la estabilidad y vida útil del sitio. El aumento de la densidad de los desechos sólidos en el relleno sanitario manual se logra, entre otras cosas por: El tránsito del vehículo recolector por encima de las celdas ya conformadas. El apisonado manual, mediante el uso periódico del rodillo y pisones de mano. La separación y recuperación de materiales tales como: papel, cartón, plástico, vidrio, chatarra y otros, dado que difícilmente se compactan.

La práctica del reciclaje trae además del beneficio económico, una menor cantidad de desechos sólidos a enterrar, aumentando por tanto la vida útil del sitio. Cuando la separación se hace en el origen, se puede conseguir además la generación de empleo organizado y digno, con seguridad social. Otros mecanismos que aumentan la densidad de los desechos sólidos son: el proceso de descomposición de la materia orgánica y el peso propio de las capas o celdas superiores que producen mayor carga y, obviamente, disminuyen su volumen.

La población del área urbana con que cuenta el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos para el año 2,009 es de 37,682 habitantes este dato se presenta en la tabla XV, así como también las proyecciones de la población para los siguientes años.

La producción per cápita para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, para el año 2,009 es de es de 0.3998 Kg. /hab. Día con una producción total de 16.68 toneladas diarias. La proyección per cápita y la producción total por día en toneladas para el municipio, para los años de vida útil del relleno sanitario se presentan en la tabla XVI.

La producción total desechos que van ir en el relleno sanitario durante los 5 años de vida útil según los datos de la caracterización es un 25% de lo generado en el municipio, pero como seguridad dejaremos un 40% de los desechos generados, lo cual nos da un total de 13,539 toneladas. Con un volumen estabilizado de 22,565m³.

El cálculo del volumen del relleno sanitario lo podemos obtener con la siguiente fórmula:

$$Vrs = Ve * Mc$$

Donde:

Vrs = Volumen del relleno

Ve = Volumen estabilizado

Mc = porcentaje de recubrimiento de basura.

Sabiendo que el volumen del relleno es de 27,078 m³ podemos calcular el área requerida para el diseño del relleno sanitario que tendrá una profundidad de 6 metros, con la siguiente fórmula:

$$AT = F * Vrs/ Hrs$$

Donde:

AT = Área total

F = factor de aumento para las áreas adicionales

Para el diseño del relleno sanitario que necesitaremos construir en el municipio tendremos que buscar un terreno que tenga un área mínima de 5,867m² para poder llenar con los requisitos necesarios para la disposición final de desechos que no puedan ser tratados por ningún método de recuperación.

5.3.2.2. Cálculo de la mano de obra

La mano de obra necesaria en la operación manual del relleno sanitario para conformar la celda diaria depende de: La cantidad de desechos sólidos a disponer. La disponibilidad y tipo de material de cobertura. Los días laborables en el relleno. La duración de la jornada diaria. Las condiciones del clima. La descarga de los desechos en el frente de trabajo o distante de él. El rendimiento de los trabajadores. Las tareas que se realizan en un relleno sanitario son: Movimiento de los desechos, compactación de los desechos, compactación de la celda y el movimiento de tierra. Para calcular el número de trabajadores necesarios en el relleno sanitario manual se presenta en la tabla XVIII, en el cual se considera una jornada de ocho horas diarias, con un tiempo efectivo de seis horas. Estos rendimientos son bajo condiciones normales de trabajo y pueden variar en cada lugar según los factores descritos anteriormente.

SUPERVISOR: Además del número de hombres que ejecutarán las labores propias de la construcción del relleno, es necesaria otra persona que dirija y oriente las operaciones en el relleno sanitario manual en calidad de supervisor. Para el cargo de supervisor, teniendo en cuenta que disponer de un profesional capacitado en el manejo de desechos sólidos sería costoso, se recomienda contratar un individuo con las siguientes características: Tecnólogo en saneamiento, o Promotor de saneamiento, en lo posible con experiencia.

Tabla XVIII. Rendimientos para cada actividad en los rellenos sanitarios.

OPERACIÓN	RENDIMIENTOS
Movimiento de desechos	$[\text{Desechos sólidos}(\text{ton/día})] / (0.95) * \text{ton/hora-hom} \times 1/6 \text{ horas}$
Compactación de desechos	$[\text{Área superficial} (\text{m}^2)] / (20) * \text{m}^2/\text{hora-hom} \times 1/6 \text{ horas}$
Movimiento de tierra	$\text{Tierra}(\text{m}^3) / (0.35 \text{ a } 0.70) * \text{m}^3/\text{hora-hom} \times 1/6 \text{ horas}$
Compactación de la celda	$\text{Área superficial}(\text{m}^2) / (20) * \text{m}^2/\text{hora-hom} \times 1/6 \text{ horas}$

Fuente: Jorge Jaramillo, **Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales**. Pág. 92

Es de anotar que la "presencia del Supervisor" en el relleno sanitario es importante durante casi toda la jornada laboral en los primeros meses. Con la experiencia de trabajo, es posible reducir el tiempo de permanencia a dos horas diarias: una hora en la mañana y otra en la tarde. Así, se podría dedicar a la supervisión del aseo urbano en general, y velar por la mejor prestación del servicio.

En última instancia, esta labor de supervisión puede ser llevada a cabo por el Jefe de Obras Públicas del Municipio, con el apoyo de los Promotores de Saneamiento de los Servicios de Salud. En la tabla XIX se muestra la mano de

obra que se necesita para el funcionamiento del relleno sanitario en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos la se obtendrá con la ayuda de los rendimientos de la tabla XVIII para cada actividad.

Tabla XIX. Cantidad de hombres para cada actividad del relleno sanitario para el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

OPERACIÓN	HOMBRES /DÍA
Movimiento de desechos	4 hombres
Compactación de desechos	1 hombre
Movimiento de tierra	5 hombres
Compactación de tierra	1 hombre

Fuente: Elaboración autor.

Lo anterior significa que en el Relleno Sanitario que se necesita en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos para que pueda operar sin ningún inconveniente se necesitará un total de once hombres aproximadamente (equivalente a un rendimiento de 1.8 ton/hombre-día). Vale la pena recordar que la supervisión juega un papel de primera línea, tanto en la buena marcha del relleno sanitario como en el rendimiento de los trabajadores por lo que se necesita contratar una persona como supervisor.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la tasa de generación de desechos sólidos residenciales en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos es en promedio, de 0.3998 Kg. por persona por día, con un calidad baja debido a que no existe conocimiento sobre los desechos por parte de la población lo cual implica que no se realice una buena separación y por consiguiente sea difícil que se les pueda dar el tratamiento adecuado.
2. Sobre las características básicas de los desechos sólidos residenciales generados en el casco urbano del municipio de San Pedro Sacatepéquez se determinó que:
 - El peso específico es de 178.57 Kg. /m³.
 - El contenido de humedad es de 91.75%,
 - El porcentaje de orgánicos es de 85.84%.
 - El porcentaje de inorgánicos es de 14.16%.
 - El volumen diario es de 84.72 m³.
 - El peso diario es de 16.68 toneladas.
3. Actualmente, el manejo de los desechos sólidos residenciales en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, es inadecuado y es uno de los principales problemas del municipio porque tiene un efecto directo en la salud de la población, y al medio ambiente, disminuyendo la calidad de vida. Por consiguiente es de vital importancia que se pueda brindar el manejo adecuado para cada tipo de desechos para poder proporcionar a nuestra población mejores condiciones de salubridad, a la conservación y protección del medio ambiente, para poder obtener un efecto directo en la calidad y estilo de vida de los ciudadanos.

4. Para mejorar el tratamiento de los desechos sólidos residenciales en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos se deberá de implementar un programa de gestión integral de desechos en el cual se deberán de proporcionar los siguientes tratamientos: El de compost para desechos vegetales, el reciclaje para papel y cartón en buen estado, plásticos, metales y vidrio. La incineración para papel y cartones sucios, textiles y otros, y el relleno sanitario para los misceláneos así como desechos inservibles.

5. Los desechos sólidos residenciales que representan mayor presencia en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos son los desechos vegetales, papel y cartón, plásticos y misceláneos representando en conjunto más del 95% en peso total. La composición de los desechos sólidos varía dependiendo de la ubicación del sitio de estudio y del número de habitantes por cada residencia.

6. Con la implementación del programa de gestión integral de desechos sólidos en el municipio de San Pedro Sacatepéquez se podrá incorporar hábitos culturales que permitan buenas prácticas ambientales desde el ámbito familiar. Se creará una fuente de empleo para los habitantes del municipio, así como la obtención de ingresos que puedan cubrir parcialmente los costos del servicio de aseo. También se obtendrá un abono que podrá ser utilizado para la conservación de áreas verdes.

7. El sistema de limpieza del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos requiere un reacondicionamiento para adecuarse a las características de los desechos generados y las necesidades del municipio, para así poder brindar un mejor servicio y al mismo tiempo cubrir con la cantidad de desechos generados en el casco urbano, ya que actualmente solo sirve como medio de transporte y solo tiene una cobertura del 39% de la población.

RECOMENDACIONES

1. Establecer un control de los desechos sólidos recolectados en la ciudad, establecer políticas de recaudación de recursos que permitan hacer el sistema sostenible y evitar recolectar residuos que no estén permitidos por el reglamento municipal.
2. Capacitar y entrenar al personal de limpieza pública en aspectos técnicos y operativos en temas de gestión integral de residuos sólidos, elaboración de expedientes e implementación de un relleno sanitario y planta de tratamiento, así como diseño de programas de educación ambiental y participación ciudadana.
3. Evaluar la factibilidad de establecer una planta de acopio de residuos sólidos municipal sobre todo para los casos de: desechos vegetales, plásticos, papel y cartón por el porcentaje que representan.
4. Hacer participar a los vecinos en las actividades que tienen que ver con la mejora del servicio de la limpieza pública.
5. Establecer un programa de mantenimiento para los vehículos, implementos y herramientas de residuos sólidos.
6. Buscar alternativas de tratamiento y disposición de los desechos hospitalarios, para disminuir el peligro potencial que estos representan a la salud de la población.

7. Diseñar e implementar un sistema integral de manejo de desechos sólidos que tome las características de los desechos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

8. Aumentar la investigación de tecnología que permita el aprovechamiento de los desechos sólidos generados en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

9. Promover la cultura del reciclaje de desechos sólidos entre la población del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, así como motivar el establecimiento de una planta recicladora municipal y de empresas que se dediquen a procesar estos para su reutilización.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asamblea nacional constituyente. Constitución Política de la República de Guatemala, Guatemala. 1985.
2. Domínguez Velásquez, Selvin Omar. Trabajo de Graduación, Plan de operación para incineradores de la planta de residuos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez, del Departamento de San Marcos. 2007.
3. Haddad, José. Módulo de disposición final de residuos sólidos. CEPIS/HPE/OPS. Lima, Perú. 1981.
4. INE (Instituto Nacional de Estadística). XI Censo de Población VI de habitación Guatemala. 2002.
5. Jaramillo, Jorge GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES. Estados Unidos. 1991.
6. Joachin Muñoz, José Francisco. Trabajo de graduación. Propuesta del sistema de recolección, manejo y disposición final de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. 2002.
7. Lemus Chávez, Jorge. Diseño del tamaño de la muestra en ciencias sociales. Quetzaltenango: D IES. 1996.
8. Mayen, Gustavo, 1994. "Diagnóstico de los desechos principales en Guatemala". Guatemala: OPS.
9. Monzón López Edelman. Trabajo de graduación. Propuesta de recolección y manejo de los desechos sólidos generados en el municipio de Quetzaltenango, departamento de Quetzaltenango. 1995.

10. Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. Plan Estratégico territorial de municipios del valle, departamento de San Marcos 2006.
11. Najar, Laura y otros. 1998. Tasas de generación de residuos sólidos urbanos. San Rafael, Mendoza, Argentina: Facultad de ciencias aplicadas a la industria. U.N.C.
12. Orozco, Armando. Desechos sólidos. Una aproximación racional para su recolección, transporte y disposición. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 1980.
13. Penido, José. Recuperación semi-mecanizada de materiales. Aspectos técnicos del servicio de aseo. Programa Regional OPS/HPE/CEPIS de Mejoramiento de los Servicios de Aseo Urbano. Lima, Perú. 1982.
14. PROINFO 2000. "Recuerdo Censal Municipal San Marcos 2002". San Marcos, Guatemala.
15. Rodríguez Arango, Douglas Alejandro. Trabajo de graduación. Caracterización de los residuos sólidos residenciales generados en el área urbana del municipio de Quetzaltenango, Departamento de Quetzaltenango. 2002.
16. Tchobanoglous, George et. al, Gestión integral de residuos sólidos. España (volumen 1): Mc Graw Hill, 1996.
17. Tchobanoglous, George et. al, Gestión integral de residuos sólidos. España (volumen 2): Mc Graw Hill, 1996.
18. Varios 1995, "Análisis Sectorial de Residuos Sólidos". Guatemala.
19. Walpole, Ronald; Myers, Raymond. Probabilidad y estadística. Cuarta edición. México D.F: Editorial Mc Graw Hil. 1996.

ANEXO 1.

REGLAMENTO PARA LA ADMINISTRACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SERVICIO DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DE LA MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.



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

El Infrascrito Secretario Municipal de la Ciudad de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos, CERTIFICA: Tener a la vista el libro de Actas de Sesiones Ordinarias y Extraordinarias del Concejo Municipal, en el que aparece el acta que copiada en lo conducente dice: ACTA NÚMERO: CERO SESENTA Y CINCO GUION NOVENTA Y CINCO (065-95). Sesión Pública Ordinaria celebrada por la corporación Municipal de la Ciudad de San Pedro Sacatepéquez, Departamento de San Marcos, el día diez de Octubre de mil novecientos noventa y cinco, presidida por el Señor Alcalde Municipal, ciudadano Doroteo Guillermo Bautista Orozco, con asistencia del Señor Síndico 1° Municipal don Angel Francisco Orozco y Orozco, con asistencia de los siguientes Concejales: 1°. Señor Urbano Alejandro Ochoa Rabanales, 2°. Señor Vida Prudencio Fuentes Juárez, 3°. Lic. Filiberto Moisés Godínez Fuentes, 4°. Señor Antolín Moisés Vásquez Méndez, 5°. Profesor Guillermo Reyes Velásquez García, Tesorero Municipal, T.A.E. Humberto Augusto Orozco Velásquez y Secretario que certifica, P.C. Artemio Saúl Bautista Orozco, siendo las dieciocho horas en el Salón de Honor Municipal se procedió de la siguiente manera: PRIMERO: OCTAVO: La Corporación Municipal de esta ciudad, CONSIDERANDO: Que la salud de los habitantes de la nación es un bien público.

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

I. DISPOSICIONES GENERALES:

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

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

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

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

II. DEL SERVICIO EN GENERAL:

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

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

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

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

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

III. DEL PERSONAL ENCARGADO DEL SERVICIO:

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

- Ejecutar el presupuesto específico de ingresos y egresos el servicio, velando por la correcta aplicación y oportuna recaudación de las tasas establecidas.
- Llevar el registro analítico del activo fijo para uso del servicio.
- Recibir por parte del administrador o encargado del servicio el monto de las tasas recaudadas mensualmente de conformidad con los talonarios emitidos para el efecto.
- Informar mensualmente al Alcalde sobre la situación financiera del servicio, dando a conocer si las tasas cubren los costos de funcionamiento del servicio, en caso contrario gestionar la aplicación de los correctivos correspondientes.

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

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

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

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

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

- Conducir el vehículo que se le encomiende y velar por su buena conservación y funcionamiento para evitar la interrupción el servicio, siendo responsable de su deterioro por descuido o negligencia.
- Acatar las disposiciones de la Administración en cuanto a los lugares de paradas y rutas a correr diariamente de conformidad con el calendario que se elabore para el efecto.
- Rendir un informe diario al Administrador o Encargado sobre los kilómetros recorridos, el combustible consumido, lubricantes y accesorios, así como los desperfectos que hubiere sufrido el vehículo en su recorrido.
- Informar al Administrador o Encargado de la anomalía relativas al servicio que observe en su recorrido diario.

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

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

En el relleno Sanitario:

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

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

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

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

IV. ASPECTOS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS:

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

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

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

- a) Por cada vivienda individual, servicio 2 veces/semana.....Q. 5.00
- b) Por cada institución pública, servicio 2 veces/semana.....Q.15.00
- c) Por cada Colegio Privado, servicio 2 Veces/semanaQ.15.00
- d) Por los comercios, servicios 3 Veces/semana.....Q. 15.00
- e) Por cada industria, servicio 3 veces/semana.....Q. 20.00

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

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

V. PROHIBICIONES Y SANCIONES:

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

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

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

VI. DE LA RECOLECCIÓN PRIVADA:

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

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

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

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

Derecho de concesión por un año.....	Q. 2,000.00
Renovación de concesión.....	Q.2,000.00

Artículo 28°. Las empresas comerciales e industriales que cuenten con su propio servicio de transporte de desechos deberán contar con la autorización de la Municipalidad y están obligados a trasladar los desechos al sitio establecido como botadero Municipal o Relleno Sanitario u otro que señale la Municipalidad y pagarán la cantidad de Q. 40.00 al mes.

VI. DISPOSICIONES FINALES:

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

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

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

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

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

Vo. Bo. Dr. Marco Antonio ~~Ortiz~~ Arriola
Alcalde Municipal



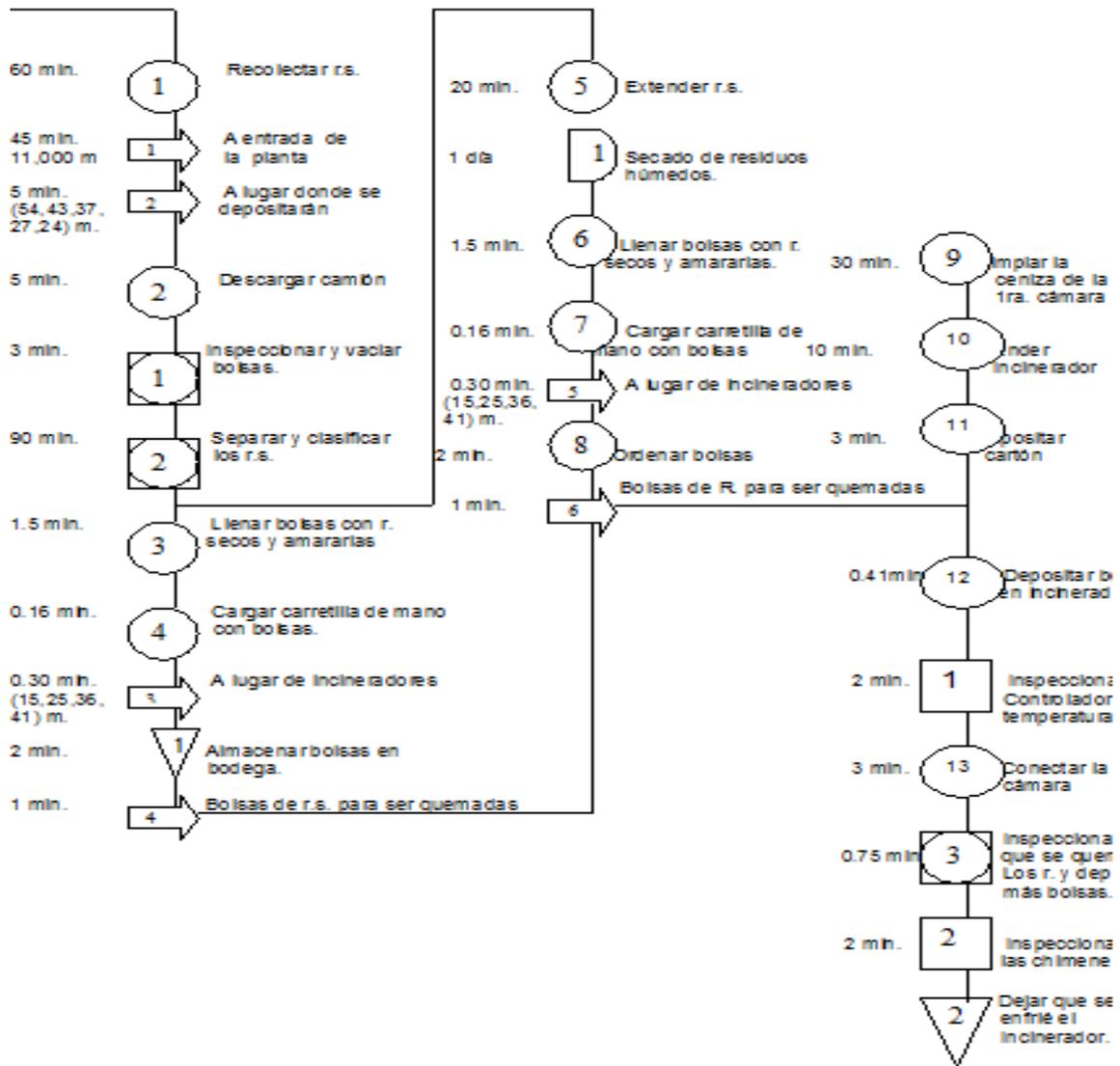
FUENTE: Selvin Domínguez Trabajo de Graduación, Plan de operación para incineradores de la planta de residuos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez., del Departamento de San Marcos. Pág. 97.

ANEXO 2.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA PLANTA INCINERADORA DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS.

Diagrama de flujo del proceso

Objeto del diagrama: Incineración de residuos sólidos
Diagrama No. 1 **Hoja No.** 1 de 1
Fecha de elaboración: 20/01/07
Elaborado por: Selvin Omar Domínguez Velásquez
El Diagrama empieza en: Recolección de residuos sólidos
El Diagrama termina en: Enfriamiento de incinerador



FUENTE: Selvin Domínguez Trabajo de Graduación, Plan de operación para incineradores de la planta de residuos sólidos del municipio de San Pedro Sacatepéquez., del Departamento de San Marcos. Pág. 85.

APÉNDICE 1.
BOLETAS UTILIZADAS PARA LA RECOLECCIÓN DE
INFORMACIÓN SOBRE LOS DESECHOS SÓLIDOS
RESIDENCIALES GENERADOS.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

1. Nombre del recolector:

2. Camión que recolecta los desechos:

3. Día de la semana:

4. A cuantos días corresponde la basura:

5. Número de habitantes por casa:

6. Número de bolsa:

7. Peso de la bolsa:

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**BOLETA DE PESO Y VOLUMEN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS
RESIDENCIALES GENERADOS**

1. Nombre del supervisor: _____
2. Número de semana estudiada: _____
3. Número de bolsa: _____
4. Número de habitantes: _____
5. A cuantos días corresponden los desechos: _____
6. ANOTAR LOS DATOS DE PESO (LIBRAS) Y DE VOLUMEN EN (CENTÍMETROS CÚBICOS) DE CADA COMPONENTE DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

TIPO DE DESECHO	PESO (LBS)	VOLUMEN (CM ³)
Textiles		
Plásticos		
Papel y Cartón		
Desechos vegetales		
Total de Orgánicos		
Misceláneos		
Vidrio		
Metales		
Total de inorgánicos		
Otros		
Total de desechos.		

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIVISIÓN DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**BOLETA DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS DESECHOS SÓLIDOS
RESIDENCIALES GENERADOS**

1. Nombre del supervisor: _____
2. Número de semana estudiada: _____
3. Número del día de la semana: _____
4. Número de habitantes: _____
5. ANOTAR LOS DATOS DE PESO EN (LIBRAS) Y EL CONTENIDO DE HUMEDAD (%) DE CADA COMPONENTE LOS DESECHOS SÓLIDOS.

Tipo de desecho	Peso seco (Lbs.)	Peso húmedo (Lbs.)	Contenido de humedad (%)
Textiles			
Plásticos			
Papel y cartón			
Desecho vegetal			
Total de orgánicos			
Misceláneos			
Vidrio			
Metales			
Total de inorgánicos			
OTROS			
Total de desechos			

APÉNDICE 2.

DETERMINACIÓN DE LA NORMALIDAD DE LA POBLACIÓN ESTUDIADA POR MEDIO DE LA PRUEBA DE GEARY.

Se pretende probar la hipótesis que indica que el porcentaje orgánico de los desechos sólidos residenciales presenta una distribución normal. Para esto se requiere una certeza del 95% por lo tanto, a continuación se muestran los porcentajes orgánicos obtenidos en observaciones que resultan de una prueba piloto de los desechos sólidos generados en 45 residencias durante una semana:

97.96	100.00	100.00	95.83	97.44
90.00	85.00	60.53	93.65	82.35
88.24	81.63	69.05	50.00	85.00
84.62	100.00	41.18	54.17	88.89
76.47	80.00	95.00	100.00	95.65
100.00	100.00	74.19	50.00	58.33
100.00	93.75	77.78	97.62	100.00
100.00	90.48	100.00	95.74	85.71
95.45	85.71	100.00	82.35	53.57

El valor del nivel de significancia es de $\alpha = 0.05$, por lo tanto $\alpha/2 = 0.025$. Así, la hipótesis se rechaza si el valor del estadístico Z se encuentre fuera del intervalo $-Z_{\alpha/2} < Z < Z_{\alpha/2}$, el cual es igual a $-1.96 < Z < 1.96$.

$$n = 45 \quad \pi/2 = 1.5708 \quad \alpha = 0.05 \quad \bar{Y} = 85.19\% \quad \sigma = 16.45\%$$

$$\sum_{i=1}^{45} |y - \bar{Y}| / n = 12.76\%$$

$$\sum_{i=1}^{45} (y - \bar{Y})^2 / n = 264.66\%$$

$$U = \frac{\sqrt{(\pi/2) * \sum_{i=1}^{45} |y - \bar{Y}| / n}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{45} (y - \bar{Y})^2 / n}} = \frac{\sqrt{(1.5708) * 12.76\%}}{\sqrt{264.66\%}} = 0.9830$$

$$\frac{\sqrt{(\pi/2) * \sum_{i=1}^{45} |y - \bar{Y}| / n}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{45} (y - \bar{Y})^2 / n}} = \frac{\sqrt{(1.5708) * 12.76\%}}{\sqrt{264.66\%}} = 0.9830$$

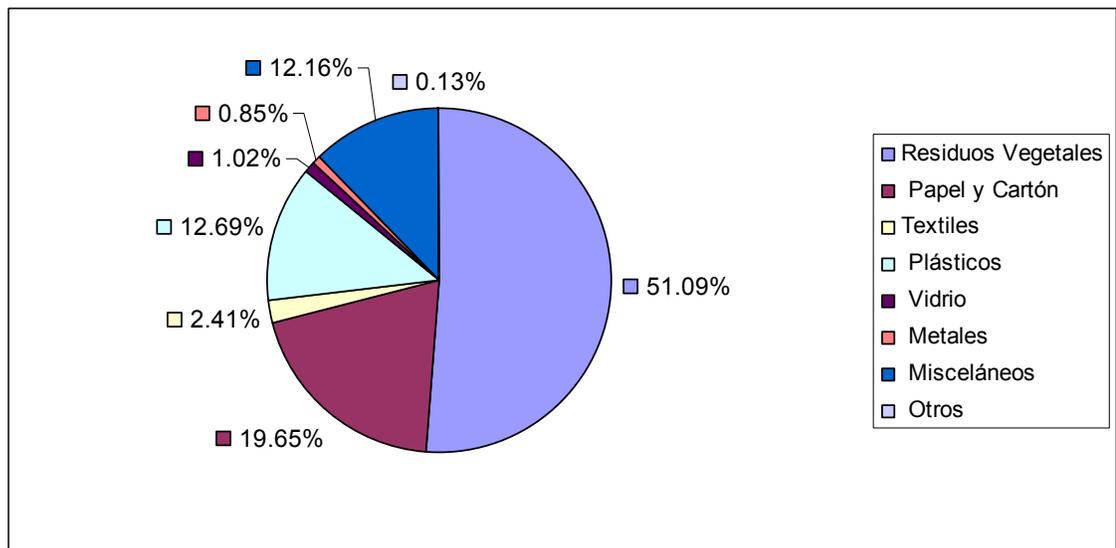
$$Z = \frac{U - 1}{\sigma / \sqrt{n}} = \frac{0.9830 - 1}{0.1645 / \sqrt{45}} = -0.6932$$

Como el valor de Z está incluido dentro del intervalo indicado anteriormente se concluye que la hipótesis no se rechaza, y por ello no hay razón para dudar la normalidad de los datos.

APÉNDICE 3.

GRÁFICAS RESULTANTES DEL ESTUDIO DE CAMPO REALIZADO.

Figura 10. Composición de los desechos sólidos residenciales generados.



En el gráfico anterior se entiende que el 51.09% de los desechos sólidos residenciales esta compuesto por residuos vegetales. El 19.65% esta compuesto por papel y cartón. El 12.69% esta compuestos por productos plásticos. Los desechos del tipo misceláneos conforman un 12.16% y el caso del vidrio, metales, textites y otros representan casi un 5%.

Figura 11. Porcentajes de orgánicos e inorgánicos de los desechos sólidos residenciales generados.

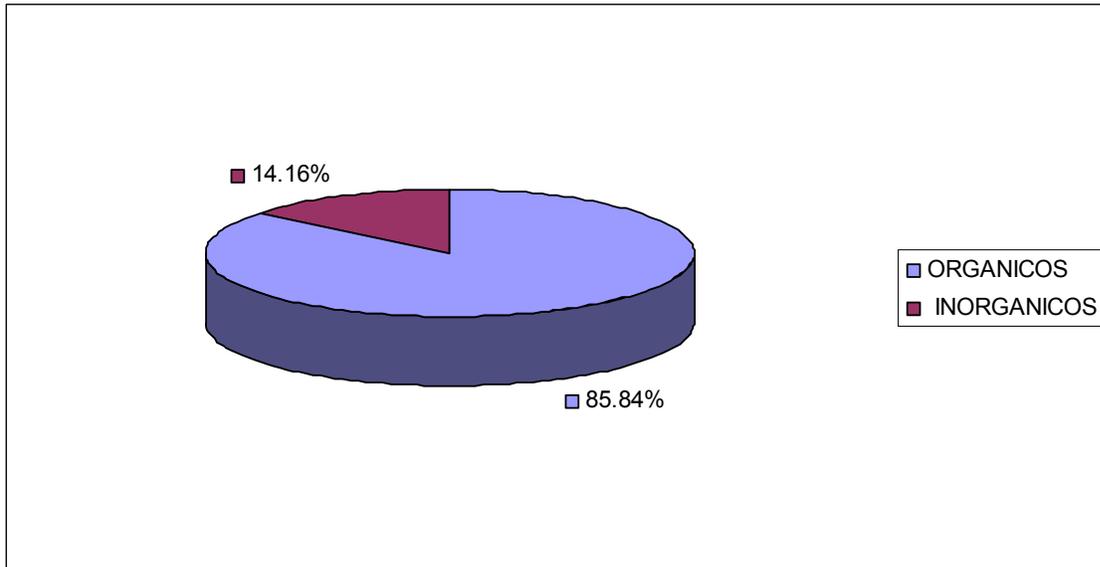


Figura 12. Tasa de generación por semana.

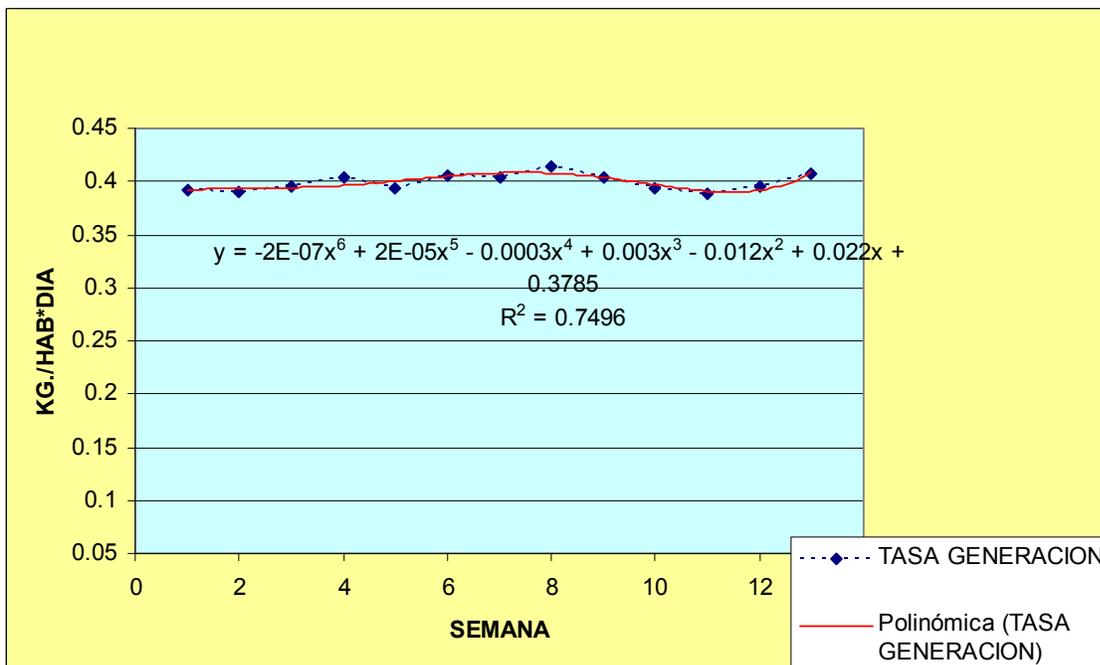


Figura 13. Peso diario de cada tipo de desecho.

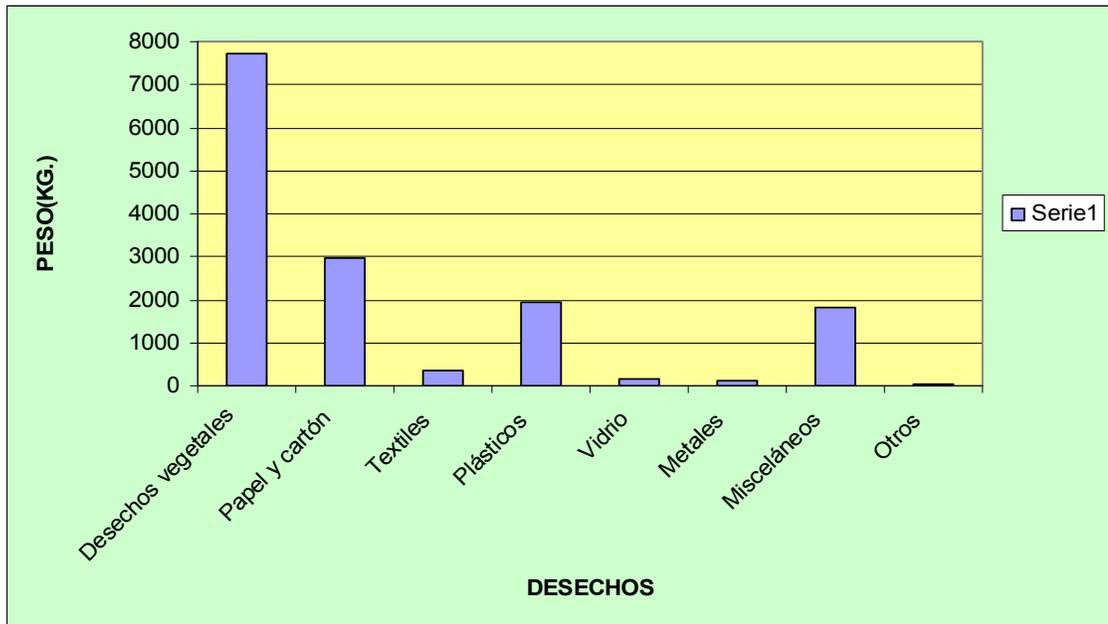


Figura 14. Peso diario de cada tipo de desecho.

