



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

**PROPUESTA DE UN PLAN DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS  
SÓLIDOS Y ASEO URBANO EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS,  
CHIQUMULA**

**DENNIS ALEXANDER MEJÍA DUARTE**

**Asesorado por Ing. Erwin Fernando Meyer Cabrera**

**GUATEMALA, OCTUBRE DE 2004**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS  
SÓLIDOS Y ASEO URBANO EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS,  
CHIQUMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**DENNIS ALEXANDER MEJÍA DUARTE**

ASESORADO POR EL ING. ERWIN FERNANDO MEYER CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2004

# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÒMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL 1º.	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL 2º.	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL 3º.	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL 4º.	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL 5º.	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez
EXAMINADOR	Inga. Mayra Saadeth Arreaza Martínez
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **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 DE UN PLAN DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS Y ASEO URBANO EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS, CHIQUMULA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería de Mecánica Industrial con fecha octubre de 2002.

---

Dennis Alexander Mejía Duarte

## **AGRADECIMIENTO A**

Ing. Fernando Meyer Cabrera	Por la asesoría al presente trabajo de graduación.
Ing. Isis Oneida Mejía D.	Sin su valiosa ayuda no hubiera sido posible la culminación del presente trabajo de graduación.
Licda. Gladys Pacheco C.	Con cariño inmenso, pues la considero parte de mi éxito.
Licda. Rosalina Pacheco L.	Por la ayuda desinteresada que me brindó al realizar el presente trabajo de graduación.
Ing. Julián A. Duarte J.	Por su ayuda y apoyo moral.
Reina Isabel Pacheco	Por su amistad, colaboración y el apoyo que me brinda.
Todas las personas	Que de una u otra manera colaboraron en la realización del presente trabajo de graduación.

## **ACTO QUE DEDICO**

A Dios todo poderoso	Creador supremo y luz en mi vida.
A mis padres	Rafael Antonio Mejía Palao, Maria Olivia Duarte de Mejía. Con inmenso amor y en reconocimiento a su esfuerzo y entrega.
A mis hermanos	Isis Oneida Mejía Duarte, Josué Rafael Mejía Duarte. Por su incondicional apoyo y cariño.
A mis abuelitas	Isabel Maria Jiménez, Francisca Palao. Por sus consejos y oraciones.
A toda mi familia	Para que los lazos de amor fraternal nos sigan uniendo; gracias por su apoyo.
A la familia Calderón E.	En especial a Carlos Humberto Calderón Estrada, por su apoyo y amistad sin límite.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>IX</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIV</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>1. DESECHOS SÓLIDOS .....</b>	<b>1</b>
1.1 Características de los desechos sólidos. ....	1
1.1.1 Qué son los desechos sólidos. ....	1
1.1.2 Generación de desechos sólidos.....	3
1.1.2.1 Clasificación de los desechos sólidos.....	4
1.2 Aspectos cuantitativos de la producción de desechos sólidos a nivel general. ....	5
1.2.1 Producción de desechos sólidos. ....	5
1.2.2 Composición de los desechos sólidos.....	7
1.2.3 Características de los desechos sólidos.....	10
1.2.4 Determinación de la cantidad de desechos sólidos urbanos.....	13
1.2.4.1 Evolución de la población.....	13
1.2.4.2 Composición de los desechos generados.....	15
1.2.4.3 Cantidad de desechos generados .....	16
1.3 Gestión de desechos sólidos urbanos.....	17
1.3.1 Pre-recogida.....	17
1.3.2 Recogida y transporte .....	21
1.3.2.1 Vehículos de recogida .....	23
1.3.2.2 Sistema de recogida .....	25
1.3.3 Tratamiento. ....	26
1.3.3.1 Vertido controlado.....	26
1.3.3.2 Incineración.....	32
1.3.3.3 Reciclado .....	35

1.3.3.4 Compostaje.....	37
1.4 Gestión de los desechos especiales.....	40
1.4.1 Residuos hospitalarios.....	40
1.4.1.1 Pre-recogida.....	44
1.4.1.2 Recogida .....	45
1.4.1.3 Transporte .....	46
1.4.1.4 Tratamiento.....	48
1.4.2 Escombros o desechos inertes.....	49
1.4.3 Muebles y enseres inservibles.....	50
1.4.4 Vehículos abandonados.....	52
1.5 Datos orientativos económicos.....	53
<b>2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL SOBRE LOS</b>	
<b>RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE ESQUIPULAS (CHIQUMULA) ..</b>	<b>55</b>
2.1 Análisis de la situación actual.....	55
2.1.1 Basureros .....	56
2.1.1.1 Basureros no autorizados.....	56
2.1.1.2 Basureros autorizados municipales .....	57
2.1.2 Situación actual de ingresos y costes del servicio de recolección ..	
de áreas públicas y domiciliarias.....	57
2.1.3 Peso y volumen de basura recolectada por el servicio actual	
para áreas públicas.....	59
2.1.4 Peso y volumen de basura recolectada por el servicio	
actual domiciliario.....	60
2.1.5 Información adicional sobre el servicio existente.....	61
2.1.5.1 Recolección .....	61
2.1.5.2 Transporte.....	64
2.1.5.3 Disposición final .....	64
2.2 Características generales del municipio.....	65
2.2.1 Aspectos geográficos, topográficos y climatológicos.....	65
2.2.2 Población, número de viviendas y tasa de crecimiento.....	66
2.2.3 Servicios públicos existentes.....	68
2.3 Análisis de reglamentos y leyes existentes sobre el tema.....	69

2.3.1 Gubernamentales.....	69
2.3.2 Municipales.....	70
<b>3. DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO PÁRA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....</b>	<b>71</b>
3.1 Estudio de mercado del servicio de recolección.....	71
3.1.1 Análisis de la demanda.....	71
3.2 Análisis de la propuesta técnica.....	72
3.2.1 Localización del proyecto.....	72
3.2.2 Cobertura del proyecto.....	73
3.2.3 Identificación de los usuarios.....	73
3.2.4 Categorías de tarifas.....	73
3.2.5 Disposición a pagar.....	75
3.3 Aspectos del servicio de recolección en áreas públicas.....	75
3.3.1 Peso y volumen de basura a recolectar en áreas públicas.....	75
3.3.2 Calendario de barrido de áreas públicas.....	76
3.3.3 Horario de transporte del servicio de áreas públicas.....	77
3.3.4 Transporte de residuos del servicio de áreas públicas.....	78
3.3.5 Receptáculos utilizados en la recolección.....	79
3.3.5.1 Mercados.....	79
3.3.5.2 Parques.....	80
3.3.5.3 Vías públicas.....	80
3.4 Aspectos del servicio de recolección domiciliario y comercial.....	81
3.4.1 Peso y volumen de basura a recolectar por el servicio domiciliar. ...	81
3.4.2 Rutas domiciliarias.....	82
3.4.3 Rutas comerciales.....	83
3.4.4 Cobro de las cuotas.....	84
3.4.5 Tarifa domiciliaria.....	84
3.5 Residuos hospitalarios.....	84
3.6 Organización administrativa.....	85
3.6.1 Personal.....	85
3.6.2 Tamaño de la cuadrilla.....	86
3.6.3 Tipo y tamaño de los vehículos a utilizar.....	87

3.7 Disposición final de los residuos sólidos.....	89
3.7.1 Relleno sanitario.....	89
3.7.1.1 Selección del sitio .....	89
3.7.1.2 Operación técnica.....	90
3.7.1.3 Organización administrativa .....	92
3.7.1.4. Costos del relleno sanitario .....	93
3.7.1.5 Ventajas del relleno sanitario.....	93
3.8 Propuesta de reglamento para la administración, operación y mantenimiento del servicio municipal de recolección de basura de Esquipulas, Chiquimula. ....	94
<b>4. ASPECTOS DE PARTICIPACIÓN SOCIAL EN EDUCACIÓN</b>	
<b>    AMBIENTAL.....</b>	<b>105</b>
4.1 Aspectos generales.....	105
4.1.1 Objetivos de la educación ambiental. ....	105
4.1.2 Principios de la educación ambiental. ....	106
4.1.3 Persona encargada de la educación ambiental.....	107
4.2 Programas de educación ambiental.....	108
4.2.1 Lineamientos de un programa ambiental. ....	108
4.3 Propuesta de educación ambiental.....	108
4.3.1 Consideraciones al escoger una estrategia.....	109
4.3.2 Estrategias comúnmente usadas. ....	109
4.3.2.1 Programas de extensión .....	109
4.3.2.2 Programas escolares.....	110
4.3.2.3 Medios de comunicación (televisión y radio).....	112
4.3.2.4 Materiales impresos especiales .....	113
<b>5. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO.....</b>	<b>117</b>
5.1 Costo de inversión (presupuesto de inversión inicial).. ....	117
5.2 Costo de operación y mantenimiento.....	121
5.3 Proyección de ingresos.....	124
5.4 Aspectos financieros de la municipalidad. ....	125
5.5 Opciones de financiamiento.....	125
5.6 Relación beneficio / costo. ....	126

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>133</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>135</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>137</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Sectorización de áreas para la recolección de desechos.....	138
2. Sectorización de áreas, ciudad de Esquipulas.....	139
3. Insuficiencia infraestructural para la captación de desechos.....	140
4. Mala disposición de desechos por la ciudadanía en general.....	140
5. Mala disposición de desechos por la ciudadanía en general.....	141
6. Carencia de programas enfocados a la clasificación de desechos desde su fuente generadora.....	141
7. Problemas sin solución.....	142
8. Basureros ubicados en terrenos baldíos.....	142
9. Sistema actual de recolección de desechos. No se practica ningún tipo de segregación.....	143
10. Situación actual, problema sin solución.....	143
11. Impacto ambiental de los desechos sólidos (suelo, agua, aire, tierra, etc.).....	144
12. Contaminación causada por la mala disposición final de los desechos sólidos.....	144
13. Proceso para el reciclaje de desechos desde su fuente hasta su transformación.....	145
14. Ciclo para desechos aprovechables y no aprovechables.....	146
15. Captación selectiva de desechos domiciliarios.....	147

## TABLAS

I. Distribución típica de componentes en los desechos sólidos urbanos para países bajos, medianos y altos ingresos.....	8
II. Clasificación de los desechos sólidos recolectados en la capital de Guatemala.....	9
III. Composición de los desechos sólidos.....	10
IV. Peso específico y contenidos en humedad para residuos domésticos, comerciales, industriales y agrícolas.....	12
V. Composición de los desechos sólidos urbanos del área metropolitana de Guatemala en el año de 1995.....	15
VI. Composición de los desechos sólidos domiciliarios generados en la región metropolitana en 1998.....	16
VII. Volumen de desechos sólidos, cobertura de recolección y tipo de eliminación en las capitales de Centro América.....	17
VIII. Factores importantes que hay que tomar en cuenta en el diseño de un vertedero.....	30
IX. Necesidades típicas de maquinaria para vertederos sanitarios controlados.....	32
.....	
X. Cuadro de estimación de los costes de inversión para la instalación de desechos sólidos urbanos en España.....	53
XI. Cuadro de Costes de Explotación de la gestión de desechos sólidos urbanos.....	54
XII. Presupuesto de costes servicio municipal.....	58
XIII. Composición de los desechos sólidos domiciliarios y comerciales.....	62
XIV. Turistas que visitan la ciudad de Esquipulas.....	63
XV. Número de viviendas, comercios e instituciones en Esquipula.	64

XVI. Población aproximada de las aldeas del municipio de Esquipulas.....	67
.....	
XVII. Población urbana y viviendas 1994 – 2005, en Esquipulas, Chiquimula.....	68
XVIII. Depósitos y recipientes para mercados, parques y vías publicas.....	80
XIX. Equipo y herramientas para la recolección domiciliar institucional en el primer año de operación.....	86
XX. Inversión de activos fijos.....	117
XXI. Resumen de mano de obra para la recolección, barrido y transporte.....	118
XXII. Resumen de herramientas para la recolección barrido y transporte.....	120
XXIII. Presupuesto de costes servicio municipal.....	121
XXIV. Presupuesto de funcionamiento.....	123
XXV. Proyección de ingresos.....	124

## LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

	<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
>		Mayor que
<		Menor que
°C		Grados centígrados
Q		Quetzales
"		Segundos
≈		Aproximadamente
t		Tonelada
Kg.		Kilogramo estadounidense
m		Metro
h/d		Horas diarias
Mm		Milímetro

## GLOSARIO

- Advenimiento** Llegada o venida, sobre todo si es esperada.
- Aleaciones no ferrosas** Mezcla de dos materiales que no están constituidos por hierro, utilizadas principalmente por su ligereza, durabilidad por deformación, resistencia a la corrosión y por su precio relativamente bajo, ejemplo aluminio.
- Biomasa** Conjunto de productos obtenidos por fotosíntesis, susceptibles de ser transformados en combustible útil para el hombre. Abreviatura de masa biológica, cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre o por organismos de un tipo específico. El fenómeno es utilizado con mayor frecuencia en las discusiones relativas a la energía de biomasa, es decir, al combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de recursos biológicos.
- Catéter** Sonda o aguja en el interior de una estructura vascular o cavidad, comunicándola con el exterior.
- Citostáticos** Medicamentos que inhibe el desarrollo y multiplicación de una célula, de distinta naturaleza química, utilizados preferentemente pero no exclusivamente en el tratamiento de enfermedades neoplásicas. Se puede utilizar como terapia única o asociados a otras medidas como son cirugía, radioterapia. Es de gran peligro toxicológico que pueden afectar al manipulador, al enfermo y al medio. Ya que están diseñados para originar la muerte celular, sin diferencia entre células sanas o cancerosas.

<b>Combustión</b>	Proceso de combinación entre partículas de hidrógeno y carbono contenidas en los combustibles hidrocarburos y el oxígeno obtenido en el aire, esta combinación la realizan de manera controlada unos dispositivos llamados quemadores.
<b>Complejo</b>	Que se compone de elementos diversos. Complicado, difícil.
<b>Congruente</b>	Conveniente oportuno.
<b>Desecho sólido</b>	Todo bien mueble destinado por su propietario a ser abandonado. Residuos, desperdicio.
<b>Diálisis</b>	Separación de los cristaloides y coloides contenidos en una mezcla o solución.
<b>Digestor</b>	Aparato que sirve para extraer las partes solubles de un cuerpo. Estanque u otro recipiente destinado al almacenamiento y a la descomposición aeróbica o anaeróbica de la materia orgánica de un cuerpo.
<b>Embalaje</b>	Embalsar; cubierta con que se resguarda los objetos que han de transformarse.
<b>Escoria</b>	Cosa vil, desechada. Residuo impuro formado fundamentalmente por calcio, hierro, aluminio y silicato de magnesio con algún contenido de cobre residual.
<b>Estanqueidad</b>	Que no hace aguas por sus costuras.

<b>Estequiometría</b>	Estudio de las relaciones numéricas con que reaccionan químicamente las sustancias.
<b>Heterogéneo</b>	Compuesto de partes de diversa naturaleza.
<b>Homogéneo</b>	Formado por elementos de igual naturaleza.
<b>Humus</b>	Mantillo (parte del suelo) que queda después que los hongos han descompuesto la parte orgánica de un cuerpo.
<b>Inerte</b>	Que no tiene inercia, sin movimiento.
<b>Lixiviar</b>	Separar por medio del agua y otro disolvente.
<b>Mampostería</b>	Obra hecha de piedras pequeñas unidas con mezcla de cal, arena y agua.
<b>Oligoelemento</b>	Sustancia indispensable para el organismo vivo y que se halla en muy pequeñas cantidades.
<b>Patología</b>	Parte de la medicina que tiene por objeto el estudio de las enfermedades.
<b>Pepenadores</b>	Persona que recoge desperdicios del suelo o que rebusca entre la basura.
<b>Pirolisis</b>	Descomposición química que se obtiene por acción del calor.
<b>Polietileno</b>	Polímero termoplástico del etileno sólido y traslucido.

**Putrescible**      Que se pudre o puede pudrirse fácilmente.

**Tara**              Parte de peso que se rebaja por razones de embalaje.

## RESUMEN

En la actualidad la generación, manejo y tratamiento de los desechos sólidos es un problema que no solo afecta a las grandes ciudad, sino también a las pequeñas, pues cuanto más crece la población de estas, más desechos sólidos se generan llamados basura (residuos de alimentos putrescibles o biodegradables o sólidos no putrescibles), los desechos incluyen diversos materiales que pueden ser combustibles (papel, plásticos, textiles) o no combustibles (vidrio, metal, mampostería) lo que hace que las entidades encargadas de este problema tengan que estar en continuo mejoramiento de sus métodos de manejo y disposición final de los desechos sólidos.

Esquipulas no es la excepción a este problema, ya que cuenta con un método de manejo de desechos sólidos bastante ineficiente, lo que provoca que aparezcan basureros clandestinos incontrolados en los alrededores de la ciudad que contaminan el ambiente, provocando daños a la salud de sus habitantes y deterioro del ornato. Actualmente el manejo de los desechos sólidos presenta un déficit a la municipalidad de Esquipulas, lo que hace más difícil mejorar la recolección y manejo de los desechos sólidos que se producen hoy en día.

El problema actual reside en que las rutas del camión recolector no están definidas, lo que hace que las personas al tener acumulada demasiada basura obtén por arrojarla a los lotes baldíos, puentes y calles, además al no ser obligatorio el sistema de recolección de basura para toda el área urbana algunas viviendas lo utilizan y otras no, y al no contar la municipalidad con un plan de barrido de calles y avenidas, la basura permanece allí hasta que las personas la vuelven a recoger, lo que ocasiona que la misma basura se este recogiendo y volviéndola a botar en las calles.

Además que no se cuente con recipientes de basura en las calles o avenidas por lo que los vecinos y turistas al tener basura en sus manos y no tener donde depositarla optan por arrojarla a la calle. Esquipulas es un municipio en el cual el volumen de desechos sólidos producido alcanza las 11 toneladas lineales en las casas y 7.5 en las calles y avenidas lo que hace necesario crear un plan que ayude a controlar y manejar la cantidad de desechos sólidos que se están produciendo y evite que las calles, avenidas, parques, terrenos baldíos y riberas de ríos se conviertan en basureros incontrolados, que vengán a afectar el ornato y la salud de los habitantes y visitantes de esta ciudad.

Es por esto que se ha elaborado la presente propuesta de un plan de recolección de desechos sólidos y aseo urbano para el municipio de Esquipulas, donde se plantea la solución a los problemas que actualmente enfrenta el área urbana, creando para ello un sistema de recolección de desechos sólidos ordenado que cumpla con sus rutas y horarios asignados para evitar que la población tenga que almacenar demasiado tiempo su basura, así mismo se sugiere a la municipal de Esquipulas que se encargue del aseo de las área públicas, como lo son: calles, avenidas, parques, mercados, etc. y la ubicación estratégica de recipientes o basureros en todo la zona central que vendrá a evitar que se arroje basura en las calles, jardines, etc.

Se propone la creación de un Plan de Educación Ambiental, el cual debe ir dirigido a todas los habitantes y peregrinos del municipio en donde se les debe hacer conciencia del adecuado manejo de los desechos sólidos que producen, y los beneficios que se obtienen al colocarlos en los lugares asignados, enseñándoles que se debe hacer uso del Sistema Recolector de Basura y dirigir una campaña publicitaria a todos para que no se continúe arrojando la basura en las calles, terrenos baldíos, etc.

Implementar la presente propuesta, representará un beneficio económico-financiero para la municipalidad de Esquipulas, pues podrá determinar que es autofinanciable y no tendrán que subsidiarla como al actual sistema de manejo de desechos sólidos. Además representará un beneficio social, ya que se pretende presentar al turismo una ciudad más limpia, lo cual traerá más ingresos económicos a las familias esquipultecas cuyo sostén principal es el turismo.

## OBJETIVOS

- **General**

Proporcionar información técnica a la municipalidad de Esquipulas en sus acciones para resolver el problema del manejo de los desechos sólidos en el ámbito urbano, con el objeto de cambiar la actitud de la población respecto de éstos, para mejorar su recolección, utilización y disposición final, lográndose de esta manera una ciudad más limpia, sana y ordenada.

- **Específicos**

1. Establecer un plan de limpieza de las calles de la ciudad.
2. Mejorar el sistema de recolección y transporte de la basura domiciliar y pública en toda el área urbana de la ciudad.
3. Colocar basureros en las áreas de más concurrencia de personas dentro de la ciudad.
4. Eliminar los basureros clandestinos existentes en la ciudad de Esquipulas.
5. Implantar una campaña de concientización a los habitantes de Esquipulas a través de los medios de comunicación local y vallas publicitarias, para el mejor manejo de los desechos sólidos.
6. Proporcionar información económico-financiera a la municipalidad de Esquipulas, para el manejo de los desechos sólidos.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis se origina en la aplicación de las técnicas administrativas de la ingeniería industrial, para estudiar, analizar y proponer soluciones a los diversos problemas de contaminación y degradación ambiental, producidos por el mal manejo técnico de los desechos sólidos y el aseo urbano del municipio de Esquipulas, Chiquimula, lo que provoca una proliferación de botaderos de basura no autorizados e incontrolados que afectan considerablemente a la población en general.

De esta forma nace el deseo de proporcionar una propuesta de un plan de recolección, manejo y disposición final de los desechos, producidos en lugares públicos y domiciliarios del área urbana de Esquipulas, en la cual se detecta la magnitud y la naturaleza de la problemática de los desechos sólidos, evidenciándose las causas y efectos, que repercuten notablemente en el deterioro del entorno ecológico y las condiciones de vida de los habitantes de este municipio.

De allí que, desde el momento de su generación en las viviendas, comercio, industrias, etc., pasando por el almacenamiento, la recolección, el transporte y la disposición final, se requiera que las operaciones sean eficientes en el menor tiempo posible, para evitar la contaminación y la alta inversión que se requiere.

En el primer capítulo, se hace referencia a los aspectos teóricos de los desechos sólidos, características, generación, clasificación, composición y cantidad generados; así como la gestión de desechos sólidos urbanos que incluye la prerecogida, la recogida, transporte y el tratamiento final, ideal para todo el tipo de desechos sólidos que producimos diariamente.

En el segundo capítulo, se describe la situación actual sobre los desechos sólidos urbanos de la ciudad de Esquipulas, para tener una referencia de la generación y manejo de los mismo, procediéndose a analizarlos para determinar sus características, composición y cantidad generada, determinando la magnitud del problema de los desechos sólidos en este municipio y así proponer una solución adecuada.

En el tercer capítulo, se propone la solución adecuada para la problemática del manejo de los desechos sólidos del área urbana del municipio de Esquipulas, determinándose el plan de trabajo a implementar para mejorar, la recolección, transporte y disposición final de éstos.

En el cuarto capítulo, se presentan los aspectos más importantes para lograr la participación de las personas del área urbana de Esquipulas, en el manejo de los desechos sólidos, además se propone un programa de educación ambiental que permita cambiar la actitud de la población respecto al problema de los desechos sólidos.

En el quinto capítulo, se hace un análisis sobre los costos de inversión, operación y mantenimiento, requeridos para el funcionamiento del proyecto; las distintas opciones de financiamiento a los cuales se puede recurrir, tomando en cuenta todos los elementos económicos - financieros para obtener los beneficios esperados.

# **1. DESECHOS SÓLIDOS**

En su sentido más amplio, el término desechos o residuos sólidos incluyen todos los materiales sólidos desechados de actividades municipales, industriales o agrícolas. Sin embargo para la exposición que sigue, se entenderá por residuos o desechos sólidos sólo aquellos que son responsabilidad de un municipio y que usualmente son recolectados por él. Las áreas residenciales y comerciales, junto con ciertas operaciones industriales, son la fuente de estos residuos o desechos sólidos municipales.

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

## **1.1 Características de los desechos sólidos**

### **1.1.1 Qué son los desechos sólidos**

En términos generales, los desechos sólidos se definen como aquellos desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados porque ya no se van a utilizar y sus características de volumen se ven afectados por los siguientes factores que influyen en la composición de los residuos sólidos municipales:

- a. El clima. En áreas húmedas, el contenido de humedad de los residuos sólidos es comúnmente de 50%.

- b. La frecuencia de recolección. Las recolecciones más frecuentes tienden a aumentar la cantidad anual. Puesto que la cantidad de materiales orgánicos es relativamente constante, quizá con más recolecciones los residentes tienden a desechar más papel y escombros.
- c. El uso común de molinos domésticos para basura. Los molinos reducen, pero no eliminan los residuos de alimentos.
- d. Las costumbres sociales. Ciertas áreas étnicas consumen pocos alimentos de preparación rápida, por lo cual se producen menos residuos de papel y más alimento crudo.
- e. El ingreso per cápita. Las áreas de bajos ingresos producen menos residuos totales, aunque con un contenido alimenticio mayor.
- f. La aceptabilidad de alimentos empacados y de preparación rápida. En la ciudad de Guatemala y departamentos, el uso generalizado de los empaques ha aumentado el contenido de papel de los residuos sólidos.
- g. El grado de urbanización e industrialización del área. En virtud de la conversión en abono, el reciclaje y la recuperación que son posibles en áreas rurales y área de viviendas unifamiliares, los residuos sólidos de este tipo de fuentes pueden ser inferiores en cuanto a la cantidad y tener distintos componentes que los de áreas metropolitanas industrializadas y con viviendas multifamiliares.

### **1.1.2 Generación de desechos sólidos**

Hasta finales de la década de 1940 en el mundo, los residuos sólidos municipales consistían en cenizas de hornos quemadores de carbón y

residuos de alimentos. Los pocos materiales usados como metales y trapos, que eran recuperables, se recolectaban de manera informal por los pepenadores.

Con el desplazamiento de la floreciente población de los años cincuenta a las ciudades, la densidad de la población urbana aumentó, creció la popularidad de la calefacción con petróleo y gas natural, y la sociedad se hizo cada vez más industrializada. Las dos causas radicales de la creciente urgencia de los problemas que plantean los residuos sólidos son la urbanización y la industrialización. La primera, la afluencia de personas a las áreas metropolitanas afecta los hábitos de vida y en consecuencia las características de los residuos. Además, en virtud del mayor número de personas, las áreas que requieren recolección de residuos sólidos se han expandido y los predios destinados a la eliminación de los residuos están más lejos. La industrialización, debido a que genera productos de bajo costo y que ahorran trabajo, ha creado una sociedad “desechable”.

Durante los años sesenta y setenta apareció una profusión de productos nuevos. En el caso de latas, botellas, recipientes de plástico, aparatos, neumáticos y muchos otros artículos se consideraba que era más económico tirarlos que reciclarlos. La recuperación de materiales se ha hecho más difícil en virtud del uso de numerosos materiales sintéticos, plásticos ligados y aleaciones no ferrosas.

Los empaques de alimentos de preparación rápida, ferretería, artículos para el hogar y otras mercancías han creado un enorme conjunto de materiales fáciles de desechar. Los residuos sólidos aumentaron de manera significativa en cuanto a la cantidad y complejidad con el advenimiento de la sociedad “desechable” y el crecimiento de la industria de alimentos empacados y procesados. Desde luego, las regiones individuales pueden mostrar tendencias, proporciones y cualidades muy diferentes, y por ello los

estudios de los problemas de manejo de desechos sólidos deben tener como base escrutinios específicos de cada localidad.

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

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

#### **1.1.2.1 Clasificación de los desechos sólidos**

En el caso de los desechos sólidos municipales se aplican términos más específicos a los residuos de alimentos putrescibles (biodegradables), llamados basura, y a los desechos sólidos no putrescibles, los cuales se designan simplemente como desechos.

Los desechos incluyen diversos materiales, que pueden ser combustibles (papel, plásticos, textiles, etc.) o no combustibles (vidrio, metal, mampostería, etc.). La mayor parte de estos residuos se desechan con regularidad desde localidades específicas. Existen residuos, en ocasiones llamados especiales, como el cascajo de las construcciones (ripio), las hojas de los árboles y la basura callejera, los automóviles abandonados y también los aparatos viejos, que se recolectan a intervalos esporádicos en diferentes lugares.

En los componentes de los desechos sólidos municipales que hemos descrito no se incluyen muchos otros sólidos que no constituyen una responsabilidad municipal. Cosas tales como cenizas de plantas generadoras de electricidad alimentadas con carbón, lodos de plantas para el tratamiento de aguas municipales, residuos de predios de crianza de animales, desechos de minas y otros residuos sólidos industriales que pertenecen a esta categoría y requieren arreglos por separado para su eliminación.

Según Tchobanoglous et al. (1977), la porción municipal de los residuos sólidos totales generados representa sólo el 5%, pero es objeto de la máxima atención en virtud del efecto que su eliminación incorrecta puede tener en la salud pública y en el abasto de aguas tanto superficiales como subterráneas.

## **1.2 Aspectos cuantitativos de la producción de desechos sólidos a nivel general**

### **1.2.1 Producción de desechos sólidos**

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

- a. Del nivel de vida de la población; crece con éste en una proporción muy importante.
- b. De la época del año; para un número igual de habitantes, generalmente es mínima en verano.
- c. Del modo de vida de la población; está influenciada por la migración diaria entre el centro de la ciudad y la periferia.

- d. Del movimiento de la población durante los periodos de vacaciones, los fines de semana y los días de fiesta.
- e. Del clima; aumento de cenizas en el invierno, salvo que los medios de calefacción modernos (gas-oil, gas, electricidad) hayan sustituido a los tradicionales (carbón, madera).
- f. De los nuevos métodos de acondicionamiento de mercancías, con la tendencia actual de utilizar envases y embalajes sin retorno.

El conocimiento de la cantidad total de residuos recogidos en un núcleo urbano se obtiene a través de pesadas y, de los datos existentes.

En la región centroamericana los índices de producción por habitantes varían entre 0.2 a 0.5 kg/hab.día en áreas rurales y hasta 0.5 a 1.0 kg/hab.día en áreas urbanas, lo que nos arroja los siguientes datos para Guatemala:

- |                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| a. En zonas rurales | 73 a 182.5 kg/hab. año   |
| Equivalente a       | 0,20 a 0,50 kg/hab. día  |
| b. En zonas urbanas | 182.5 a 365 kg/hab. año  |
| Equivalente a       | 0,500 a 1,00 kg/hab. día |
| c. Media nacional   | 200.75 kg/hab. año       |
| Equivalente a       | 0,55 kg/hab. día         |

Se sabe que la cantidad de residuos recogidos cada día en una ciudad varía a lo largo de la semana. Estas variaciones son originadas, de una parte, por el modo de vida de la población (por ejemplo, ausencia de gran número de habitantes durante los fines de semana), y por otra parte, de la frecuencia de la recogida (ver tabla I).

Se observa que el lunes es el día que más residuos se recogen y ello es debido a que, en general, el domingo no funciona el servicio de recogida por ser el día de descanso del personal operario.

### **1.2.2 Composición de los desechos sólidos**

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

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

**Tabla I. Distribución típica de componentes en los desechos sólidos urbanos domésticos para países de bajos, medianos y altos ingresos, excluyendo materiales reciclados <sup>a, b</sup>**

COMPONENTE	PAÍSES DE BAJOS INGRESOS	PAÍSES DE MEDIADOS INGRESOS	PAÍSES DE ALTOS INGRESOS <sup>c</sup>
Orgánicos			
Residuos de comida	40 - 85 <sup>d</sup>	20 - 65	6 - 30
Papel	1 - 10	8 - 30	20 - 45
Cartón			5 - 15
Plásticos	1 - 5	2 - 6	2 - 8
Textiles	1 - 5	2 - 10	2 - 6
Goma	1 - 5	1 - 4	0 - 2
Cuero			0 - 2
Residuos de jardín	1 - 5	1 - 10	10 - 20
Madera			1 - 4
Misceláneos	-	-	-
Inorgánicos			
Vidrio	1 - 10	1 - 10	4 - 12
Latas de hojalata	-	-	2 - 8
Aluminio	1 - 5	1 - 5	0 - 1
Otros metales	-	-	1 - 4
Suciedad, cenizas, etc.	1 - 40	1 - 30	0 - 10

<sup>a</sup> Adaptado, en parte, de referencias

<sup>b</sup> Países de bajos ingresos: Ingresos / habitante de menos de 750 US\$ en 1990.

Países de medianos ingresos: ingresos / habitante entre 750 US\$ y 5000 US\$ en 1990.

Países de altos ingresos: ingresos / habitante de más de 5000 US\$ en 1990.

<sup>c</sup> Los países de altos ingresos están más industrializados.

<sup>d</sup> Los residuos de comida están compuestos mayoritariamente de residuos procedentes de la preparación de comidas (cáscaras de maíz, melón, plátano, etc.)

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

Los residuos sólidos urbanos están constituidos por un conjunto de materiales muy heterogéneos. Por ello se plantea la necesidad de reagrupar sus distintos componentes en categorías de cierta homogeneidad, cuyo número variará evidentemente según los objetivos que cada clasificación persiga.

Es frecuente englobar los distintos componentes en tres grandes grupos: inertes, fermentables y combustibles. Como inertes se consideran: metales, vidrio, restos de reparaciones domiciliarias, tierra, escorias y cenizas. Como fermentables se consideran los residuos orgánicos putrescibles (pan, pescado, conchas, paja y restos vegetales de alimentos). Como combustibles se consideran: papel, cartón, plásticos, madera, gomas, cueros, textiles y varios.

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

TIPOS DE DESECHOS	CANTIDAD DIARIA
Desechos domésticos	498 t/día
Desechos no domésticos	353 t/día
Desechos de construcción	558 t/día
<b>TOTAL RECOLECTADO</b>	<b>1409 t/día</b>

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

De lo anterior se puede determinar la composición de los desechos sólidos como se detalla a continuación:

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

COMPOSICIÓN	% TOTAL PRODUCIDO
Materia orgánica	52%
Papel y cartón	12%
Plástico	7%
Vidrio y lata	6%
Tierra, ripio y otros	23%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

Fuentes: Municipalidad de Guatemala, **Manual Ciudadano sobre desechos sólidos**, Greenpace, 1998. Pág. 11

### 1.2.3 Características de los desechos sólidos

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

La densidad, debido al carácter heterogéneo de los distintos componentes de las basuras, puede variar entre 100 y 200 kg/m<sup>3</sup>. En general se acepta que la densidad es siempre menor en los barrios céntricos, donde oficinas y comercios alternan con viviendas, mientras que crece en las zonas periféricas donde predominan las viviendas. Asimismo, la densidad varía en sentido inverso al nivel de vida, presentando los barrios residenciales las densidades más débiles. Las razones de estas

particularidades se encuentran en la utilización, cada día más generalizada, de embalajes sin retorno, ligeros y relativamente voluminosos, así como el descenso del uso de combustibles sólidos para la calefacción.

La cantidad de agua que contienen los residuos sólidos tiene una gran influencia sobre el poder calorífico útil de las basuras, así como en la transformación biológica de las materias fermentables. Son muy variables los factores que inciden en el porcentaje de agua contenida en los residuos sólidos urbanos:

- a. Contenido en orgánicos.
- b. Climatología de la región.
- c. Forma en que se presentan.
- d. Procedencia.

Los ensayos realizados sobre muestras de residuos sin compactar, indican que la humedad oscila entre 40 y 60% en peso. Esta variación depende principalmente del contenido en orgánicos fermentables presentándose así la máxima humedad en los residuos procedentes de mercados (70-80%) y mínima en los procedentes de áreas comerciales (10-20%) (ver tabla IV).

El parámetro más importante que nos ha de servir para la toma de decisión sobre el tratamiento de los residuos por incineración es, naturalmente, el poder calorífico inferior de los residuos sólidos.

La relación carbono / nitrógeno es un índice de gran importancia en los procesos de compostaje e indica la capacidad mineralizadora del nitrógeno. El intervalo óptimo para los procesos de transformación biológica se estima entre los 20 y 35, pues para valores inferiores, la pérdida de nitrógeno en

forma de amoníaco gaseoso es tan elevada que el compostaje de esta materia carece de interés.

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

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

Fuente: Tchobanoglous y otros. **Gestión integral de residuos**. Pág. 80

## 1.2.4 Determinación de la cantidad de desechos sólidos urbanos

### 1.2.4.1 Evolución de la población

Desde los días de las primeras sociedades primitivas, los seres humanos han utilizado los recursos de la tierra para obtener sus medios de supervivencia y en este proceso siempre han generado residuos que han evacuado de una manera u otra al medio ambiente. En tiempos remotos, las consecuencias de la evacuación de los residuos de la actividad humana no eran percibidas como un problema significativo, ya que la población era pequeña y la cantidad de terreno disponible para la asimilación de los

residuos era grande. En algunas sociedades agrícolas se realizaban prácticas de reciclaje y reutilización de nutrientes, incorporando la biomasa de los rastrojos agrícolas y otros desechos al suelo, mostrando una sabiduría en el uso y ahorro de energía que gran parte de la agricultura moderna desafortunadamente han perdido (aunque algunos agricultores tradicionales y orgánicos todavía lo hacen.)

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

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

La falta de conocimientos y de medidas sanitaria básicas permitió la dispersión de esta enfermedad y la convirtió en una plaga mortal conocida entonces como “la Muerte Negra”, que provocó la muerte de más de la mitad de la población de Europa a mediados del siglo XIV.

La acumulación creciente de desechos sólidos y la consecuente contaminación de los pozos y fuentes de agua, sumada a la ignorancia y falta de saneamiento básico, siguió provocando sucesivas epidemias en los países europeos durante los siglos XV al XVIII, produciendo altos índices de mortalidad que diezaban periódicamente a la población. Fue hasta el siglo XIX que las primeras medidas de salud pública fueron consideradas como una necesidad vital por las autoridades. Por primera vez, los funcionarios públicos se dieron cuenta de que los residuos de comida y otros

desperdicios tenían que ser recogidos y evacuados de una forma sanitaria, para controlar a los roedores, las moscas y otros vectores de enfermedades.

Se puede decir que desde los inicios de la civilización humana, nuestra especie ha dejado a su paso una estela de desechos, que son el residuo no utilizado de nuestras actividades de producción, distribución y consumo. La producción de desechos es una consecuencia propia y natural de la actividad del ser humano, la cual se ha incrementado paralelamente al desarrollo de nuestras capacidades y modalidades de producción y consumo. El acelerado proceso de urbanización, el crecimiento industrial y la modificación de los patrones de consumo, han causado un acelerado incremento en la generación de residuos sólidos por habitante.

Desdichadamente, no ha crecido proporcionalmente la conciencia ciudadana, el ejercicio de la responsabilidad individual ni las capacidades financieras y administrativas para dar una solución adecuada al problema del manejo del volumen cada vez más grande de desechos que producimos.

#### **1.2.4.2 Composición de los desechos generados**

En lo que sigue se ha contemplado la composición de los desechos sólidos urbanos en los distintos años, según lo indicado en las siguientes tablas.

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

DESECHOS	% TOTAL	TONELADAS/ DIARIAS	TONELADAS / AÑO
Materia orgánica	38%	532 t/día	194.180 t/año
Varios	20%	280 t/día	102.200 t/año
Cartón – papel	16%	224 t/día	81.760 t/año
Vidrio	8%	112 t/día	40.880 t/año
Metal magnético	7%	98 t/día	35.770 t/año
Plástico	6%	84 t/día	30.660 t/año
Metal no magnético	5%	70 t/día	25.550 t/año
TOTALES	100%	1,400 t/día	511.600 t/año

Fuente: Municipalidad de la ciudad de Guatemala, **Proyecto para la Recuperación y Eliminación de los Desechos Sólidos del Área Metropolitana de Guatemala**, Pág. 5

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

Estrato económico \ Tipo de Desecho	Alto	Medio Alto	Medio Bajo	Bajo
Materia orgánica	48.80	41.80	54.70	56.40
Papel y cartón	20.40	22.00	17.00	12.90
Esc, ceniza y lozas	4.90	5.80	6.10	7.60
Plásticos	12.10	11.50	8.60	8.10
Textiles y cueros	2.30	5.50	3.50	6.00
Metales	2.40	2.50	2.10	1.80
Vidrios	2.5	1.70	1.30	1.00
Huesos	0.5	0.50	0.60	0.40
Otros	6.10	8.70	6.10	5.80
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Fuente: CEPIS-OMS

#### 1.2.4.3 Cantidad de desechos generados

La producción de desechos en la región centroamericana varía entre 0.2 a 0.5 kilogramos por persona en áreas rurales y hasta 0.5 a 1.0 kilogramo por persona al día en áreas urbanas. Promediando, podemos estimar que Centro América junta produce alrededor de 16 mil toneladas métricas de desechos sólidos cada día. La tabla que se adjunta muestra el volumen de desechos sólidos, cobertura de recolección y tipo de eliminación en las capitales de Centroamérica.

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

CIUDAD Y AÑO DE ESTIMACION	TONELADAS POR DIA	PORCENTAJE DE RECOLECCION*	PRINCIPALES TIPO DE ELIMINACIÓN
Guatemala (1994)	1,500	65%	Relleno y vertedero a cielo abierto
San José (1994)	1,000	80%	Relleno y vertedero a cielo abierto
San Salvador (1994)	990	60%	Relleno y vertedero a cielo abierto
Panamá (1994)	930	50%	Relleno sanitario y verted. abierto
Managua (1994)	600	70%	Vertedero a cielo abierto
Tegucigalpa (1994)	550	70%	Vertedero a cielo abierto

\*Las cifras de producción y recolección son datos oficiales de las autoridades municipales de cada ciudad.

Fuente: NANITA-KENNET, Mila, Erwin, GARZONA et al. **Informe sobre el Análisis Comparativo de Riesgos de Centroamérica**. Volumen 1. Washington D.C.:CCAD-USAID-PRIDE.

### **1.3 Gestión de desechos sólidos urbanos**

Se entiende por gestión de residuos sólidos urbanos el conjunto de operaciones encaminadas a dar, a los residuos producidos en una zona, el destino global más adecuado desde el punto de vista medio ambiental y específicamente en la vertiente sanitaria, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, coste de tratamiento, posibilidades de recuperación, de comercialización y directrices administrativas en este campo.

La gestión de residuos comprende las fases de pre-recogida, recogida, transporte y tratamiento de los mismos.

#### **1.3.1 Pre-recogida**

Uno de los grandes problemas que presenta el servicio de recogida es la casi total anarquía que se observa por parte de los ciudadanos a la hora de depositar sus residuos para que los servicios municipales puedan retirarlos.

Es por ello, que cada Ayuntamiento debe establecer una serie de ordenanzas que contengan las prescripciones técnicas mínimas que

obliguen a presentar los residuos en las condiciones higiénicas más idóneas, y en las horas y lugares previamente establecidos. En la actualidad, los recipientes más utilizados para depositar los residuos sólidos urbanos al paso de los camiones de recogida son los siguientes:

- a) Bolsas o sacos desechables: Suelen ser de plástico y están provistos de una cinta para su cierre con lo que se evitan los malos olores y el derrame de residuos. Tienen la ventaja de que se suprime la operación de devolución de los contenedores a los domicilios y su correspondiente lavado. Si sus características técnicas de resistencia a la rotura no son las adecuadas, pueden romperse y su contenido ensuciará la calle. Además, presentan el riesgo de que el personal operario sufra lesiones con objetos cortantes o punzantes que vayan en su interior. La capacidad de estas bolsas o sacos varía entre 30 y 110 litros.
  
- b) Contenedores de dos ruedas: Es un nuevo tipo de cubo de basuras de concepción y diseño original. Se fabrican en polietileno inyectado de alta densidad y están equipados con los siguientes elementos: dos ruedas fijas, una tapa con bisagra y un sistema de enganche normalizado para la elevación y vaciado por parte de los camiones recolectores equipados con elevadores.

Este sistema, innovador y de probada eficacia, está imponiéndose rápidamente en los países desarrollados por sus características y ventajas indiscutibles, tales como:

- a) Maniobrabilidad: El sistema de ruedas hace más fácil el manejo y la manipulación de estos contenedores durante las operaciones de pre-recogida y recogida. Al permitir el vaciado automático, mejora considerablemente las condiciones de trabajo del personal operario.

b) Rapidez: Las operaciones de recogida son más rápidas y se realizan en buenas condiciones de higiene y seguridad. La gran capacidad de estos contenedores permiten espaciar las prestaciones del servicio de recogida.

c) Resistencia: Por su calidad y diseño, este tipo de contenedores resiste mejor las inclemencias del tiempo así como los daños que puedan ocasionar los animales. La distribución de los contenedores se debe realizar en función del tipo de edificio, número de viviendas, personas que lo habitan, residuos que generan diariamente, etc. Sin embargo, para optimizar el uso de estos contenedores es necesario que los camiones recolectores dispongan de equipo eleva contenedor y facilitar el sistema de mantenimiento y limpieza de los contenedores.

c) Contenedores de cuatro ruedas: Diseñados para recibir una mayor capacidad de carga, se fabrican tanto en polietileno inyectado de alta densidad como en chapa de acero galvanizado, y están equipados con los siguientes elementos:

a) Cuatro ruedas giratorias, dos de las cuales tienen un freno para inmovilizar el contenedor;

b) Dos asas, una a cada lado, para facilitar el movimiento del contenedor y servir como dispositivo de enganche para su volteo y vaciado en el camión.

c) Tapa con doble punto de agarre para su apertura y, a veces, con dispositivo de cierre retornable.

d) Tapón en el fondo para facilitar el vaciado o desagüe de líquidos.

Este tipo de contenedores presenta las mismas ventajas que los de dos ruedas, pero debido a su gran capacidad y peso, sólo pueden utilizarse cuando el servicio de recogida se realiza con camiones equipados con

eleva contenedores. Su distribución en los núcleos urbanos se realizará por urbanizaciones, barrios, etc. Es indispensable prever un sistema de mantenimiento y limpieza y para ello existen vehículos especiales equipados con un sistema de lavado automático. La capacidad de estos contenedores varía entre 600 y 1.100 litros.

- d) Contenedores de gran capacidad: pueden ser abiertos o cerrados, y en este caso van equipados con equipo auto compactador que permite una reducción de 2/3 del volumen de los residuos. Construidos con chapas de acero reforzadas por largueros del mismo material, disponen de puntos de enganche delanteros y traseros que permiten su carga en vehículos especiales que van equipados con elevadores tipo “ampiroll”, “cadenas”, etc., dadas las características de estos vehículos hay que prever su acceso a la plataforma en que están ubicados los contenedores.

Los contenedores abiertos sirven para depositar residuos voluminosos (somieres, electrodomésticos, muebles, etc.), así como escombros, embalajes y materiales diversos.

Los contenedores cerrados, que disponen de auto compactador, se utilizan en los grandes conjuntos de viviendas, mercados, hospitales e instalaciones similares, para depositar los residuos ordinarios y actúan como pequeñas estaciones de transferencia reduciéndose el número de transportes hasta los centros de tratamiento. La capacidad de estos contenedores varía entre 5 y 30 metros cúbicos.

- e) Contenedores para recogida selectiva: Estos contenedores pueden tener diversas formas y generalmente se fabrican en polietileno inyectado de alta densidad.

Están concebidos para recibir exclusivamente un solo tipo de residuo: vidrio, latas, cartones o papeles, plásticos etc. Esta situación

condiciona su instalación en sectores estratégicos de la ciudad, para favorecer la recogida selectiva de aquellos residuos que es interesante someter a procesos de recuperación.

El uso de estos contenedores favorece:

- a. La recuperación de materias primas para la industria
- b. La disminución de residuos a tratar
- c. La eliminación de materiales no deseados cuando los residuos van a someterse al proceso de compostaje.

### **1.3.2 Recogida y transporte**

Comprende el conjunto de operaciones de carga-transporte-descarga desde que los residuos son presentados hasta que son descargados, bien directamente en los puntos de tratamiento o en plantas de transferencia.

Representa esta fase de la Gestión entre un 60 y 80% de sus costes globales. Por su importancia económica debe ser estudiada con gran detalle, atendiendo entre otros a los siguientes parámetros:

- a. Frecuencia de la recogida: Dependiendo de las condiciones climáticas, grado de generación, área socio-económica, etc. Se establecerá la frecuencia de recogida de los residuos con periodicidad diaria, tres veces por semana, dos veces por semana o semanal. Los costes estarán en función de esta periodicidad.
- b. Horarios: Para poder alcanzar un mayor dinamismo del servicio se hace necesario elegir aquel horario en que exista menor intensidad de tráfico y que cree menores problemas por impacto ambiental. Las circunstancias apuntadas coinciden con horarios nocturnos. Los residuos sólidos de tipo

comercial se prestan mejor a una recogida diurna que debe coincidir con la de menos intensidad del tráfico.

- c. Equipos: Los equipos de recogida de residuos deberán elegirse teniendo en cuenta todos aquellos factores característicos de cada ciudad o área de recogida como son el tipo de residuos a recoger, capacidad del equipo, índice de comprensión, contaminación por ruidos, relación tara / carga, etc.
- d. Personal: Se dotarán los servicios de infraestructura técnica necesaria para alcanzar los mejores resultados tanto medioambientales como económicos. Se fijará el número de empleados por equipos y se delimitará el sector del cual son responsables. Se les proveerán de los medios necesarios para desarrollar su trabajo con la higiene y seguridad que la normativa dicte.
- e. Planificación: La recogida de residuos será planificada de forma detallada en cuanto a itinerarios a seguir, horarios, número de viajes a realizar, tipo de equipo más idóneo, recipientes adecuados, personal necesario y frecuencia.
- f. Medios económicos: La incidencia de la mano de obra, la amortización de equipos, mantenimiento y combustibles, son los capítulos que más influencia tienen en los costes de la recogida.

### **1.3.2.1 Vehículos de recogida**

Una vez que los residuos sólidos urbanos han sido depositados en los diversos tipos de recipientes antes descritos, ha de procederse a su carga en vehículos adecuados para transportarlos a los distintos centros de tratamiento.

Los principales vehículos utilizados en la operación de recogida y transporte de los residuos urbanos son los siguientes:

- a. Camión recolector con caja compactadora: Estos vehículos están equipados con una caja compactadora que dispone de una tolva para la carga de los residuos y un dispositivo de comprensión de los residuos. La caja compactadora suele estar construida con chapa de acero especial, de alta resistencia a la abrasión y a la corrosión, reforzada con vigas y tirantes de acero de gran resistencia y montada sobre un bastidor sumamente sólido.

Los camiones recolectores-compactadores pueden ir equipados con un elevador de contenedores que se adaptará a los diversos tipos normalizados de 2 ó 4 ruedas facilitando la recogida hermética. Este tipo de vehículo presenta las siguientes ventajas:

- a) Reducción del coste de transporte por tonelada
- b) Reducción del tiempo de recogida
- c) Al ser la caja hermética, se mejoran las condiciones higiénicas, estéticas y de seguridad del servicio prestado.

La capacidad normal de estos vehículos oscila entre 6 y 5 metros cúbicos, es decir de 2 a 13 toneladas de residuos.

- b. Camión recolector con caja cerrada sin compactación: Las características técnicas de la caja son similares a las correspondientes al vehículo anterior en lo referente a la corrosión y estanqueidad, pero no disponen de mecanismo compactador por lo que su capacidad de carga es más reducida. Suelen utilizarse en pequeños núcleos urbanos con poca generación de residuos, mientras que en ciudades de mayor entidad se emplean para la recogida de restos, arbolado y residuos de limpieza viaria.

- c. Camiones para contenedores de gran capacidad: Son vehículos especiales que van equipados con elevadores tipo “ampliroll”, “cadenas”, etc. Sistemas diseñados para poder levantar y depositar los grandes contenedores sobre el chasis del camión para su transporte al centro de tratamiento.
- d. Camiones de caja abierta: Este tipo de vehículos se suele utilizar en áreas rurales, donde el volumen de residuos es muy reducido y no se dispone de suficientes medios económicos para realizar un servicio adecuado. Al estar abierta la caja, si no se instala una lona o red, se vuelan los plásticos y papeles y, además, como la caja no suele tener la adecuada estanqueidad, se produce la pérdida de líquidos a lo largo de todo el recorrido, ensuciando las calles.

En las áreas urbanas, este tipo de camión suele utilizarse para la recogida de residuos voluminosos como somieres, electrodomésticos, muebles, etc.

- e. Otros tipos de vehículos: Dentro de este concepto se incluyen los carros, remolques, volquetes, etc. son movidos por tracción animal o tractores, generalmente se usan en el medio rural donde el volumen de residuos generados es muy pequeño. Este tipo de vehículos presenta iguales inconvenientes que los camiones de caja abierta pero, indiscutiblemente, están prestando un servicio a costes mínimos en áreas rurales de población muy dispersa.

### **1.3.2.2 Sistemas de recogida**

De la descripción y análisis de los distintos equipos utilizados en lo que, genéricamente, se entiende por recogida de residuos, puede decirse que hay una gran variedad de soluciones para realizar esta fase de la gestión de

residuos, siempre contando con la colaboración ciudadana. Sin embargo pueden resumirse en los siguientes tipos:

- a. Recogida domiciliaria, casa por casa, de las bolsas o cubos de basura: Es el sistema que apenas supone esfuerzo para las familias y locales afectados pero, sin embargo, requiere abundante mano de obra que encarece el coste del servicio.
- b. Recogida hermética, con contenedores de dos ruedas por edificio o grupo de viviendas: Sólo requiere que los usuarios coloquen los recipientes llenos en los lugares previamente fijados para que sean vaciados por el servicio de recogida. Este sistema reduce los tiempos de recorrido y por tanto los costes del servicio.
- c. Recogida mecanizada en contenedores de cuatro ruedas distribuidos por manzanas o grupos de viviendas: Supone un mayor esfuerzo de desplazamiento para el usuario y hay que disponer de espacio suficiente para la ubicación de los contenedores y fácil acceso a los mismos. Sin embargo, este sistema reduce mucho los tiempos de la operación de recogida aumentando el rendimiento de los operarios.

### **1.3.3 Tratamiento**

Se entiende por tratamiento de residuos el conjunto de operaciones encaminadas a su eliminación o al aprovechamiento de los recursos convertidos en ellos. Los sistemas actualmente más utilizados son el vertido controlado, la incineración, el reciclado y el compostaje. Hay que hacer constar que el vertido incontrolado no puede considerarse como sistema de tratamiento, sino como simple abandono.

### **1.3.3.1 Vertido controlado**

El vertido controlado consiste en la colocación de los residuos sobre el terreno extendiéndolos en capas de poco espesor y compactándolos para disminuir su volumen. Asimismo, se realiza su cubrición diaria con material adecuado para minimizar los riesgos de contaminación ambiental y para favorecer la transformación biológica de los materiales fermentables.

Las medidas preventivas y de control que han de tomarse son las que tienen como objetivos fundamentales:

- a. Limitar la producción de lixiviados.
- b. Recoger los lixiviados que se produzcan.
- c. Dar salida a los gases generados.
- d. Limitar los ruidos y olores.
- e. Evitar los suelos de plástico y papeles.
- f. Evitar la proliferación de roedores e insectos.
- g. Impedir la formación de polvo y humo.

La elección de un terreno adecuado para el emplazamiento del vertedero es de gran importancia. Debe estar a la distancia adecuada, tener capacidad suficiente para el periodo de proyecto, ser accesible desde la red general de carreteras sin ser visible para los transeúntes y, sobre todo, debe estar garantizada la preservación de las aguas superficiales y subterráneas contra la contaminación por lixiviados, lo que exige estudios hidrogeológicos de viabilidad.

Los tratamientos a que se someten los residuos en un vertedero controlado pueden ser:

- a. Compactación ligera y cubrición diaria.
- b. Compactación media y cubrición de mayor periodicidad.
- c. Compactación intensa y sin cubrición.

El primer tipo es el comúnmente usado cuando se dispone de material de cubrición en el propio vertedero o en sus inmediaciones aunque, para trabajos diarios importantes, hay cierta tendencia a aumentar el grado de compactación y espaciar la cubrición. La compactación intensa es necesaria cuando no hay posibilidad económica de obtener material inerte.

Para conseguir el grado de compactación necesario puede recurrirse a una trituración previa de las basuras o al empleo de maquinaria de compactación especial, de gran peso, que compacta y tritura los residuos al mismo tiempo.

Los vertederos controlados presentan frente a los otros sistemas de tratamiento las siguientes ventajas:

- a. Fácil implantación.
- b. Costes reducidos de instalación y funcionamiento.
- c. Escaso impacto ambiental, cuando su proyecto y gestión son correctos.
- d. Posibilidad de utilización, una vez clausurado, como campo de deportes, zona ajardinada, lugar de acampada, etc.

Como inconvenientes se pueden considerar:

- a. La necesidad de grandes superficies de terreno.
- b. Su ubicación alejada de los núcleos urbanos, con el consiguiente encarecimiento del transporte de los residuos.
- c. La imposibilidad de aprovechamiento de los recursos contenidos en las basuras.

En cualquier caso, hay que considerar que el vertido es un sistema complementario de cualquier otro tipo de tratamiento, puesto que todos producen rechazos que hay que eliminar.

Para el diseño de vertederos hay que tener en cuenta importantes factores (tabla VIII) y necesidades típicas de maquinaria (tabla IX), que se detallan a continuación:

**Tabla VIII. Factores importantes en el diseño de vertederos**

<b>Factores</b>	<b>Observaciones</b>
Acceso	Carreteras de acceso al vertedero pavimentadas para cualquier clima; carreteras temporales a las zonas de descarga
Área de terreno	El área debería ser suficientemente grande como para contener todos los residuos de una comunidad durante un mínimo de cinco años, pero preferiblemente 10 a 25 años; también deben incluirse zonas o franjas de separación.
Método de vertido	El método de vertido variará según el terreno y la cubrición disponible; los métodos más comunes son: celda/zanja excavada, área y cañón.
Características del vertedero lleno	Pendientes finales del vertedero, 3/1; altura de terraza, si se utiliza, 15 – 23 m; pendiente final de cubrición del vertedero, 3 – 6 por 100.
Drenaje superficial	Instalar conductos de drenaje para desviar la escorrentía superficial; mantener la pendiente en un 3 – 6 por 100 en la cubrición terminada del vertedero para prevenir el estancamiento; desarrollar un plan para desviar las aguas torrenciales de las porciones recubiertas, pero no utilizadas, del vertedero.
Material de cobertura intermedia	Maximizar el uso de los materiales del suelo local; también pueden utilizarse otros materiales como compost producido a partir de residuos de jardín y RSU para maximizar la capacidad del vertedero; las relaciones típicas residuos/cubrición varían desde 5 a 1 hasta 10 a 1.
Cobertura final	Utilizar un diseño multilaminar; pendiente de la cubrición final del vertedero, 3 – 6 por 100.
Recubrimiento del vertedero	Capa de arcilla sencilla (0,6 – 1,3 m) o diseño multilaminar incorporando el uso de una geomembrana. Pendiente transversal para los sistemas de recogida de lixiviados tipo terraza, 1 a 5 por 100; distancia máxima de flujo sobre terraza, 30 m; pendiente de los conductos de drenaje, 0,5 a 1,0 por 100. Pendiente para el sistema de recogida del lixiviado, tipo tubería 1 a 2 por 100; tamaño de la tubería perforada, 10 cm; espaciado de la tubería, 6 m.
Diseño y construcción de celdas	Los residuos diarios deberían formar una celda y cubrirse al final del día con 15 cm de suelo u otro material apto; anchura típica de celda, 3 – 9 m; altura típica de nivel, incluyendo cubrición intermedia, 3 – 4,2 m; pendiente de los frentes de trabajo, 2:1 hasta 3:1.
Protección de aguas subterráneas	Desviar cualquier manantial subterráneo; si se precisa, instalar drenajes perimétricos, sistema de pozos u otras medidas de control.
Gestión del gas del vertedero	Desarrollar un plan de gestión del gas del vertedero incluyendo pozos de extracción, sistema de recogida con cabecera, instalaciones para la recogida de condensado, instalaciones de extracción, instalaciones de quemado y/o instalaciones para la producción de energía. El vacío necesario, funcionando en la cabeza del pozo, 30 cm de agua.

(Continuación tabla VIII)

Factores importantes que hay que tener en cuenta en el diseño de vertederos

<b>Factores</b>	<b>Observaciones</b>
Recogida de lixiviado	Determinar las tasas de flujo máximas de lixiviados y elegir el tamaño de la tubería y/o zanjas de recogida de lixiviados; seleccionar el tamaño de las instalaciones para bombear el lixiviado; seleccionar materiales de la tubería de recogida para resistir las presiones estáticas correspondientes a la altura máxima del vertedero.
Tratamiento de lixiviados	Basándose en las cantidades estimadas de lixiviados y en las condiciones ambientales locales, seleccionar los procesos de tratamiento apropiados.
Requisitos ambientales	Instalaciones de supervisión de gas y líquido de la zona aireada; instalaciones de supervisión de aguas subterráneas pendiente arriba y abajo; localizar estaciones de supervisión del aire ambiental.
Requisitos de equipamiento	El número y el tipo de equipos variará según el tipo de vertedero y la capacidad del vertedero.
Prevención de incendios	Agua in situ; si no es potable, debe señalarse claramente en las salidas; la separación correcta de las celdas previene la expansión del incendio a través de los niveles.
Días y horas de explotación	La práctica normal es 5 a 6 días por semanas y 8 a 10 h/d.
Comunicaciones	Teléfono para emergencias.
Instalaciones para empleados	Cuartos de descanso y agua potable.
Mantenimiento de equipamiento	Debería proporcionarse una construcción cubierta para el mantenimiento de la zona de trabajo.
Control de la basura caída	Utilizar vallas móviles en las zonas de descarga; los operarios deben recoger las basuras caídas por lo menos una vez al mes o cuando sea necesario.
Plan de explotación	Con o sin la coevacuación de fangos de plantas de tratamiento y la recuperación de gas.
Archivos de explotación	Tonelaje, transacciones y facturación si se cobra una tarifa de evacuación.
Rebusca o triaje	No se puede ir buscando cosas en los residuos; si acaso debería producirse fuera de la zona de descarga.
Básculas	Esenciales para mantener archivos, si los camiones de recogida entregan residuos; capacidad hasta 48 t
Seguridad	Proporcionar portones con cerraduras y vallas; iluminación de zonas sensibles.
Esparcimiento y compactación	Esparcir y compactar los residuos en capas con un espesor menor de 0,6 m para lograr una compactación óptima.
Zona de descarga	Mantenerla pequeña, generalmente de menos de 30 metros de lado; operar zonas de descarga separadas para automóviles y camiones comerciales.

**Tabla IX. Necesidades típicas de maquinaria para vertederos sanitarios controlados**

Población estimada	Residuos diarios, t	Número	Tipo	Peso del equipamiento, kg	Accesorio <sup>a</sup>
<30.000	0 – 50	1	Tractor orugas	4.500 – 13.500	Hoja de empuje Pala frontal (0,75-1,5 m <sup>3</sup> ) Hoja para residuos
<50.000	50 – 150	1	Tractor orugas	13.500 – 27.000	Hoja de empuje Pala frontal (1,5-3 m <sup>3</sup> ) Empujador de cuchara Placa para residuos
<100.000	150 – 300	1 – 2	Tractor orugas	13.500 +	Placa de empuje Pala frontal (1,5-4 m <sup>3</sup> ) Empujador de cuchara Placa para residuos
		1	Pala de arrastre o draga <sup>b</sup>		
		1	Camión cisterna		
>100.000	300 <sup>c</sup>	1 – 2	Tractor orugas	21.000 +	Placa de empuje Pala frontal (1,5-4 m <sup>3</sup> ) Empujador de cuchara Placa para residuos
		1	Compactador con ruedas de acero		
		1	Pala de arrastre o draga <sup>b</sup>		
		1	Camión cisterna		
		- <sup>a</sup>	Nivelador de carreteras		

<sup>a</sup> Opcional, depende de necesidades individuales.

<sup>b</sup> La elección entre una pala de arrastre o una draga dependerá de las condiciones locales.

<sup>c</sup> Para cada incremento de 500 t hay que añadir una unidad más de cada pieza de equipamiento.

### 1.3.3.2 Incineración

La incineración es un proceso de combustión controlada que transforma la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en materiales inertes (cenizas) y gases. No es un sistema de eliminación total pues genera cenizas, escorias y gases, pero determina una importante reducción de peso y volumen de las basuras originales. La reducción en peso es aproximadamente del 70% y en volumen del 80% al 90% dependiendo, fundamentalmente, del contenido de fracciones combustibles e inertes.

Toda la planta incineradora de residuos urbanos debe estar proyectada para realizar las siguientes operaciones:

- a. Recepción, pesado y almacenamiento
- b. Alimentación y dosificación de hornos
- c. Extracción de cenizas y escorias

- d. Refrigeración de gases
- e. Tratamiento de los gases de combustión
- f. Transporte de escorias

Las distintas partes del incinerador deben cumplir una serie de requisitos mínimos para poder transformar los residuos en cenizas o escorias prácticamente inertes; para conseguir que los gases de combustión contengan la mínima cantidad de polvo; y para que el agua utilizada en el proceso no represente un peligro de contaminación.

La utilización del sistema de incineración para tratar los residuos sólidos urbanos presenta las siguientes ventajas:

- a. Escasa utilización de terrenos.
- b. Posibilidad de implantación cerca del núcleo urbano.
- c. Puede tratarse cualquier tipo de residuos si su poder calorífico es adecuado.
- d. Puede adecuarse para la eliminación de fangos de aguas residuales.
- e. Existe la posibilidad, para plantas de gran capacidad, de realizar una recuperación de energía.

Sin embargo existen también una serie de inconvenientes que generalmente son de tipo económico:

- a. Inversión alta de la instalación.
- b. Costes operacionales elevados.
- c. Escasa flexibilidad para adaptarse a variaciones estacionales que se producen en la generación de residuos.
- d. Técnica de explotación muy especializada.
- e. Exposición a paros y averías, por lo que precisa un sistema alternativo.
- f. Precisa, en mayor o menor grado, un aporte de energía exterior para su funcionamiento.

- g. No supone un sistema de eliminación total, precisando un vertedero para los rechazos.

Los problemas de contaminación atmosférica están resueltos, pero suponen importantes inversiones en sistemas de depuración de humos. También ha de considerarse el coste de tratamiento de las aguas residuales generadas por los residuos en la zona de almacenamiento y de las utilizadas en el enfriamiento de escorias.

Algunos de los factores que determinan o condicionan la implantación de un sistema de incineración son los siguientes:

- a. Volumen de residuos a incinerar
- b. Poder calorífico inferior de las basuras (PCI)
- c. Costes de inversión
- d. Gastos de explotación

El PCI es fundamental para estudiar la posibilidad de incineración. Un valor de 1000 kcal/kg es el límite mínimo para adoptar este sistema ya que permite la combustión de residuos en grandes incineradores sin necesidad de combustión adicional. La combustión de los residuos libera una cantidad de energía térmica que puede ser recuperada para usos como:

- a. Alimentación de una red de calefacción.
- b. Producción de agua caliente sanitaria.
- c. Producción de vapor para la industria.
- d. Producción de energía eléctrica por vapor de alta presión.
- e. Accionamiento de turbinas por medio de los gases de combustión.

El aprovechamiento para calefacción y agua caliente sanitaria no es frecuente por la gran variación estacional de la demanda y, sobre todo, por

el alto coste de la infraestructura precisa, por lo que normalmente se produce energía eléctrica mediante vapor.

Los parámetros que, en definitiva, deciden la adopción de incineradores con sistema de recuperación de energía son el poder calorífico de los residuos, la capacidad de la instalación y el precio de comercialización de la energía producida. La experiencia indica que este tipo de explotaciones no empieza a ser rentable más que a partir de una capacidad de tratamiento de 500 t/día.

### **1.3.3.3 Reciclado**

El reciclado es un proceso que tiene por objeto la recuperación de forma directa o indirecta de los componentes que contienen los residuos urbanos. Este sistema de tratamiento viene impuesto por el nuevo concepto de gestión de los residuos sólidos que debe tender a lograr los objetivos siguientes:

- a. Conservación o ahorro de energía
- b. Conservación o ahorro de recursos naturales
- c. Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar
- d. Protección del medio ambiente

El reciclado puede realizarse de dos formas. La primera consiste en la separación de los componentes presentes en las basuras, para su recuperación directa, dando así origen a lo que se conoce como “recogida selectiva”.

Para la efectividad de este sistema se necesita, por un lado, la participación ciudadana al tener que depositar en recipientes distintos los diferentes componentes de los residuos que intentan recuperarse (habitualmente se utilizan tres recipientes, uno para vidrio, otro para papeles, y otro para el resto de la basura); y por otro lado, la recogida de dichos

componentes ha de realizarse por separado, bien en vehículos distintos o en vehículos especiales compartimentados.

La segunda forma de efectuar el reciclado es partiendo de las basuras brutas, o sea efectuando un tratamiento global de los residuos sólidos urbanos mediante técnicas comunes en la industria minera y metalúrgica, tales como la trituración, cribado y clasificación neumática para lo concerniente a la preparación del residuo y separación de las fracciones ligeras; y sistemas de clasificación por vía húmeda, electromagnética, electrostática, óptica y flotación por espumas para la obtención y depuración de metales y vidrio.

Los procesos industriales de reciclaje suponen un consumo energético a tener en cuenta. Cuanto mayor sea la fracción de subproducto a recuperar, mayores y más sofisticados serán los medios necesarios para su recuperación.

De ahí que únicamente se justifique la recuperación cuando la diferencia de calidad con las materias primas originales quede compensada por la diferencia de precio.

Resumiendo, la recuperación presenta ventajas e inconvenientes que podemos esquematizar así:

- a. Las ventajas se derivan del aprovechamiento de materias primas, economía energética, uso racional de los recursos naturales y devolución a la tierra de su riqueza orgánica.
- b. Los inconvenientes pueden ser: las fuertes inversiones iniciales; el sometimiento a paros y averías, que impone un sistema alternativo; la producción de rechazos, que exige un vertedero complementario; la gestión especializada y cuidadosa, etc.

#### 1.3.3.4 Compostaje

El compostaje es un proceso de descomposición biológica por vía aerobia, de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos, en condiciones controladas. Las bacterias actuantes son termófilas, desarrollándose el proceso a temperaturas comprendidas entre los 50 y 70 °C, lo que produce la eliminación de los gérmenes patógenos y la inocuidad del producto. El proceso lleva consigo la separación manual o mecanizada de la mayor parte de los metales, vidrios y plásticos. La fermentación puede ser natural (al aire libre) o acelerada (en digestores). En el primer caso el proceso tiene una duración de tres meses y de 15 días en el segundo.

Realmente, el compostaje, puede considerarse como un proceso de reciclaje en el que se recupera la fracción orgánica para su empleo en la agricultura, lo que implica una vuelta a la naturaleza de las sustancias de ella extraída. El hecho de tratar al compostaje como un proceso independiente de los incluidos en el proceso de reciclaje, se debe hacer un proceso con identidad propia, desarrollado a partir de la aparición de los sistemas de recuperación integral.

El material resultante del proceso, llamado compost, no es enteramente un abono, aunque contiene nutrientes y oligoelementos, sino más bien un regenerador orgánico del terreno, razón por la que se ha denominado "abono orgánico". Sus efectos positivos sobre el suelo son:

- a. Suelta los terrenos compactos y compacta los demasiado sueltos.
- b. Favorece el abonado químico al evitar la percolación.
- c. Aumenta la capacidad de retención de agua del suelo.
- d. Es fuente de elementos nutritivos (nutrientes mas oligoelementos).
- e. Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo.

Esta última acción es fundamental en los suelos de nuestro país, cuyo déficit en materia orgánica es enorme. Basta decir que su contenido medio se estima en el 1% siendo el óptimo del 3%.

Hasta el momento, el medio principal de enmienda orgánica de los suelos de Guatemala ha sido el estiércol. Dada la disminución de producción de este material debido a la, cada vez, menor utilización de los animales en las tareas del campo, el compost puede ser el sustituto adecuado para esta importante función. Las causas de su escasa utilización en nuestro país, y el fracaso experimentado por algunas plantas de fabricación, han sido las siguientes:

- a. Mala calidad del producto ofrecido al agricultor.
- b. Inestabilidad en el tiempo de fermentación
- c. Fabricación de una sola calidad.
- d. Falta de información al agricultor para su uso.
- e. Montaje de las plantas pensando en su rentabilidad absoluta.
- f. Distancias de suministro, excesivas.
- g. Capacidades de producción pequeñas.

Las plantas comienzan a ser rentables (teniendo en cuenta la percepción del canon municipal por tratamiento) a partir de las 300 t/día. El límite inferior de viabilidad puede estar en 150 t/día y nunca se deben montar plantas para producciones menores de 100 t/día.

Si se pretende generalizar la utilización del compost se deben establecer unos criterios de calidad, fabricando diferentes clases de producto para distintas utilidades; deben establecerse factores limitantes como salinidad, condiciones sanitarias, contenido en metales pesados, etc. Se deben situar las plantas a distancias menores de 50 kilómetros de los centros de consumo; debe informarse a los agricultores de las condiciones

de empleo de este abono orgánico; y, por último, deben establecerse precios que le hagan competitivo con otros productos.

Como resumen podemos decir del compost que:

- a. Tienen doble carácter, de enmienda de suelos pobres en materia orgánica y de abono orgánico.
- b. Es aséptico, libre de bacterias patógenas, semillas, huevos de ácaros, larvas, etc. pero con intensísima vida bacteriana que activa los procesos bioquímicos del suelo.
- c. Sus elementos nutritivos están en forma de humus, fácilmente asimilables.
- d. Mejora química, física y biológicamente el suelo, ahorrando fertilizantes.

#### **1.4 Gestión de los desechos especiales**

Dentro de los residuos urbanos existe un grupo que, por sus características especiales, requiere ser gestionado por los responsables municipales con criterios diferentes a los señalados anteriormente. Se exponen a continuación los criterios que se consideran más adecuados para la gestión de algunos de los residuos especiales generados dentro del ámbito urbano, como son los procedentes de centros sanitarios, los escombros o residuos inertes, los muebles y enseres inservibles, los vehículos de motor abandonados en la vía pública, etc.

##### **1.4.1 Residuos hospitalarios**

Son todos los desechos producidos durante el desarrollo de las actividades de hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, casa de salud, clínicas odontológicas, centros de maternidad y en general cualquier establecimiento donde se practiquen los niveles de atención humana o veterinaria, con fines

de prevención, diagnósticos, tratamientos, recuperación y rehabilitación de la salud. Según el “Reglamento para el manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios”, editado por el Congreso de la República de Guatemala, Acuerdo Gubernativo No. 509-2001, los residuos sólidos hospitalarios deberán ser separados atendiendo a la siguiente clasificación:

#### Tipo I. Desechos bioinfecciosos.

Son los desechos generados durante las diferentes etapas de la atención de salud (diagnóstico, tratamiento, inmunizaciones, investigaciones y otros) y que por lo tanto han entrado en contacto con pacientes humanos o animales y que representan diferentes niveles de peligro potencial, de acuerdo al grado de exposición que hayan tenido con los agentes infecciosos que provocan la enfermedad. Estos desechos pueden ser entre otros:

- a. Materiales procedentes de aislamientos de pacientes, comprende los desechos biológicos, excreciones, exudados o materiales de desechos provenientes de salas de aislamiento de pacientes con enfermedades altamente transmisibles (algodón, gasas, guantes, etc).
- b. Materiales biológicos, comprenden los cultivos, muestras almacenadas de agentes infecciosos, medios de cultivo, placas de Petri, instrumentos utilizados para manipular, mezclar o inocular microorganismos, vacunas vencidas o inutilizadas, filtros de áreas contaminadas y otros.
- c. Sangre humana y productos derivados, bolsas de sangre vencidas o serología positiva, muestras de sangre para análisis, suero, plasma y otros subproductos. Se incluyen los recipientes que los contienen, bolsas plásticas, mangueras intravenosas y otros.
- d. Desechos anatómicos, patológicos y quirúrgicos, desechos patológicos humanos o animales (tejidos, órganos, partes y fluidos corporales) que se remuevan durante las autopsias, cirugías y otros.

- e. Desechos punzo cortantes, son los elementos punzo cortantes que estuvieron en contacto con pacientes o agentes infecciosos (agujas hipodérmicas, jeringas, pipetas de pasteur, agujas, bisturís, mangueras, placas de cultivo, cristalería), y cualquier material quirúrgico y punzo cortante que no haya sido utilizado y deba desecharse.
- f. Desechos animales. Cadáveres o partes de animales infectados, provenientes de laboratorios de investigación médica o veterinaria.

#### Tipo II. Desechos especiales.

Son todos los desechos generados durante las actividades auxiliares de los centros de atención de salud que no han entrado en contacto con los pacientes ni con los agentes infecciosos. Constituyen un peligro a la salud por sus características agresivas tales como: corrosividad, reactividad, inflamabilidad, toxicidad y explosividad. Estos desechos se generan principalmente en los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamientos directos, complementarios y generales. Pueden ser entre otros:

- a. Desechos químicos peligrosos: son las sustancias con características tóxicas, corrosivas, inflamables, explosivas, reactivas, genotóxicas o mutagénicas, tales como quimioterapéuticos, antineoplásticos, productos químicos no utilizados, plaguicidas, solventes, ácido crómico, mercurios, soluciones para revelado de radiografías, baterías usadas, aceites lubricantes usados. En general todos los desechos provenientes de productos utilizados para diagnósticos, quimioterapia, trabajos experimentales, limpieza y desinfección.
- b. Desechos farmacéuticos. Son los medicamentos vencidos, contaminados, desactualizados, no utilizados.

Tipo III. Desechos radiactivos.

Son los materiales radiactivos o contaminados con radio núcleo con baja actividad, provenientes de laboratorios de investigación química y biológica, laboratorios de análisis clínicos y servicio de medicina nuclear. Los desechos radiactivos con actividades medias o altas deben ser acondicionados en depósitos de decaimiento hasta que su actividad radiactiva se encuentre dentro de los límites permitidos para su eliminación, de conformidad con las disposiciones del Ministerio de Energía y Minas.

Tipo IV. Desechos comunes.

Son todos los desechos generados por las actividades administrativas, auxiliares y generales que no corresponden a ninguna de las categorías anteriores, no representan peligro para la salud y sus características son similares a las que presentan los desechos domésticos comunes, entre estos tenemos:

- a. Flores, periódicos, papel, desechos de productos no químicos utilizados en la limpieza y enseres fuera de servicio.
- b. Desechos de restaurantes, tales como envases, restos de preparación de comidas, comidas no servidas o no consumidas, desechos de los pacientes que no presenten patología infecciosa.
- c. Desechables, tales como platos de plásticos, servilletas y otros.
- d. Otros desechos. Son los desechos de equipamiento médico obsoleto sin utilizar.

#### **1.4.1.1 Pre-recogida**

Los residuos hospitalarios deberán depositarse en recipientes cuyas características específicas variarán según el tipo de residuos que vaya a eliminarse. Los residuos asimilables a los urbanos o desechos comunes se depositarán en bolsas de polietileno de color negro, con agregado de resina AR tipo industrial con espeso mínimo de entre 250 a 300 micras y

dimensiones de 0.50\*0.90 mts., con cierre hermético, según el Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios (Acuerdo Gubernativo No. 509-2001) y se instalarán en cada dependencia hospitalaria que se produce este tipo de residuo. Estas bolsas se introducirán en recipientes adecuados, contenedores.

Los desechos hospitalarios bioinfeccioso se depositarán en bolsas de plástico color rojo (con la simbología de bioinfecciosos) de polietileno de baja densidad con agregado de resina AR tipo industrial y un espesor mínimo de 300 a 350 micras, con dimensiones máximas de 0.50\*0.90 mts, con cierre hermético o cualquier otro dispositivo aprobado por el Departamento de la Salud y Ambiente, según el Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios (Acuerdo Gubernativo No. 509-2001), que se instalarán en cada dependencia hospitalaria en que se produzca este tipo de residuo. Estas bolsas, a su vez, se depositarán en contenedores con ruedas.

Los desechos especiales, se depositarán en bolsas de color blanco (con la simbología de químicos) de polietileno de baja densidad con agregado de resina AR tipo industrial con espesor mínimo de entre 300 a 350 micras y dimensiones de 0.50\*0.90 mts, con cierre hermético o cualquier otro dispositivo aprobado por el Departamento de la Salud y Ambiente en contenedores con ruedas.

Los desechos radiactivos en general, y particularmente los considerados como de nivel medio o alto, deben depositarse en contenedores de plomo adecuados al nivel de radiación que les corresponda, debidamente identificados con la simbología de radiactivos y separados del resto de desechos, los cuales corresponde al Ministerio de Energía y Minas dictar las normas para su disposición final. Estos contenedores estarán en las dependencias de los hospitales en que se generan los residuos radiactivos y, una vez llenados, se cerrarán

herméticamente para su traslado a un local dedicado exclusivamente al almacenamiento de este tipo de contenedores.

#### **1.4.1.2 Recogida**

Dentro de los centros hospitalarios existirán locales especiales donde se instalarán contenedores con capacidad no mayor de 100 libras, fabricados en material plástico y equipados con ruedas para facilitar su transporte, tapa con bisagra para su cierre automático y un sistema de enganche especial para su vaciado hermético en los camiones recolectores de residuos. En estos contenedores se depositarán las grandes bolsas de plástico que acumulan los residuos de cada dependencia hospitalaria. Cada tipo de residuo se depositará en contenedores distintos, por lo que los de residuos clínicos tendrán la tapa de color verde. Los contenedores rígidos y de un solo uso que contienen los residuos especiales, una vez llenos y cerrados herméticamente, se almacenarán en el mismo local en que se encuentran los contenedores con ruedas para los otros tipos de residuos.

La evacuación de los residuos desde estos locales hacia el exterior de las dependencias hospitalarias se hará, como mínimo, una vez al día siguiendo siempre los circuitos de transporte establecidos por los servicios del hospital.

Los contenedores de 100 libras de capacidad que contienen los desechos hospitalarios comunes se sacarán de las dependencias hospitalarias siguiendo los horarios y las instrucciones establecidas por las normas municipales para su recogida y transporte por los servicios autorizados.

Los contenedores de 100 libras, que contienen los desechos hospitalarios bioinfecciosos, y los contenedores rígidos y de un solo uso, que contienen los desechos hospitalarios especiales, no se sacarán de las

instalaciones hospitalarias antes de la llegada del vehículo que esté autorizado para transportarlos al centro de tratamiento o eliminación. Se empleará exclusivamente el sistema de recogida hermética al disponer estos contenedores del equipamiento adecuado para ser elevados y descargados de forma mecánica; con lo que se evita cualquier peligro para los operarios que se encargan de la recogida de los residuos.

### **1.4.1.3 Transporte**

El transporte de los desechos hospitalarios comunes se debe disponer en forma independiente y manejarse como un desecho de carácter municipal. Los demás desechos sólidos hospitalarios se manejarán en vehículos en perfecto estado de funcionamiento, en medios cerrados, a cargo de personal debidamente entrenado y rotulados en forma permanente a ambos lados y claramente visible a 10 metros con la frase “Transporte de Desechos Hospitalarios Peligrosos”, para ello deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Deben ser utilizados exclusivamente para el transporte de desechos hospitalarios;
- b) Deben tener capacidad adecuada para el volumen a transportar;
- c) Deben estar provistos de sujetadores para evitar deslizamientos o roturas;
- d) Deben ser construido de forma tal que no exista derramamiento de desechos;
- e) Debe existir separación física entre el conductor y habitáculo de transporte de los desechos;
- f) El habitáculo de transporte de los desechos será construido de fibra de vidrio, plástico, aluminio o acero inoxidable, totalmente liso, o cualquier material aprobado por el Departamento de Salud y Ambiente.

Para el transporte de los desechos hospitalarios utilizará las rutas de transporte más cortas y seguras previamente establecidas, en horario entre las 20:00 horas de un día y las 6:00 horas del día siguiente.

Los desechos hospitalarios especiales y radiactivos, serán envasados en contenedores rígidos y de un solo uso, deben transportarse desde el hospital hasta el centro de tratamiento, en camiones con caja cerrada y acondicionada para evitar el desplazamiento interior de la carga.

Estos camiones deben usarse exclusivamente para el transporte de este tipo de carga, serán sometidos a un proceso de desinfección periódica y deben estar homologados por el organismo competente en temas de transporte por carretera de mercancías peligrosas.

#### **1.4.1.4 Tratamiento**

Los desechos hospitalarios comunes pueden someterse a cualquiera de los sistemas de aprovechamiento o eliminación que se aplica a los residuos urbanos como incineración con o sin recuperación de energía, compostaje o vertido controlado.

Los desechos hospitalarios bioinfecciosos deben ser eliminados mediante el sistema de incineración o cualquier otro sistema autorizado por el Departamento de Salud y Ambiente del Ministerio de Salud Pública. El horno de incineración de tecnología más avanzada, empleado actualmente en el tratamiento de los residuos hospitalarios, es del tipo de combustión controlada, también denominado pirolítico, dotado de un reactor térmico o cámara de post-combustión de los gases generados.

El proceso de pirolisis consiste en una combustión lenta y controlada de los residuos limitando la aportación de aire de combustión entre un 20 y

un 40% del necesario para la combustión estequiométrica de los mismos. Se consigue así realizar la destilación de los residuos, que se descomponen en cenizas y carbono fijo, generando unos gases que posteriormente son oxidados en la cámara de post-combustión o reactor térmico para completar su combustión. Con este procedimiento se consigue una mínima cantidad de elementos contaminantes así como una reducida emisión de polvos.

#### **1.4.2 Escombros o desechos inertes.**

Los residuos sólidos inertes, conocidos también con el nombre de escombros (ripio), se pueden definir como “todo desecho procedente de la construcción o derribo de cualquier clase de edificio, arreglo de calles y demás obras civiles”. Al ser siempre sólidos y tener el carácter de inerte, su depósito de forma controlada no ocasiona problemas de contaminación al medio ambiente. El gran desarrollo urbanístico de las ciudades ha facilitado la generación de este tipo de residuos que, al ser vertidos de forma indiscriminada en los espacios que rodean las ciudades y, especialmente, en los bordes de las carreteras y caminos de acceso a las mismas, ofrecen un espectáculo caótico y desolador que ensucia el paisaje.

Para depositar temporalmente los escombros en la vía pública se utilizan contenedores metálicos normalizados, especialmente diseñados para su carga y descarga mecánica sobre vehículos de transporte también especiales. Una vez llenados, los contenedores deberán taparse con una lona para evitar el vertido de los residuos durante el transporte; es frecuente ver que los montículos de ripio que permanecen en la vía pública durante un espacio muy grande de tiempo, se conviertan en un foco de basuras. Para evitar estas situaciones, el servicio de recogida debe actuar de forma que los montículos de ripio no permanezcan en la calle más de 24 horas.

Los escombros deben depositarse en vertederos controlados que, generalmente, se ubican en canteras, graveras o minas abandonadas que

constituyen zonas degradadas y que, al final de la vida útil del vertedero pueden ser recuperadas.

Una vez detectados los lugares en que podría instalarse un vertedero para escombros hay que realizar estudios geológicos, hidrogeológicos y medioambientales para determinar el emplazamiento más idóneo desde el punto de vista técnico y económico.

Algunos de los aspectos a tener en cuenta a la hora de elegir el emplazamiento de un vertedero para escombros o residuos inertes pueden ser los siguientes:

- a. Distancia hasta el vertedero desde los núcleos de población en que se generan los residuos.
- b. Operaciones que hay que realizar para la explotación del vertedero en función de las características hidrogeológicas del terreno.
- c. Vida útil del vertedero según su capacidad y la cantidad de residuos que va a recibir.
- d. Posibilidad de recuperación de la zona elegida, en función del grado de deterioro ambiental existente y de las características del paisaje del entorno.

### **1.4.3 Muebles y enseres inservibles**

El depósito en la vía pública de objetos voluminosos, tales como frigoríficos, aparatos de TV y todo tipo de muebles, constituye una auténtica molestia para el usuario de la vía pública, no sólo en lo que respecta a la circulación de los peatones, sino también respecto al deterioro estético de las zonas en que estos objetos se encuentran depositados.

En el servicio “puerta a puerta”, el teléfono suele ser el medio de comunicación entre el usuario y el organismo que va a realizar el servicio. A

una llamada telefónica solicitando el servicio de recogida, éste responderá con la menor demora posible dependiendo del número de servicios que haya que realizar. El usuario puede ejercer la doble posibilidad de bajar por sus propios medios los objetos al portal o, por el contrario, solicitar que suban los operarios al piso a recogerlos y bajarlos al camión colector. Para la realización de este servicio suelen utilizarse pequeños camiones de caja abierta con el fin de que puedan circular por calles estrechas y de difícil tránsito y acceder a todos los puntos en que se solicita el servicio. Por lo general éste es un servicio gratuito hacia el ciudadano, aunque en unos pocos casos está sometido a pequeñas tasas o cobros compensatorios que no cubren los costes del servicio.

Otro de los sistemas que se utilizan para recoger muebles y otros enseres que ya no son útiles para el ciudadano, se basa en la colocación de grandes contenedores, de unos 10 o 12 m<sup>3</sup> de capacidad, en puntos fijos de la calle. Estos contenedores pueden mantenerse en un emplazamiento concreto, o pueden prestar un servicio itinerante permaneciendo en un mismo sitio durante aproximadamente una semana y en éste espacio de tiempo se realizan todas las operaciones de vaciado que sean necesarias. Cada 8 o 9 semanas el colector vuelve a ocupar la posición inicial.

Cuando los contenedores se llenan son retirados de la vía pública por vehículos especiales que van equipados con elevadores tipo “ampiroll”, “cadenas”, etc., lo que permite que la operación se realice únicamente con el conductor. Este sistema, al estar continuamente a disposición del ciudadano permite una total libertad de horario para su uso, por lo que cada vez tiene más aceptación que el servicio “puerta a puerta”.

Sin embargo, presenta el inconveniente de que se recogen multitud de objetos, como restos industriales, escombros, etc., que no están en línea con la filosofía de este servicio.

Los muebles y enseres viejos, una vez retirados por los servicios de recogida, suelen depositarse en naves o instalaciones donde se realiza la recuperación de ciertos materiales, como chatarra, maderas, muebles, etc. El resto de los residuos que no tienen aprovechamiento alguno se eliminará en un vertedero controlado.

#### **1.4.4 Vehículos abandonados**

Un nuevo fenómeno es la constante aparición de gran número de vehículos viejos abandonados por sus propietarios en diversos puntos de las ciudades, especialmente a inmediaciones de las estaciones de la policía nacional civil, dando origen a impactos negativos en el medio ambiente urbano. La presencia en la calle de vehículos abandonados constituye un importante problema desde el punto de vista de la circulación (pérdidas de plaza de estacionamiento), limpieza (creación de fuertes focos de infección y grandes dificultades para la limpieza viaria), seguridad (los niños del lugar centran sus correrías en los alrededores de estos residuos) y además se convierten en refugio de ladrones, indigentes y animales.

La prestación de este servicio por las municipalidades implica grandes gastos ya que hay que disponer de equipos de recogida y transporte especiales y de instalaciones adecuadas para depositar los vehículos abandonados hasta que se proceda a su desguace o transformación en chatarra (esto último depende de la autorización de las autoridades judiciales y de Gobernación).

#### **1.5 Datos orientativos económicos**

Con la información facilitada por algunos municipios y empresas de servicios (España), se han elaborado unos datos sobre inversiones y costes de explotación de la gestión de residuos sólidos urbanos. Estos datos son

meramente orientativos, pues la evolución de los indicadores económicos hace que estas cifras pierdan todo su significado en dos o tres años.

Una estimación de las inversiones que hay que realizar para instalar los distintos centros de tratamiento, sin incluir el valor de los terrenos, puede ser la que aparece en el cuadro siguiente (se toma como ejemplo España, por no contar Centroamérica con cifras sobre el manejo de los desechos sólidos):

**Tabla X. Cuadro de estimación de los costes de inversión para la instalación de desechos sólidos urbanos en España**

Centro de tratamiento	Inversión de Mptas, por t/día tratada
Vertedero	0,7 a 1,5
Planta de compostaje	2,0 a 3,5
Incineradora	5,0 a 14,0
Estación de transferencia	0,5 a 1,4

Los costes de explotación de cada una de las fases de la gestión de residuos, sin incluir la amortización de las inversiones, y sin descontar el valor de los productos recuperados, pueden estimarse que oscilan entre los datos expresados en el cuadro siguiente.

**Tabla XI. Cuadro de costes de explotación de la gestión de desechos sólidos urbanos**

Fase de la gestión	Coste de explotación (pta./t)
Recogida y transporte	3.000 a 6.000
Vertido controlado	600 a 1.200
Compostaje	1.500 a 2.500
Incineración	3.000 a 5.000
Estación de transferencia	400 a 1.300

Todos estos tipos de desechos sólidos que se están produciendo diariamente no solo afectan a ciudades grandes como lo son Guatemala, San Salvador, Panamá, etc.; son problemas en constante crecimiento que están afectando la vida de los habitantes del planeta, incluyendo los vecinos de Esquipulas como se detalla en el siguientes capítulo.

## **2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL SOBRE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN LA CIUDAD DE ESQUIPULAS (CHIQUMULA)**

### **2.1 Análisis de la situación actual**

La población de Esquipulas ha experimentado un crecimiento considerable, permitiendo un aumento en el número de las viviendas. Lo anterior, trajo como consecuencia que la mayoría de los servicios públicos hayan aumentado para atender las necesidades de dicho crecimiento, es así como la municipalidad invierte en proyectos tales como: Mejoramiento del servicio de agua, alcantarillado, mercado y otros aspectos tales como el problema de la basura que hasta el momento no se resuelve de forma satisfactoria.

El problema de acumulación de basura en la ciudad de Esquipulas, puede identificarse en cuatro aspectos:

- a. Basurero autorizado por la municipalidad ubicado en terreno privado, donde el permiso para depositar la basura ya caducó.
- b. El actual sistema de recolección domiciliar de basura, no está tecnificado.
- c. Carencia de concienciación y educación sanitaria de la población.
- d. Proliferación sin control de basureros.

Todos estos problemas son resultado de la falta de un plan de recolección de desechos sólidos y aseo urbano, ya que las personas al no contar con un día y hora asignado al camión recolector para pasar por su sector, acumulan demasiada basura y optan por depositarla en los basureros clandestinos o terrenos baldíos cercanos a su vivienda.

Además no se cuenta con un plan de barrido ni recipiente de recolección de desechos sólidos en calles y avenidas de dicha población, lo

que propicia que los turistas y vecinos de la población arrojen su basura en lugares no adecuados (calles, avenidas, etc.).

### **2.1.1 Basureros**

Puede afirmarse que en los alrededores de la ciudad de Esquipulas, existen basureros incontrolados. En la visita efectuada a la ciudad se observó que la municipalidad proporciona el servicio de la recolección de basura, la que utiliza el basurero municipal, en tanto que las familias que no utilizan el servicio municipal, que funciona en el área urbana del municipio, usan cualquier lugar a su alcance para depositarla. Esta situación condiciona el origen de promontorios de basura que, cuando son de cierta magnitud, forman basureros "no autorizados" los cuales inciden en el aspecto del ornato además de provocar, en algunos casos, los problemas de salud inherentes a un mal manejo de la basura.

#### **2.1.1.1 Basureros no autorizados**

- a. Colonia San Mateo, tiran la basura al río Chacalapa.
- b. Colonia Los Altos en el sector del Coliseo (eventualmente acumulan la basura los vecinos).
- c. Colonia Santa Marta en el río Chacalapa (de aguas negras) justamente debajo del puente colgante.
- d. Colonia Vista Hermosa que no recibe el servicio de recolección de basura, la tiran en el río Chacalapa.

#### **2.1.1.2 Basureros autorizados municipales**

- a. El basurero autorizado actualmente por la municipalidad se localiza a 6 Km. del centro de la ciudad, situado a la altura del kilómetro 227 aproximadamente de la carretera que conduce a la frontera con Honduras.

- b. Próximamente, en el terreno municipal recién adquirido, a la altura del kilómetro 226 aproximadamente de la carretera que conduce a la frontera con Honduras, se toma un desvío de tierra y se recorren 2 kilómetros rumbo noroeste.

### **2.1.2 Situación actual de ingresos y costes del servicio de recolección de áreas públicas y domiciliarias**

#### a) Ingresos del servicio de recolección municipal

Conforme a la información vertida por la municipalidad, los ingresos por concepto del servicio domiciliar prestado durante el año 1993 ascendieron a Q.18.658,028 (mensuales). y en el año 2000 a Q.22.000,00 (mensuales), lo que nos demuestra que los ingresos por recolección de desechos en el municipio no presentaron un aumento significativo en tantos años, esto se debe a que el uso del servicio de recolección de desechos es optativo y a las cuotas bajas de cobro que maneja la municipalidad de Esquipulas (hasta el año 2000 era de Q.1.00 por el servicio de extracción de basura).

#### b) Costes del servicio de recolección municipal

De acuerdo con el control de los costes registrados en la tesorería municipal por concepto del servicio de áreas públicas y domiciliarias, los registros son globales, es decir, no llevan detalles independientes de ambos servicios.

En tal virtud, a continuación se describen los costes globales del servicio de recolección de áreas públicas, junto con los costes del servicio domiciliario.

**Tabla XII. Presupuesto de costes servicio municipal**

RUBRO	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
- Servicios personales			
Barredores	6	Q.653 c/u mes	Q.47.016
Pilotos de camión	2	Q.660 c/u mes	Q.15.840
- Suministros			
Combustibles y lubricantes			Q.29.952
Repuestos y accesorios			Q.49.821
- Equipo del personal			
Carretillas de mano Q.150 c/u.	7	Q.150 c/u	Q.1.050
Palas de metal Q.35 c/u.	7	Q.35 c/u	Q. 245
2 Rastrillos de metal Q.25 c/u.	42	Q.25 c/u	Q.1.050

Resumen de costes servicio mpal.

Servicios personales	Q.62.856
Combustibles y lubricantes	Q.29.952
Repuestos y accesorios	Q.49.821
Equipo de personal	Q.2.345
Total costes	<u>Q.144.974</u>

c) Conclusión para el servicio de recolección municipal

Según la información de los datos anteriores, la municipalidad tiene ingresos anuales muy bajos de Q.264,000 en 2001, gracias a las cuotas mensuales de Q.6 de cada uno de los 3.660 usuarios, aunque no se recaudó el 100% de los ingresos esperados. Los costes anuales ascienden a Q.1,739,668 en 2001, por el servicio de recolección de basura de las áreas públicas y de los domicilios, contrastando con los ingresos de Q.264.000 por esta cuenta, denotan un déficit de Q.1,475.668 anuales.

**2.1.3 Peso y volumen de basura recolectada por el servicio actual para áreas públicas**

Según la información proporcionada por la Municipalidad de Esquipulas, actualmente no se recoge los desechos sólidos que se encuentran en las áreas públicas como son parques, calles y avenidas,

únicamente los desechos producidos en el mercado municipal, la que arroja los siguientes datos. De acuerdo con la información recabada, actualmente se recolecta y transporta el peso y el volumen siguiente:

a. Peso de basura áreas públicas	Total basura x Densidad (humedad presente)
	$35 \text{ m}^3 \times 300 \text{ kg} = 10.500 \text{ kg} = 13 \text{ t Lineales}$
Toneladas lineales	13 Toneladas lineales semanales
	1.857 Toneladas lineales promedio diarias
Toneladas métricas	10.5 Toneladas métricas semanales
	1.5 Toneladas métricas promedio diarias
b. Volumen de basura áreas públicas metros cúbicos	
	$35 \text{ m}^3$ Semanales
	$4,9 \text{ m}^3$ promedio diario, (excepto lunes $5.6 \text{ m}^3$ )
Un camión	$8 \text{ m}^3$ de capacidad
Número de viajes	5 Viajes semanales
	1 Viaje diario

### **2.1.4 Peso y volumen de basura recolectada por el servicio actual domiciliario**

#### a. Peso de basura domiciliar

Toneladas lineales

30 Toneladas lineales semanales

5,5 Toneladas lineales diarias (excepto  
lunes 7,5 toneladas lineales)

Toneladas métricas

24 Toneladas métricas semanales

4,5Toneladas métricas diarias, (excepto  
lunes 4,8 toneladas métricas)

#### b. Volumen basura

domiciliaria metros cúbicos

80 m<sup>3</sup> semanales

15 m<sup>3</sup> diarios, (excepto lunes 20 m<sup>3</sup>)

Un camión

10 m<sup>3</sup> de capacidad

Número de viajes

8 Viajes semanales

1 Viajes diarios (excepto lunes 2 viajes)

### **2.1.5 Información adicional sobre el servicio existente**

Para realizar el diseño del sistema de recolección, barrido y transporte de los desechos sólidos, fue necesario determinar los parámetros siguientes:

### 2.1.5.1 Recolección

- a. Composición de los desechos sólidos
- b. Cantidad de desechos por habitante y día
- c. Densidad de los desechos sólidos (varia según la humedad existente)
- d. Población a servir

**Tabla XIII. Composición de los desechos sólidos domiciliarios y comerciales**

Orgánicos	% Peso	Inorgánico	% Peso
Restos de cocina	15,0	Plástico duro	2,4
Madera	1,0	Plástico suave	5,0
Vegetales	53,0	Vidrio	2,3
Huesos	2,0	Aluminio	0,1
Papeles	5,0	Metales ferrosos	1,0
Cartones	3,0	Tapos sintéticos	1,2
Tapos de algodón	2,0	Ripios o tierra	2,0
Cueros	2,0	Inertes o rechazos	3,0
Total	83,0	Total	17,0

#### Cantidad de desechos sólidos por habitante por día

- a. Producción per cápita domiciliaria: 0,45 kg/hab/día
- b. Producción per cápita calles y parques: 0,30 kg/hab/día
- c. Total producción per cápita: 0,75 kg/hab/día
- d. Densidad de los desechos sólidos: De 250 a 300,0 Kg/m<sup>3</sup>

A partir de los datos recabados concluimos que la producción de desechos sólidos domiciliarios generados por la población local ha ido en aumento, así como también los desechos sólidos provenientes de parques, vías y áreas públicas.

Esquipulas se considera mundialmente un lugar turístico, por su ubicación geográfica ya que colinda con los países de Honduras y El Salvador. Además, es visitada por millares de fieles católicos y es considerada capital de la Fe Católica Centroamericana, por lo que es importante tomar en cuenta el papel que juegan los turistas que visitan la ciudad en la generación de desechos sólidos.

Es de hacer notar que no se cuentan con datos fiables de la población flotante de la ciudad por lo que, en el presente estudio, se toma en consideración los datos aportados por la municipalidad y los responsables de la Basílica. Los turistas que visitan la ciudad, según datos proporcionados por la municipalidad, son los siguientes:

**Tabla XIV. Turistas que visitan la ciudad de Esquipulas**

Año	Turistas/año	Turistas/día
1994	1.223.120,00	3.351,01
1995	1.202.359,00	3.294,13
1996	1.214.382,59	3.327,08
1997	1.226.526,42	3.360,35
1998	1.238.791,68	3.393,95
1999	1.251.179,60	3.427,89
2000	1.263.691,40	3.462,17
2001	1.276.328,31	3.496,79
2002	1.289.091,59	3.531,76
2003*	1.301.982,51	3.567,08
2004*	1.315.002,34	3.602,75
2005*	1.328.152,36	3.638,77

\*Estimación propia de turistas a una tasa incremental del 1%.  
Fuente: Basílica y Municipalidad de Esquipulas.

Para el año 1998 la cantidad de desechos sólidos generados por los turistas y visitantes se estima en 7,48 t/día por lo que, el total de desechos sólidos producidos en el área urbana de la ciudad de Esquipulas, para el año 2003, se estima en unas 12,97 t/día  $\cong$  13,00 t/día. Partiendo del hecho de que en la actualidad no opera ninguna empresa privada de recolección y

barrido, determinamos del estudio de caracterización de los desechos realizada en 1995, el número promedio de población por vivienda, el promedio de comercios agrupados según su finalidad y el número de instituciones públicas y privadas a servir, localizadas en el área urbana de Esquipulas, se detallan a continuación:

**Tabla XV. Número de viviendas, comercios e instituciones**

Establecimiento	Número
Viviendas	4.225
Comercios varios	340
Hoteles y hospedajes	70
Ventas de comida y licores	73
Asociaciones de proyec. Social	9
Oficinas profesionales	26
Instituciones de gobierno	16
Instituciones internas	4

Establecimiento	Número
Instituciones financ. y de seguros	14
Organizaciones gremiales	6
Talleres artesanales	89
Grupos de alcohólicos anónimos	4
Radiodifusoras y emp. de cable	5
Centros educativos públicos	4
Centros educativos privados	22
Centros de atención médica	2

### 2.1.5.2 Transporte

En la actualidad el transporte de los desechos recolectados se hace en un camión de 8 m<sup>3</sup>, sin ninguna cubierta lo cual provoca que al trasladarlos se produzca un esparcimiento de estos en la ruta que el camión recolector utilizada para llegar al lugar destinado para su disposición final. Por datos proporcionados por la municipalidad determinamos la cantidad de desechos sólidos a recolectar y el área a servir, relacionado con el servicio de recolección de desechos proveniente de áreas verdes, parques, mercados y vías públicas.

### 2.1.5.3 Disposición final

El basurero autorizado actualmente por la municipalidad se localiza a 6 Km, del centro de la ciudad, el cual es un vertedero a cielo abierto, donde el camión recolector solo llega a dejar los desechos, a los cuales quedan

expuesto y sin ningún tipo de tratamiento, lo que provoca mal olor, contaminación visual y es foco de enfermedades e insectos, convirtiéndose a su vez en fuente de alimentación para animales callejeros, aves de rapiña y roedores.

## **2.2 Características generales del municipio**

### **2.2.1 Aspectos geográficos, topográficos y climatológicos**

Esquipulas esta situada en la parte suroriental del departamento de Chiquimula, Guatemala y exactamente en el triffinio de las líneas divisorias entre El Salvador, Honduras y Guatemala, limitada al Norte con Santa María Olopa; Jocotán y Camotán; al Oriente con las ruinas de Copán y Ocotepeque de la República de Honduras, al Sur con Metapán municipio de Santa Ana, el Salvador y al Poniente con Concepción las Minas y parte de Quezaltepeque. Dista de la ciudad capital de Guatemala 222 Km. y 55 Km. de la cabecera departamental de Chiquimula, esta comunicada por una carretera totalmente asfaltada que une ambas ciudades, cuenta con caminos y veredas que enlazan sus poblados cercanos y propiedades rurales, así como también con los municipios circunvecinos.

El clima se considera muy variable, cálido, templado seco y su temperatura promedio de 25 grados centígrados, bajando ocasionalmente a 10°C, con una humedad del 70%.

Con la gran deforestación, que las autoridades han permitido, la época lluviosa ya no es como las de la década de 1920 a 1930, se ha reducido la precipitación pluvial, oscilando entre los 600 a los 1,000 mm anuales. El número aproximado de días de lluvia se ha limitado a 90, la mayoría de lluvias cae entre mayo y octubre, siendo durante dichos meses la precipitación entre 100 y 300 mm y de noviembre a abril de 10 y 25 mm. En el plano de situación aparece la localización y accesos a la Ciudad de

Esquipulas, queda definida su ubicación y características en el siguiente esquema:

Municipio	Esquipulas
Ubicación geográfica	Latitud 14° 33' 48", longitud 89° 21' 06"
Extensión territorial	532 km <sup>2</sup>
Topografía	Montañosa con dos vertientes
Altitud msnm	950 m
Clima	Variable, cálido, templado, temp. media 25° C
Precipitación	Máx. 3009 mm, Mín. 553 mm
Principal actividad económica	Agricultura, comercio, turismo, ganadería

### **2.2.2 Población, número de viviendas y tasa de crecimiento**

Datos demográficos, según datos aportados por el Censo para el 2001 se estimaban en el área urbana de la cabecera una población de 16.626 habitantes distribuidos en 4.387 domicilios, y en todo el municipio 37.509 que conviven en 7.918 viviendas con un promedio de 3,79, equivalente a 4 habitantes por cada familia, con un índice de crecimiento del 3.1% anual.

El municipio cuenta con una ciudad, 20 aldeas y 88 caseríos. La población aproximada de las aldeas del municipio de Esquipulas es la siguiente:

**Tabla XVI. Población de la aldeas de Esquipulas**

1	Atulapa	1.762	11	Las Peñas	954
2	Belén	558	12	Monteros	565
3	Cafetales	714	13	Olopita	1.461
4	Carboneras	454	14	San Isidro	1.125
5	Carrizal	904	15	San Nicolás	646
6	Cruz Alta	380	16	Santa Rosalía	2.250
7	Chanmagua	2.136	17	Timushan	1.506
8	Horcones	1.227	18	Valle Dolores	1.030
9	Jagua	1.326	19	Valle de Jesús	605
10	La Granadilla	444	20	Zarzal	836
Total					20.883

Fuente: Unidad Técnica Municipal.

Para el presente estudio la población urbana estimada para el periodo de 1994-2005, se considera como se detalla a continuación:

**Tabla XVII. Población urbana 1994 - 2005**

Año	Población urbana	Número de viviendas urbanas
1994	15.641	4.112
1995	16.126	4.255
1996	16.626	4.387
1997	17.141	4.523
1998	17.672	4.663
1999	18.220	4.807
2000	18.785	4.956
2001	19.367	5.110
2002	19.967	5.110
2003*	20.586	5.432
2004*	21.224	5.600
2005*	21.882	5.774

\*Estimación propia, tasa de crecimiento del 3.1%.

Fuente: Promedio Nacional –INE-

### **2.2.3 Servicios públicos existentes**

Los servicios son variados y numerosos, estos cubren totalmente las necesidades y demandas de sus habitantes, entre los principales están: Agua potable, energía eléctrica, teléfono, servicio postal, centro de salud, policía nacional, servicios de transporte, servicios religiosos, sistemas bancarios, servicio de recolección y limpieza de desechos sólidos entre otros.

## **2.3 Análisis de reglamentos y leyes existentes sobre el tema**

### **2.3.1 Gubernamentales**

Existe la Ley Sobre el Manejo Integral de los Desechos Sólidos decreto 12-2001 del Congreso de la República de Guatemala, la cual aplica el principio universal “QUE QUIEN CONTAMINA PAGA”, aplicándose únicamente en el área metropolitana de Guatemala, también existe el Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios Acuerdo Gubernativo No. 509-2001, además se cuenta con leyes ambientales que de forma indirecta ayudan a tratar el problema:

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

## **Municipales**

La municipalidad de Esquipulas se basa en el Código Municipal, Decreto Número 12-2001, en lo referente a la prestación de los servicios públicos, pero en la actualidad no existe un reglamento que norme los servicios públicos, entre ellos el manejo de los desechos sólidos y su disposición final, ni una forma de penalizar el incumplimiento de éstos. Como se comprobó anteriormente la recolección de desechos sólidos y aseo urbano son problemas en constante crecimiento, lo que implicaría tomar las medidas adecuadas para tratarlos, en caso contrario podrían quedar fuera de control. Por esto se da una propuesta para el manejo de estos problemas.

### **3. DISEÑO DEL SISTEMA PROPUESTO PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **3.1 Estudio de mercado del servicio de recolección**

##### **3.1.1 Análisis de la demanda**

Para la determinación de la demanda del presente proyecto se efectuaron estimaciones de población, (con base en datos obtenidos en los informes de la municipalidad de Esquipulas aportados por el censo de 1994, para establecer el número de viviendas actuales en esta ciudad). De tal manera que se estimó el 100% del potencial de los usuarios para el servicio de recolección domiciliar en 5.268 viviendas, en las que se encontraban distribuidos 19.967 habitantes para 2002, con un promedio de  $3,79 \cong 4$  habitantes por vivienda, además se incluirán hoteles y hospedajes, comercios varios, ventas de comida y licores, asociaciones de proyección social, oficinas profesionales, talleres artesanales y demás instituciones que se encuentre en el área urbana de Esquipulas.

##### **a. Cobertura del servicio**

Actualmente el servicio de recolección domiciliar, que ofrece la municipalidad, cubre 3.660 usuarios, los cuales representan el 62.3% aproximadamente del total de 5.268 viviendas usuarias registradas para el año 2002. En tal sentido, el servicio actual no satisface las necesidades de la totalidad de la población, lo que condiciona uno de los factores por los que proliferan los promontorios de basura en diferentes sectores de la ciudad.

Los que a su vez inciden en el ornato de la misma, aspecto de suma importancia para el atractivo turístico de la ciudad.

b. Tipos de usuarios

Los usuarios actuales del servicio de recolección de basura, básicamente, son las viviendas particulares y algunos comercios, con escasa cobertura de estos últimos. Con este servicio se aplica una tarifa uniforme consistente en Q.6.00 mensual para cada usuario.

### **3.2 Análisis de la propuesta técnica**

En esta alternativa se plantea básicamente el criterio de que la municipalidad ofrezca los servicios de recolección de basura, de tal manera que se utilicen los recursos municipales actuales, cuidando de que el servicio se caracterice por ser autofinanciable.

#### **3.2.1 Localización del proyecto**

a. Nivel departamental

El proyecto de recolección, transporte y disposición de basura se localiza en Esquipulas departamento de Chiquimula, localizado en la zona este del país.

b. Ámbito municipal

El proyecto se ubica en el área urbana del municipio de Esquipulas, lo que corresponde a la recolección y transporte de la basura, mientras que el basurero se ubica en el área rural, a 6 Km. aproximadamente del parque central.

#### **3.2.2 Cobertura del proyecto**

Se considera conveniente que la cobertura del proyecto tenga el 100% desde el inicio, para obtener el mayor ingreso anual posible, de tal manera

que se cubran los costes anuales por el servicio de recolección, transporte y disposición de la basura. Inicialmente el proyecto cubrirá el 100% de la población, cuyo porcentaje esta representado por 5.268 viviendas urbanas, 340 comercios varios, 70 hoteles y hospedajes, 73 ventas de comida y licores, 9 asociaciones de proyección social, 26 oficinas profesionales, 89 talleres artesanales, centros educativos (públicos y privados) 26 y demás instituciones que se encuentran en el área urbana de Esquipulas (ver cuadro 3, Cáp. 2) y en los años sucesivos se pretende mantener el mismo porcentaje incluyendo el incremento poblacional de acuerdo a la tasa de crecimiento de 3,1% -INE-.

### **3.2.3 Identificación de los usuarios**

La demanda para el presente estudio está definida por los habitantes de viviendas particulares, comercios, restaurantes, hoteles, centros educativos, talleres artesanales, centros públicos, etc., que utilizarán el servicio de tren de aseo. Todos los demandantes están ubicados en el área urbana de la cabecera municipal.

### **3.2.4 Categorías de tarifas**

De acuerdo con las tarifas aplicadas, según la versión de los encuestados, se identifican de la siguiente manera:

#### **a. Categorías comerciales**

Categoría "A": Corresponden a los usuarios a los que se les sirve 3 veces por semana, con una cuota de Q. 30/mes, correspondiente a hospitales, cines, aserraderos, bancos, hoteles, restaurantes grandes, almacenes grandes y otros comercios grandes.

Categoría "B": Representa a aquellos usuarios que pagan una cuota de Q.25/mes, con servicio de 3 veces por semana, correspondiente a comercios

tipificados por el volumen de basura generado, como restaurantes medianos, mueblerías, talleres mecánicos, comedores, hoteles pequeños, pensiones, hospedajes, cafeterías, tiendas grandes, bares, marranerías, almacenes medianos, etc.

Categoría "C": Involucra a los usuarios de los comercios pequeños que pagan una cuota mensual de Q.20 por el servicio, con frecuencia de 2 veces por semana, correspondiendo a comercios como restaurantes pequeños, tiendas medianas, cantinas, carpinterías, oficinas profesionales, pastelerías, dulcerías, farmacias, radioemisoras, ferreterías y peleterías.

Categoría "D": Agrupa aquellos comercios medianos, los que pagan una cuota mensual de Q.15, tales como foto estudios, oficinas de empresas, iglesias, museos y oficinas de arte, molinos de nixtamal, licua frutas pequeñas, ópticas, pinchazos, talleres, academias, agencia / oficina, almacenes, imprentas, salas de belleza, tiendas pequeñas, venta de gas, venta de electrodomésticos, venta de helados, pensiones, instituciones públicas y comercios varios.

#### b. Categorías domiciliarias

Categoría "E": Esta categoría agrupa a los usuarios que pagan Q.10 por el servicio domiciliario, cuya frecuencia es de 2 veces por semana.

### **3.2.5 Disposición a pagar**

Se estableció que el 90%, del total de viviendas que harán uso del servicio de recolección de basura domiciliaria, están dispuestos a pagar una cuota mensual de Q.10 por el servicio y aceptan que sea municipal, y por el servicio de recolección comercial hasta de Q.60. Tratando de corregir el hecho de que, hasta la fecha, este servicio ha representado déficit todos los años para la municipalidad, a causa de las cuotas bajas y desactualizadas que no son suficientes para cubrir los costes de operación y mantenimiento

anuales. En el proyecto se contempla una cuota mínima de Q.10 mensuales por usuario domiciliario para permitir que el servicio sea autofinanciable.

### 3.3 Aspectos del servicio de recolección en áreas públicas

#### 3.3.1 Peso y volumen de basura a recolectar en áreas públicas

Al mejorar la recolección de la basura en las áreas públicas, con la aplicación del proyecto, se incrementará en más del 100%, el peso y volumen actual (considerando que se procederá a barrer las calles, avenidas, parques, se estima una recolección de 176 m<sup>3</sup> a la semana), en tal caso se aumentarán los viajes diarios que fueran necesarios de acuerdo a la capacidad del camión destinado para este servicio.

##### a. Peso de basura áreas públicas

$$176 \text{ m}^3 \times 300 \text{ kg} = 52.800 \text{ kg} = 66 \text{ t}$$

Lineales

Toneladas lineales

66 Toneladas semanales

9,37 Toneladas promedio diarias

Toneladas métricas

52,8 Toneladas métricas semanales

7,5 Toneladas métricas promedio diarias

##### b. Volumen de basura áreas públicas metros cúbicos

176 m<sup>3</sup> semanales

24 m<sup>3</sup> Promedio diario, (excepto lunes 32 m<sup>3</sup>)

Un camión

8 m<sup>3</sup> de capacidad

Número de viajes

22 Viajes semanales

3 Viajes diarios (excepto lunes 4 viajes)

### **3.3.2 Calendario de barrido de áreas públicas**

En el proyecto se sugiere el horario de 5:00 a 14:00 horas, diariamente de lunes a domingo, para darle una solución completa al problema de los desechos, el barrido de las calles deberá hacerse una vez por semana, donde cada barrendero deberá cubrir 10 a 12 manzanas, que le serán asignadas por el jefe de la operación limpieza, cuidando que cada uno efectúe el traslape de media manzana para asegurar que el área queda cubierta por el servicio, en cada sector no comercial o sector residencial, puesto que la responsabilidad es del usuario, ya está normalizado en el reglamento respectivo, como sectores residenciales se tomarán las zonas 2, 3, y 4.

Para el caso de los parques y barrido de vías públicas, los recolectores y barrenderos dispondrán temporalmente, en lugares estratégicos, las bolsas de polietileno utilizadas, para que el camión recolector las recoja en los horarios previstos para las dos jornadas de trabajo.

El sector comercial será atendido con prioridad, donde se asignará barrenderos, quienes cubrirán como mínimas seis manzanas, que tendrá que estar limpiando en forma continua durante toda la jornada de la semana, por lo menos dos veces al día, este sector será localizado en la zona 1.

El barrido para los mercados será manual en jornada diurna al cual se le asignará un barrendero, iniciándose el turno a las 6:00 h y terminando 18:00 h; el cual deberá barrer el mercado por lo menos dos veces el día, esta situación dependerá de cambios según la época del año.

Para las actividades especiales como fiestas, desfiles, manifestaciones, etc., se considerará realizar el trabajo de recolección por tarea, aunque esto es válido siempre y cuando la necesidad de recolección sobrepase la capacidad de la empresa municipal.

### **3.3.3 Horario de transporte del servicio de áreas públicas**

En cuanto a la recolección en las calles de la ciudad, se considera conveniente la utilización de la sectorización indicada (ver anexo 1) para la recolección de desechos domiciliarios. Las actividades de transporte se iniciarán a partir de las 6:00 horas, es decir, que un camión, a partir de esa hora, estará cargando basura de las áreas públicas en el punto de transferencia del mercado municipal.

De modo que a las 7:00 horas, aproximadamente, estará realizando su primer viaje al basurero municipal, de tal manera que este camión, a su regreso a partir de las 7:30 horas a más tardar, pueda iniciar la carga de desechos para otros viajes.

Para la carga de desechos de las vías y áreas públicas se trabajará de lunes a sábado adoptándose el número de horas por día descrito a continuación:

- a. Lunes y martes 8 horas
- b. Miércoles, jueves, viernes y sábado 7 horas

Esto hace un total de 44 horas a la semana de trabajo y permite deducir fácilmente que el mayor trabajo que habrá que efectuar se localiza después de los domingos.

### **3.3.4 Transporte de residuos del servicio de áreas públicas**

Se utilizará un camión que actualmente esta asignado a la recolección y transporte: Marca Chevrolet de 8 m<sup>3</sup> de capacidad, debe realizar de 3 a 4 viajes diarios para disponer la basura en el basurero municipal, para satisfacer los 24 metros cúbicos diarios de basura acumulada en el punto de transferencia, situado en mercado de la terminal de autobuses.

Para el desplazamiento de los vehículos recolectores, se recomienda que usen las vías del Sur de la ciudad.

### **3.3.5 Receptáculos utilizados en la recolección**

#### **3.3.5.1 Mercados**

Este almacenamiento dependerá de las necesidades de cada sitio, en los mercados se recomienda la construcción de dos depósitos debidamente identificados, uno para los desechos orgánicos y otro para los inorgánicos, con las características siguientes:

- a) 1,50 m de ancho x 3,00 m de largo x 1,50 m de alto, con el piso inclinado al 5%
- b) Forma rectangular
- c) Material de hormigón
- d) Tapadera metálica de 1,50 m x 3,00 m con una compuerta para la carga, de fibra de vidrio de 0,80 m x 0,80 m
- e) Con tapadera metálica de descarga en la parte inferior del piso inclinado, de 1,50 m de largo x 0,90 m de alto, a una altura no menor de 1,50 m medidos a partir del piso exterior

Además, se colocarán, canastas metálicas con bolsas de colores negro y blanco de 45 litros, a una altura de 0,60 m medidos a partir del fondo de la canasta, distribuidos estratégicamente en toda el área de los mercados; los desechos de estos recipientes se trasladarán periódicamente a los depósitos principales.

### **3.3.5.2 En los parques**

Se colocarán parejas de recipientes metálicos con tapadera, con forma de cesta, de color blanco y negro, intercambiables, con las características siguientes:

- a) 45 litros de capacidad
- b) Forma cónica
- c) Material plástico o metálico en forma de malla, con espacios de 0,5 cm
- d) Se colocarán a una altura del piso de no menor de 0,90 m ajustados a un paral metálico o de plástico o al poste del alumbrado público
- e) Se utilizará un color llamativo y se proveerá de un lugar para colocar propaganda comercial a fin de disminuir costes

### **3.3.5.3 Vías públicas**

Se instalarán recipientes en las áreas públicas con las características mencionadas anteriormente que para el caso corresponde.

**Tabla XVIII. Depósitos y recipientes para mercados, parques y vías públicas en el primer año de operaciones**

Descripción	Cantidad
Depósitos en mercados	4
Canastas metálicas en mercados	60
Recipientes metálicos en parques	60
Recipientes metálicos en vías públicas	100

### 3.4 Aspectos del servicio de recolección domiciliario y comercial

#### 3.4.1 Peso y volumen de basura a recolectar por el servicio domiciliario

Al mejorar la recolección de basura en los domicilios, se incrementará en un 50% el servicio actual de recolección de desechos sólidos, en tal caso los viajes diarios se aumentarán si fuere necesario.

##### a. Peso de basura domiciliario

Toneladas lineales

60 Toneladas lineales semanales

7.5 Toneladas lineales diarias (excepto  
lunes 15 toneladas lineales)

Toneladas métricas

48 Toneladas métricas semanales

6.2 Toneladas métricas diarias, (excepto  
lunes 9,6 toneladas métricas)

##### b. Volumen de basura domiciliaria metros cúbicos

160 m<sup>3</sup> semanales

30 m<sup>3</sup> diarios, (excepto lunes 40 m<sup>3</sup>)

Un camión

10 m<sup>3</sup> de capacidad

Número de viajes

16 Viajes semanales

3 Viajes diarios (excepto lunes 4 viajes)

### **3.4.2 Rutas domiciliarias**

Para la recolección domiciliaria se usarán los 2 camiones municipales que prestan su servicio actualmente en la recolección de la basura de las áreas públicas. La recolección se efectuará en los principales ejes de la ciudad, haciendo una parada por manzana en las esquinas, mientras los ayudantes recolectan la basura en cada una de las casas, depositando la basura en la palangana del camión.

Las rutas que se sugieren en el proyecto son lo suficientemente flexibles y están sujetas a cambios en su recorrido; de acuerdo con las direcciones de las residencias de los nuevos usuarios que se vayan incluyendo en el servicio, al cambio de las vías, a la inaccesibilidad de las calles, etc. Estas rutas pretenden cubrir el 100% de los domicilios del área urbana. A continuación se describen las características de las rutas:

Las rutas están nombradas de acuerdo a los puntos cardinales de la ciudad, es decir, que la orientación de las rutas está basada en los sectores: Oeste y Este, reconociendo el límite entre estos sectores la avenida de norte a sur que pasa por el parque central. En virtud al volumen de basura diaria, se consideró que la demanda se satisface con la participación de 2 camiones con capacidad de 21 m<sup>3</sup>. Con lo cual se tendrá una cobertura del 100% de la población.

En tanto que la ruta comercial será atendida por un tercer camión, el N°1C, con capacidad de 8 m<sup>3</sup>.

Se mencionan a continuación las rutas N°1 y la N°2 domiciliarias; y la ruta comercial, o sea, la N°1C, aunque se señala que en los próximos años se puedan añadir más rutas al sistema de recolección y transporte.

- a. Ruta N°1: Domiciliaria, sector oeste.
  - Ruta 1-A: domingo, martes y jueves.
  - Ruta 1-B: lunes, miércoles viernes.
  - Camión N°1: Internacional (8 m<sup>3</sup>)
  - Hora de inicio de la ruta 7:00 h.
  
- b. Ruta N°2: Domiciliaria, sector este (martes y sábado)
  - Ruta 2-A: sábado, lunes y miércoles.
  - Ruta 2-B: domingo, martes y jueves.
  - Caminón N°2 de 8 m<sup>3</sup>
  - Hora de inicio de la ruta 7:00 h.

### **3.4.3 Rutas comerciales**

Hora de inicio 8:00 h.

Punto de inicio en la esquina de la calle con la 4<sup>a</sup> avenida frente al Calvario.

Días: lunes, jueves y sábado.

- a. Número total de viajes por semana

Se estima que sumados los residuos de los domicilios, comercios y áreas públicas generan tal volumen de basura que se calcula que se requiere de 54 viajes a la semana (22 viajes de áreas públicas, 32 viajes de áreas domiciliar y comercial), por parte de los tres camiones de servicio.

### **3.4.4 Cobro de las cuotas**

La municipalidad es la responsable de asignar, llevar un registro y cobrar las cuotas mensuales de los usuarios, de acuerdo a lo que estipula el reglamento de desechos sólidos municipales con relación a las tarifas autorizadas por la Corporación Municipal.

De acuerdo con lo que preceptúa el reglamento, se aplicarán diferentes tarifas comerciales incluyendo al servicio domiciliario.

### **3.4.5 Tarifa domiciliaria**

Al inicio del proyecto se cobrará la cuota mensual de Q.10 por cada usuario al que corresponda una frecuencia de servicio de 2 veces por semana. Se sugiere que a esta cuota mensual se le aplique un incremento de Q.2,00 cada 2 años, con el propósito de compensar el aumento de los costes producidos por la inflación.

## **3.5 Residuos hospitalarios**

La municipalidad de Esquipulas no recoge los desechos hospitalarios generados por el Centro de Salud ya que estos los entierran en sus instalaciones, mientras que el Hospital Privado de Especialidades de Esquipulas, recicla sus desechos bioinfecciosos y especiales, por medio de una empresa que recoge dichos materiales cada quince días, por lo tanto la municipalidad no se involucra directamente en el manejo de estos desechos, pero si en los catalogados Desechos Hospitalarios Comunes, que se considerarán desechos comerciales.

## **3.6 Organización administrativa**

### **3.6.1 Personal**

Cada vehículo irá acompañado por el piloto y tres recolectores, dotados del equipo siguiente:

- a. Botas de hule con forro interior
- b. Overol de dos piezas, de color llamativo
- c. Gorra, para protegerlos de los rayos del sol

d. Mascarilla liviana, cuando se recolecte en zonas donde no haya asfalto o el viento sea fuerte

Partiendo de que de los 19.967 habitantes del área urbana (estimaciones propias, según la tasa de crecimiento del 3,1% Promedio Nacional –INE-, para el año 2002), el 80% presenta condiciones óptimas de acceso para prestarles el servicio de recolección y transporte, determinamos una producción de 11,00 t/día de desechos sólidos. De esta cantidad, se recolectará en el primer año de operaciones, con una eficiencia estimada del 90%, lo que supone recolectar y transportar unas 9,00 t/día = 30 m<sup>3</sup>/día, por lo que necesitaremos tres camiones de 10 m<sup>3</sup> adaptados especialmente para transportar los desechos en forma separada.

**Tabla XIX. Equipo y herramienta para la recolección domiciliar institucional para el primer año de operaciones**

Descripción	Cantidad
Escoba fibra corta plástica	18
Rastrillo de metal	18
Palas	18
Overoles	24
Botas de hule	24 pares
Mascarillas	36
Gorras	24
Sacos de brin	42
Camiones de 10 m <sup>3</sup> doble eje	3

### **3.6.2 Tamaño de la cuadrilla**

Para la recolección domiciliar se emplearán tres cuadrillas compuestas por 3 recolectores y un piloto cada una, quienes desempeñarán su trabajo de tal forma que, cada cuadrilla, cubra dos sectores al día.

El barrido por rutas fijas asignadas a un barrendero se realizará asignando calles y parques, que por sus características, faciliten el trabajo, para las áreas comerciales, se asignarán manzanas.

Para el barrido manual se emplearán dos cuadrillas compuestas por 5 barrenderos, quienes desempeñarán su trabajo de tal forma que cada barrendero cubra un sector al día; de los quince barrenderos, uno siempre rotará para efectuar la confección de escobas de fibras naturales.

Otras de las funciones importantes a ejecutarse es la limpieza de locales de ferias y actividades religiosas para las cuales se dispondrá de cuadrillas especiales. Como se mencionó anteriormente el barrido se hará por medio de cuadrillas, en ocasiones especiales, por ejemplo, el 15 de enero, 15 de septiembre, la semana santa, fiesta titular, etc.; donde el tamaño de la cuadrilla no será menor a 10 personas y a la cual se le asignará un camión recolector y un supervisor del trabajo.

Para la limpieza de los mercados se emplearán 4 barrenderos, a quienes se les asignara el lugar a barrer.

### **3.6.3 Tipo y tamaño de los vehículos a utilizar**

Con los datos obtenidos hacemos los cálculos necesarios para determinar el tipo de carretón manual a utilizar.

Producción per cápita = 0,30 kg/hab/día

Población = 19.967 habitantes

Densidad = 250 kg/m<sup>3</sup>

Producción al día = 5,99 t/día

Determinamos el volumen de desechos diarios a transportar de la forma siguiente:

$$\text{Volumen / día} = \frac{5,99\text{t / día}}{250\text{kg / m}^3} = 24,0\text{m}^3$$

Lo anterior nos dice que necesitamos transportar 24,0 m<sup>3</sup> diarios de desechos provenientes del barrido de parques, calles y vías públicas, hasta el relleno sanitario.

Si un barrendero puede hacer tres viajes diarios al lugar donde el camión recogerá los residuos, el carretón debería tener una capacidad de:

$$\text{Volumen del carretón ideal} = \frac{24,0\text{m}^3}{3 \text{ viajes}} = 8,33\text{m}^3$$

a. Número de carretones necesarios

La capacidad de un carretón es de 0,65 m<sup>3</sup> aproximadamente, pero necesitamos transportar 8,33 m<sup>3</sup> por barrendero por lo que el número de carretones será:

$$\text{Número de carretones} = \frac{8,33\text{m}^3}{0,65\text{m}^3} = 12 \text{ unidades}$$

$$0,65 \text{ m}^3 \times 250 \text{ kg/m}^3 \times 3 \text{ viajes/rec.} = 488 \text{ kg/rec./día}$$

No se recomienda el uso de camiones compactadores, puesto que las características físicas de los desechos indican una densidad de 250 Kg/m<sup>3</sup> y una producción per-cápita muy baja además del tamaño de la población a servir.

Según esta situación, se recomienda el uso de camiones convencionales de volteo, con una capacidad entre 6,00 y 8,00 m<sup>3</sup>, adaptados de tal forma que permita el transporte de los desechos en forma

separada alargando así su vida útil, al no permitir el derrame del lixiviado sobre la carrocería del mismo; el coste y mantenimiento de estos camiones es más barato.

### **3.7 Disposición final de los residuos sólidos**

Para la disposición final de los desechos sólidos del área urbana del municipio de Esquipulas, tomado en consideración los métodos modernos, se recomienda la ubicación, operación y mantenimiento controlado de un relleno sanitario, proponiendo como lugar inicial el actual botadero municipal, ubicado en el Km 227 carretera a Honduras. El actual botadero municipal presenta una geografía que se adapta para la operación y mantenimiento de dicho relleno sanitario. Estas técnicas no causan daños al ambiente y tampoco molestias o peligro para la salud y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para conformar los desechos en el menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y cubriendo los residuos depositados con capas de tierra al final de la jornada.

#### **3.7.1 Relleno sanitario**

##### **3.7.1.1 Selección del sitio**

Para ubicar el lugar de la disposición final de los desechos sólidos y luego la operación del relleno sanitario, se debe tomar en cuenta:

- a. Se ubicó al otro extremo de la urbe y considerar el crecimiento de la población (esta crece hacia el nor-orienté, alejándose de este), incluyendo la formación geológica de la zona para no contaminar las aguas subterráneas, actualmente esta entre 6 y 9 Km, del casco urbano, por lo que bajo términos ambientalistas se considera bien.

- b. Se identificó como un terreno improductivo, por erosión o basurero clandestino, y que se puede recuperar con la construcción del relleno sanitario. Visualizando una vida útil de 5 a 10 años y una tierra de cobertura de acarreo cercano.
- c. La topografía de acceso al relleno, tomando en cuenta que fuera de fácil acceso y rápido a bancos de tierra para el recubrimiento, sin afectar el tráfico de vehículos, ni pasar por zonas residenciales, puentes estrechos, pasos inferiores o pendientes empinadas.

#### **3.7.1.2 Operación técnica**

Para la operación adecuada del relleno se debe utilizar el método de celdas, las cuales tendrían una altura de 2.00 mts con una pendiente de 2:1; el recubrimiento diario será de 0.15 mts. en todas las celdas, excepto en la parte superior de aquellas que lleguen al nivel superior del relleno sanitario terminado, las cuales tendrán una capa de 0.60 mts. El volumen de recubrimiento diario será proporcional al volumen de basura diario.

##### **a. Bases operativas**

###### **a) El grado de compactación**

Significa la relación entre la basura recibida y el volumen después de la compactación. Depende del tipo de basura, cantidad de basura precompactada en los vehículos recolectores, del procedimiento usado en la compactación, la altura del relleno, número de capas y compactabilidad de la tierra en el área a rellenar.

###### **b) Cobertura**

Debe de ser de 0.60 mts como mínimo y las intermedias de 0.15 mts.

b. Secuencia de operaciones.

La compactación de alta densidad requiere que los desechos sean esparcidos en capas delgadas compactadas en varias pasadas, cubriéndose diariamente con una capa compactada de material de recubrimiento. Para ejecutar este procedimiento, puede escogerse entre el método de relleno hacia arriba, hacia abajo o a nivel; a continuación una explicación en que consiste cada uno:

a) Hacia arriba.

Se recomienda cuando la pendiente del terreno no es mayor de 3:1. al esparcir hacia arriba permite mejor control del espesor de cada capa y facilita al operador ejercer mejor control de cada uno de los bloques compactados. La compactación con máquina en pendientes aumenta la capacidad de demolición, ayuda a punzar, triturar y aplastar los desperdicio de modo más agresivo, enterrándolo en el área de trabajo para aumentar la densidad.

b) Hacia abajo.

Se requiere más habilidad, pues los materiales de desecho tienden a rodar la pendiente o escapar con brusquedad de la máquina.

c) A nivel.

El esparcimiento y la compactación a nivel no es usual. Una superficie de trabajo mayor quedará expuesta al viento y a la intemperie; las distancias entre cada ciclo serán mayores y el control efectivo del bloque se hará más difícil.

Recomendando para el relleno sanitario de Esquipulas la compactación hacia arriba.

### **3.7.1.3 Organización administrativa**

El personal mínimo necesario para la operación óptima de un relleno sanitario es la base de su funcionamiento a lo largo de su existencia, teniendo que contar con el siguiente personal.

a) Jefe de operaciones.

Asesorado por el Asistente Técnico de la Comisión Municipal del Medio Ambiente en la operación del relleno sanitario; además ejercerá un control de las personas que laboran dentro del relleno sanitario.

b) Vigilancia o seguridad.

Realizada por dos personas asignadas por la municipalidad, y deben de velar para que no intervengan personas extrañas al relleno sanitario.

c) Operarios del relleno sanitario.

Se contará con dos personas: una encargada de manejar y controlar el equipo de trabajo (tractores agrícolas) y su ayudante quien lo orienta y avisa de los peligros al operador de máquina; tomando en cuenta el área donde se trabaja, el tamaño de la maquinaria, y la cantidad de tierra a depositar.

### **3.7.1.4 Costos del relleno sanitario**

Los costos de operación y mantenimiento del relleno sanitario se conocerán cuando se encuentre en operación, pero este genera dos tipos de costos:

a) Costos directos.

Son aquellos que se dan para las operaciones de un mantenimiento diario, incluyen: personal, operación de equipos, incluso aceites y combustibles, mantenimiento y reparación de equipos.

b) Costos indirectos.

Son aquellos como seguridad, personal de recolección, etc.

### **3.7.1.5 Ventajas del relleno sanitario**

- a) Es más completo que los demás métodos de eliminación de desechos, pues no genera ceniza ni almacena elementos indestructibles. Elimina problemas del basurero abierto: incendios, malos olores, humo y focos de infección causados por animales nocivos.
- b) La inversión es menor a la que necesitan otros sistemas de eliminación de desechos sólidos (trituración, compost o incineración).
- c) Habilita terrenos considerados como irrecuperables por improductividad y elimina el impacto visual negativo de un basurero.
- d) Puede servir a varias poblaciones a la vez.
- e) No necesita de instalaciones permanentes o fijas.
- f) No necesita clasificar los materiales de desechos.

### **3.8 Propuesta de reglamento para la administración, operación y mantenimiento del servicio municipal de recolección de basura de Esquipulas, Chiquimula**

#### **I Disposiciones generales**

Artículo 1º. La municipalidad de Esquipulas, departamento de Chiquimula, es propietaria de los bienes presentes y futuros de todos los activos que deben figurar en el inventario municipal.

Artículo 2º. 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 3º. 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 4º. No se concederá cualquiera de los derechos contemplados en este reglamento a título gratuito, las instituciones de servicio público y entidades del Estado, que hagan 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 5º. La municipalidad prestará el servicio público de recolección y transporte de desechos sólidos, sin perjuicio de los servicios privados que para este fin puedan establecerse, realizará el barrido de calles, plazas y mercado municipal, recolectará y transportará los desechos provenientes de estas áreas, según sus propios recursos.

Artículo 6º. La basura y desperdicios que entreguen las personas que hagan uso del servicio, 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 estará en conocimiento del usuario.

Artículo 7º. 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 8º. 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 asesoría que proporcione el INFOM. Todos los desechos provenientes de la recolección, ya sea ésta municipal o privada, deberá ser transportados a este depósito, salvo otra disposición de la municipalidad.

Artículo 9º. 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 10º. Son atribuciones del Tesorero Municipal, además de las contenidas en el Código Municipal, las siguientes:

- 10.1. Ejecutar el presupuesto específico de ingresos y costes del servicio, velando por la correcta aplicación y oportuna recaudación de las tasas establecidas.
- 10.2. Llevar el registro analítico del activo fijo para uso del servicio.
- 10.3. Recibir por parte del administrador o encargado del servicio la cantidad de las tasas recaudadas mensualmente.
- 10.4. 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 11º. El Administrador o Encargado del servicio velará, juntamente con el Alcalde, de que la prestación del servicio se haga de forma eficiente y con la correcta aplicación del presente reglamento, sus atribuciones son:

- 11.1. Recibir las solicitudes del servicio y analizar la factibilidad de concederlo y autorizarlo de acuerdo a la categoría correspondiente y a las rutas determinadas para el mismo.
- 11.2. Efectuar la apertura y operación de tarjetas de cuenta corriente por cada suscriptor.
- 11.3. Controlar y dirigir el cobro de las tasas por servicio.

- 11.4. Determinar las rutas y paradas del servicio de conformidad con el número de suscriptores.
- 11.5. Organizar el horario de labores del personal.
- 11.6. Rendir informe mensual a la Tesorería Municipal sobre el gasto de combustible, mantenimiento de vehículos y otros implementos utilizados en el servicio.
- 11.7. Dirigir los trabajos del servicio a su cargo, velando porque los trabajadores cumplan con sus obligaciones.
- 11.8. Informar al Alcalde de cualquier anomalía que observe en el funcionamiento del servicio o irregularidad en la aplicación del reglamento.
- 11.9. Procurar su capacitación y la del personal a su cargo para prestar con más eficiencia el servicio.
- 11.10 Participar directamente en las campañas de promoción que efectúe la municipalidad y organizarlas por propia iniciativa con la autorización correspondiente.

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

- 12.1. Efectuar el cobro de la tasa por la 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.

- 12.2. Enviar mensualmente al Administrador o Encargado una lista de morosos, especificando: Nombre y dirección del usuario, cantidad que adeuda y período de demora.
- 12.3. 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 13º. Son atribuciones del conductor, las siguientes:

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

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

- 14.1. Trasladar la basura o desperdicios del lugar donde sean colocados por los usuarios, al vehículo que utilice el servicio.
- 14.2. Atender correctamente y con cortesía a los usuarios.

- 14.3. Cumplir con las demás tareas que le sean encomendadas por el Administrador o Encargado, relacionadas con el servicio.

En el relleno sanitario:

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

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

Artículo 16º. Son atribuciones de los ayudantes del operador de la maquinaria (tractor):

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

#### **IV Aspectos económicos y financieros**

Artículo 17º. Anualmente se calcularán los ingresos y costes del servicio, los que se incluirán en el presupuesto municipal aprobado con las formalidades que establece el Código Municipal.

Artículo 18º. 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 19º. Por el servicio municipal de recolección, transporte y disposición de basura y desperdicios se cobrará una tasa mensual de acuerdo al uso que se le dé al inmueble y a la frecuencia del servicio, de la siguiente manera:

- a) Por cada vivienda individual, servicio 2 veces / semana Q.10
- b) Por cada Institución pública, servicio 2 veces / semana Q.15
- c) Por cada colegio privado, servicio 2 veces / semana Q.15
- d) Por los comercios, servicio 3 veces / semana:

- Categoría "A": Q.30 o más / mes. Incluye industrias, instituciones especiales, como hospitales, centros médicos, comercios grandes, etc.

- Categoría "B": Q.25 /mes. Agrupa a diversas fábricas, restaurantes grandes, hoteles de lujo, mueblerías, etc., los cuales tienen más de 5 empleados c/u.

- Categoría "C": Q.20 /mes. Esta categoría representa aquellos comercios, que tienen menos de 5 empleados, como hoteles,

restaurantes, gimnasios, pastelerías, farmacias (grandes), dulcerías, bancos, aserraderos, peleterías.

- Categoría "D": Q.15 /mes. Se ubican aquí aquellos comercios pequeños con menos de 5 empleados, que producen volúmenes reducidos de basura, por ejemplo, cafeterías, ferreterías, oficinas, iglesias, museos y oficinas de arte, cines y teatros, talleres, academias, imprentas, almacenes, pensiones, instituciones públicas.

- Categoría domiciliar "E": En esta categoría se ubican todos los domicilios particulares que hacen uso del servicio 2 veces por semana, pagan una cuota mensual de Q.10 c/u.

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 quien 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:

22.1. El almacenamiento de desechos en la vía pública o en lugares no autorizados a tal fin.

- 22.2 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.
- 22.3. Arrojar basura y otros desperdicios en calles, plazas o cualquier otro sitio que no sea expresamente destinado para este fin.
- 22.4. Ensuciar calles, plazas, o centros públicos, satisfaciendo necesidades corporales que afecten la limpieza y ornato de la ciudad.

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

## **VI De la recolección privada**

Artículo 24º. 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, tengan los requisitos para operar en el área sanitaria del municipio.

Artículo 25º. La recolección de basura y desperdicios en domicilios, comercios, industrias, etc., sólo podrán realizarla personas o empresas debidamente autorizadas por la municipalidad y con vehículos que tengan los requisitos y especificaciones contemplados en el contrato de concesión y únicamente en el área que se les hubiese asignado.

Artículo 26°. La concesión del servicio de recolección y transporte de desechos se hará de conformidad con lo estipulado en los Artículos 32 al 35 del Decreto Número 58-88-Código Municipal.

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

- Derechos de concesión por un año Q.2.000
- Renovación de concesión Q.2.000
- Se establece, además, la tasa mensual de cada usuario del servicio Q.10

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 obligadas a trasladar los desechos al sitio establecido como vertedero municipal o relleno sanitario que señale la municipalidad y pagarán la cantidad de Q.20 al mes.

## **VII 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 basándose en 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 transportes particulares, para la prestación del servicio de recolección, cuando por circunstancias especiales no le sea posible hacerlo con vehículos propios. En este caso los servicios contratados, deberán cumplir con los requisitos que exija la municipalidad y quedarán bajo la vigilancia y supervisión del Administrador o Encargado del servicio.

Artículo 31º. 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 32º. Este reglamento entrará en vigor ocho (8) días después de su publicación en el Diario Oficial.

Para obtener los resultados deseados con la implementación de este proyecto, es necesario obtener el involucramiento y la participación social en forma efectiva de turistas y habitantes de Esquipulas, en el manejo de los desechos sólidos, y para lograr esto, se proponen los siguientes Aspectos de Participación Social en Educación Ambiental.

## **4. ASPECTOS DE PARTICIPACIÓN SOCIAL EN EDUCACIÓN AMBIENTAL**

### **4.1 Aspectos generales**

La educación ambiental, al igual que la educación en un sentido general, es un proceso dinámico y continuo, permanente e integral, que permite a las personas conocer más sobre el ambiente y comprender las relaciones del hombre con la naturaleza, con los elementos y con los seres vivos. Todo hombre debe aprender a distinguir entre lo indispensable y lo necesario, lo útil o dañino, lo importante para él y para los demás. La educación ambiental es parte de toda actividad humana, promueve el respeto a los valores y costumbres de la comunidad y pretende lograr el equilibrio entre el plan de vida personal y el desarrollo comunitario. La educación ambiental permite la supervivencia del hombre y le da conocimientos, metas y procedimientos para mejorar su calidad de vida, fundamentados en los principios ecológicos, políticos, sociales, tecnológicos y económicos.

#### **4.1.1 Objetivos de la educación ambiental**

La persona:

- a) Adquiere conocimientos, y con esto se interesa en el ambiente y en las relaciones que se dan entre sus componentes.
- b) Toma conciencia, logra conocer su ambiente y comprende las relaciones que se dan en la naturaleza,
- c) Desarrolla valores y actitudes, para mejorar los valores sociales.
- d) Participa, para conocer los procedimientos y formas.

- e) Utiliza procedimientos, para evaluar las medidas y programas ambientales.
- f) Tiene un juicio crítico, en el cual desarrolla un sentido de responsabilidad.

#### **4.1.2 Principios de la educación ambiental**

Estos principios de la educación ambiental son una guía que se utiliza para desarrollar los programas educativos. Indican en qué se debe basar un programa de educación ambiental.

- a) Se da en todo lugar, todo tiempo y a todos los grupos.
- b) Toma en cuenta los aspectos ecológicos, políticos, económicos, tecnológicos, social, legislativo y estético.
- c) Promueve la participación y la formación de líderes ambientales.
- d) Estudia las comunidades en sus condiciones naturales.
- e) Promueve el interés, la toma de conciencia y la sensibilidad de la población por el ambiente.
- f) Estimula la colaboración y la responsabilidad del grupo.
- g) Guía a las personas a resolver los problemas comunitarios, regionales y nacionales.
- h) Se centra en la formación de valores y actitudes
- i) Se basa en la experiencia y sentido común de los integrantes de la comunidad.

#### **4.1.3 Persona encargada de la educación ambiental**

Las comunidades o grupos sociales deben formar redes educativas que permitan que cada persona se eduque y ayude a los demás en su proceso de formación. Cada comunidad debe diseñar su propio sistema de educación ambiental.

a. Educador ambiental

Tiene la responsabilidad de planificar, orientar, dirigir, organizar y dar seguimientos a las acciones para lograr este propósito.

b. Bases del educador ambiental

- a) Debe conocer el ambiente del área de trabajo
- b) Debe ser una persona que facilite el aprendizaje y formación de la comunidad, para estimular a la comunidad en el desarrollo de su naturaleza.
- c) Debe ser un comunicador, para compartir e intercambiar ideas, opiniones y soluciones referentes al medio ambiente.
- d) Debe ser un orientador, para analizar la situación del ambiente en la comunidad y orientar a los grupos en la solución de los problemas ambientales.
- e) Debe ser un organizador, para guiar a los grupos que se encargarán de la educación ambiental.
- f) Debe planificar las actividades educativas ambientales de la comunidad.
- g) Debe ser un integrador, que integre los conocimientos de otras áreas a la educación ambiental.
- h) Debe ser un investigador, para conducir el proceso de análisis de los problemas ambientales, y ayudar a definir las acciones para su solución.

## **4.2 Programas de educación ambiental**

Un programa debe tomar en cuenta la cultura nacional y local, las tradiciones, costumbres y las características propias del lugar. Para elaborar un programa educativo ambiental se sugieren los siguientes pasos:

#### **4.2.1 Lineamientos de un programa ambiental.**

- a) Establecer el propósito del programa educativo ambiental.
- b) Reconocer las características de la comunidad.
- c) Analizar la situación ambiental de la comunidad a través de un taller comunitario.
- d) Planificar las acciones educativas ambientales.
- e) Llevar a cabo las acciones educativas ambientales.
- f) Evaluar las acciones educativas ambientales.
- g) Dar seguimiento e iniciar otros programas educativos.

#### **4.3 Propuesta de educación ambiental**

Puede utilizarse muchas estrategias educativas en la educación ambiental que van desde carteles hasta programas de extensión forestal, así que los educadores ambientales que han trabajado en escuelas, tienen que ponerse de inmediato a proyectar un plan de estudio escolar, sin considerar si los agricultores o los funcionarios gubernamentales, podrían tener un mayor impacto sobre el medio ambiente que las personas.

##### **4.3.1 Consideraciones al escoger una estrategia**

Al escoger una estrategia de educación ambiental, hay que tomar en consideraciones los dos principales puntos que son:

- a) Llegar hasta el público, meta del programa.

La estrategia debe ser encaminada a las personas que están relacionadas directamente con el problema que se vive, y que la pondrán en práctica.

b) Comunicar la información del programa eficazmente.

Todo lo que se pretende hacer y lograr debe ser entendido por las personas que trabajarán en él directamente.

### **4.3.2 Estrategias comúnmente usadas**

#### **4.3.2.1 Programas de extensión**

Estos son proyectados a los adultos, los cuales brindan métodos específicos para mejorar la salud, la agricultura y la silvicultura. Los trabajadores de extensión llevan sus mensajes a las casas o a las organizaciones de amas de casa, madres con pequeños hijos, agricultores y otros.

a) Ventajas.

Los programas de extensión por lo general son la forma más eficaz de comunicar mucha información a adultos. Si bien otros enfoques educativos pueden concienciar, muchas veces se necesitan los programas de extensión para dar respuestas prácticas.

Los agentes de extensión bien capacitados y motivados comprenden a las personas con las cuales trabaja. Tiene un conocimiento profundo del material técnico y como presentarlo, así como la manera de comprender las comunidades donde trabaja.

b) Desventajas.

Ya que un agente de extensión tiene contacto con pocos individuos, y por lo general pasa bastante tiempo con cada cliente, los programas de extensión son relativamente caros. Los agentes pueden estar mal entrenados, mal pagados, y sin mucha motivación. A menudo los servicios de extensión no tienen suficiente personal, y no tienen

capacidad de proporcionar el transporte, las ayudas didácticas y la capacitación técnica en el puesto de trabajo que se necesitan.

c) Implementación.

Conseguir el apoyo de funcionarios de todos los niveles de la organización de extensión nacional, regional y local. Métodos para elaborar un programa de extensión:

- a. Capacitar a agentes de extensión.
- b. Preparar ayudas didácticas para los agentes de extensión.
- c. Ayudar a los agentes de extensión a coordinar sus esfuerzos con otras entidades.

#### **4.3.2.2 Programas escolares**

En las escuelas, se pueden enseñar los conceptos y prácticas ambientales como cursos de estudios ambientales, pero es más común que se integren con otros programas, tales como ciencias naturales o sociales.

Además, en muchas comunidades se pueden utilizar las escuelas para comunicarse con los adultos; también las actividades de la escuela pueden involucrar a toda la comunidad.

a) Ventajas

Los programas escolares pueden inculcar a muchos alumnos a través de muchos años, y se pueden presentar conceptos complejos progresivamente. Se puede inculcar una ética ambiental cuando los alumnos todavía están formando sus actitudes y sus valores.

b) Desventajas

A menudo los escolares son demasiado jóvenes para ayudar a resolver los problemas ambientales actuales. Consecuentemente, educar a los alumnos con vistas a su futuro impacto ambiental, tal vez no será la

primera prioridad del educador. Algunos programas escolares tienen poca flexibilidad y tiempo en el día escolar y faltan recursos (humanos y financieros) para programas de un día de limpieza en el área urbana. Los programas escolares pueden requerir de muchísimo tiempo y trabajo en su preparación, hay que elaborar, aprobar y financiar los planes de estudio, hay que imprimir los materiales y capacitar a los maestros para poderlos utilizar.

c) Implementación.

- a. Analizar el plan de estudio ya existente.
- b. Conseguir el apoyo del Ministerio de Educación.
- c. Involucrar a los maestros en el desarrollo del plan de educación ambiental.
- d. Probar el plan en las escuelas para averiguar como responden los maestros y estudiantes.
- e. Evaluar y revisar el plan de trabajo.
- f. Capacitar a otros maestros en el uso del plan de trabajo.
- g. Imprimir copias del plan de trabajo y distribuirlos.

#### **4.3.2.3 Medios de comunicación (televisión y radio)**

Los educadores ambientales a menudo pueden encontrar una emisora de radio o televisión dispuesta a colaborar en la producción o divulgación de programas educativos de fondo. Los medios masivos tanto gubernamentales como privados pueden presentar programas relacionados a la limpieza, manejo y recolección de los desechos sólidos en Esquipulas.

a) Ventajas.

Los medios masivos de comunicación llegan a más personas a menor costo que cualquier método. Si se utilizan con creatividad, pueden presentar información pertinente en una variedad de situaciones.

b) Desventajas.

A pesar de que los medios masivos de comunicación llegan a un público bastante grande, no hay garantía de que las personas escuchen el programa de radio o televisión, el público es más pasivo que participativo.

c) Implementación.

- a. Trabajar de cerca con un empleado del medio de comunicación elegido.
- b. Planificar cuidadosamente, debido a que un pequeño error puede ser captado por miles de personas, y puede ser difícil corregirlo.

#### **4.3.2.4 Materiales impresos especiales**

Estos pueden comunicar información sobre el medio ambiente en escuelas, oficinas y lugares públicos de reunión, para los que tienen niveles mínimos de analfabetismo.

a) Ventajas.

Los materiales impresos pueden comunicar información a muchas personas y a un costo bajo, y el lector puede referirse a ellos una y otra vez a su gusto. Algunos materiales impresos se pueden vender para recaudar fondos para otros proyectos.

b) Desventajas.

Las publicaciones especiales dependen de la voluntad del lector de leerlas, en comparación con los medios masivos de comunicación; la producción de publicaciones especiales tiene un costo más alto por persona.

- c) Implementación.
  - a. Comparar los costos y la eficacia relativa de publicaciones sencillas con publicaciones a colores.
  - b. Considerar los posibles sistemas de distribución.

La propuesta de educación ambiental para el municipio de Esquipulas es la siguiente, de acuerdo a los puntos anteriores.

Se utilizará una combinación de las estrategias expuestas:

- a. Programas de extensión.

Por medio del encargado municipal se hará extensionismo con grupos organizados como comités de vecinos, comités de mercados y artesanías para informar a las personas acerca del proyecto a implantar.
- b. Programas escolares.

Se trabajará con la Supervisión Educativa de Esquipulas y con los profesores de las diferentes escuelas públicas y privadas del área urbana para que la educación ambiental en el municipio de Esquipulas se centre en el problema de la basura y su solución.
- c. Medios de comunicación.

El encargado municipal se acercará con las diferentes radios y con la empresa de cable local para diseñar y grabar los “spots” que lleven mensajes que coadyuven a solucionar el problema de la basura en la ciudad.
- d. Materiales impresos.

El encargado municipal coordinará el diseño de afiches, para su impresión y distribución en centros escolares, oficinas públicas,

comercios y hoteles, para hacer llegar a los vecinos y turistas en forma más directa la problemática y la solución que se está implantando. Para la época de mayor asistencia turística se diseñarán volantes para su distribución directa a los turistas al ingresar a Esquipulas, así como en el transporte extraurbano, hoteles, restaurantes y en las calles.

La implementación de este proyecto conlleva costos de inversión, de operación y mantenimiento (directos e indirectos) los cuales permitirán que se cumpla con la ejecución y continuidad de este, y por lo tanto, se hace necesario un análisis Económico–Financiero de los beneficios que se esperan obtener.

## 5. ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

A continuación se presenta un análisis económico financiero del proyecto. Este permitirá demostrar que el proyecto puede realizarse con los recursos financieros requeridos y podrá evaluarse la decisión de comprometer esos recursos en el proyecto sin riesgo, considerando que el precio pagado por insumos, representa el sacrificio hecho por el país y el pueblo para realizar esa inversión y no otro proyecto de beneficio social.

### 5.1 Costo de inversión (presupuesto de inversión inicial)

Son todas las inversiones efectuadas antes de la puesta en marcha del proyecto se pueden agrupar en dos tipos: activos fijos y capital de trabajo.

#### a. Inversión en activos fijos:

Serán todas aquellas inversiones que se realizaran en los bienes tangibles que servirán de apoyo a la operación normal del proyecto:

**Tabla XX. Inversión en activos fijos**

Descripción	Cantidad	Unidad	Q/unidad	Coste (Q)
Depósitos concreto para mercados	4	Unidad	500,0	2.000,0
Canastas metálicas para mercados	60	Unidad	75,0	4.500,0
Recipientes metálicos de parques	60	Unidad	175,0	10.500,0
Recipientes metálicos de vías públicas	100	Unidad	100,0	10.000,0
Camiones de doble eje de 8 m <sup>3</sup>	3	Unidad	125.000,0	375.000,0
TOTAL				402.000,0

Aquí se tomará en cuenta que la municipalidad ya cuenta con un tractor (cuyo costo actual es de Q.1,293.600) para la compactación de los desechos sólidos por lo tanto no se invertirá en esto, por lo que el total de la inversión en activos fijos será de Q.402,000.00.

b. Inversión en capital de trabajo:

La inversión en funcionamiento constituye el total de recursos necesarios, en la forma de activos corrientes para la operación normal del proyecto durante un ciclo productivo para una capacidad y tamaño determinado.

**Tabla XXI. Resumen de mano de obra para la recolección, barrido y transporte**

Operador	Nº Operarios	Salario	Gasto mensual	Actividad
Barrenderos mercados	4	Q.1,100 c/u	Q.4,400 c/u	Barrido manual y transporte
Barrenderos vías públicas	5	Q.1,100 c/u	Q.5,500 c/u	Barrido manual y transporte
Barrenderos parques	5	Q.1,100 c/u	Q.5,500 c/u	Barrido manual y transporte
Recolectores	9	Q.1,100 c/u	Q.9,900 c/u	Recolección domiciliaria
Pilotos	3	Q.1,350 c/u	Q.4,050 c/u	Op. mantenimiento vehículos
Total	26		Q.29,350	

Además de dotar del equipo correspondiente se dotará de bolsas plásticas las cuales se colocarán en forma de forro dentro de los carritos recolectores que, al llenarse, se depositarán temporalmente en puntos predeterminados para que los recoja el camión recolector.

Se implementará el barrido manual por que permite el aprovechamiento de la mano de obra intensiva, posibilita barrer en cualquier tipo de pavimento, con bajo coste de mantenimiento mecánico y facilidad para recoger cualquier tipo de material:

- a. Una escoba con fibras cortas duras de plástico.
- b. En las calles sin pavimento, se utilizarán escobas con fibras largas y flexibles que serán confeccionadas por el mismo personal, permitiendo un estímulo a la economía del barrendero, puesto que se le pagará aparte por este trabajo.

- c. Un carretón de mano, hecho de un tonel cilíndrico plástico de 55 galones de capacidad, con llantas de goma de hule, que garantizará la ausencia de pinchaduras, también se adaptará ganchos con bolsas en las partes laterales, que permitirán el traslado de materiales de tamaño mediano.
- d. También se le dotará de una pala manual con el fin de recoger el material barrido.

En lo que respecta al equipo personal del barrendero, se considera de importancia el dotarlo de:

- a. Botas de hule con forro interior.
- b. Overol de dos piezas de color llamativo, para evitar accidentes de tránsito, que lo identifique como parte de la empresa que presta el servicio
- c. Gorra o sombrero de ala ancha.
- d. Mascarilla liviana, cuando el barrido lo realice en zonas donde no haya asfalto o el viento sea fuerte.

Este mismo equipo será utilizado para la limpieza y recolección de los desechos de mercados, parques y otras áreas públicas.

La publicidad que se deberá realizar para el funcionamiento del presente proyecto, la realizará el Departamento de Relaciones Públicas de la Municipalidad de Esquipulas, por lo que el gasto que esta implique será manejado directamente por este departamento, además se involucrará a las empresas de radio y televisión para que colaboren con este proyecto, proporcionando espacios publicitarios en sus empresas.

**Tabla XXII. Resumen de herramienta para la recolección, barrido y transporte**

Descripción	Cantidad	Unidad	Q/unidad	Coste (Q)
Escobas de fibras cortas plásticas	44	Unidad	30,0	1.320,0
Escobas de fibras largas naturales	44	Unidad	25,0	1.100,0
Palas	3,5	Docena	240,0	8.400,0
Overoles de dos piezas	5,5	Docena	1.440,0	79.200,0
Botas de hule con forro interior	5,5	Docena	1.080,0	59.400,0
Mascarillas	92	Unidad	2,5	230,0
Gorras	0,50	Centena	1.000,0	500,0
Sacos de brin	1,10	Centena	100,0	110,0
Carretones de tracción manual	16	Unidad	600,0	9.600,0
Rastrillos de metal	1,5	Docena	960,0	1.440,0
Bolsas de polietileno color blanco	365,5	Millar	1.100,0	402.050,0
Bolsas de polietileno color negro	365,5	Millar	1.100,0	402.050,0
<b>TOTAL</b>				<b>965.400,0</b>

El total de inversión en capital de trabajo por concepto de herramientas para la recolección, barrido y transporte es de Q.965,400.00; contándose además con la inversión de activos fijos (tabla 5.2) que es de Q.402,000,00; dando un total que asciende a Q.1,367,400.00, inversión que se debe realizar para poner en marcha el proyecto.

## **5.2 Costos de operación y mantenimiento**

De acuerdo con el control de los costes registrados en la tesorería municipal por concepto del servicio de áreas públicas y domiciliarias, los registros son globales, es decir, no llevan detalles independientes de ambos servicios.

En tal virtud, a continuación se describen los costes globales del servicio de recolección de áreas públicas, junto con los costes del servicio domiciliario durante un mes:

**Tabla XXIII. Presupuesto de costes servicio municipal**

RUBRO	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
- Servicios personales			
Barredores	6	Q.653 c/u mes	Q.47.016
Pilotos de camión	2	Q.660 c/u mes	Q.15.840
- Suministros			
Combustibles y lubricantes			Q.29.952
Repuestos y accesorios			Q.49.821
- Equipo del personal			
Carretillas de mano Q.150 c/u.	7	Q.150 c/u	Q.1.050
Palas de metal Q.35 c/u.	7	Q.35 c/u	Q. 245
2 Rastrillos de metal Q.25 c/u.	42	Q.25 c/u	Q.1.050
Resumen de costes servicio mpal.			
Servicios personales			Q.62.856
Combustibles y lubricantes			Q.29.952
Repuestos y accesorios			Q.49.821
Equipo de personal			Q.2.345
Total costes			Q.144.974

Para la puesta en marcha del proyecto se contarán con gastos de funcionamientos los cuales se detallarán a continuación; se describen los costes globales del servicio de recolección de áreas públicas, junto con los costes del servicio domiciliario durante un mes:

**Tabla XXIV. Presupuesto de funcionamiento**

- Servicios personales	
14 barredores a Q.1,100 c/u.	Q.15,400
9 recolectores a Q.1,100 c/u.	Q.9,900
3 pilotos de camión a Q.1,350 c/u.	Q.4,050
1 tractorista	Q.1,350
1 ayudante del tractorista	Q.1,100
2 guardianes a Q.1,100 c/u.	Q.2,200
1 encargado relleno sanitario	Q.2,500
1 promotor de educación ambiental	Q.2,500
	<hr/>
	Q.39.000
- Combustibles y lubricantes	Q.11.500
- Repuestos y accesorios (mantenimiento equipo de trabajo)	Q.7.500
- Equipo del personal	
24 mascarillas Q.2.50 c/u.	Q.60
364 bolsas de polietileno blancas Q.1.10 c/u.	Q.401
364 bolsas de polietileno negras Q.1.10 c/u.	Q.401
	<hr/>
- Resumen de costes servicio municipal	
Servicios personales	Q.39.000
Combustibles y lubricantes	Q.11.500
Repuestos y accesorios	Q.7.500
Equipo del personal	Q.862
Otros gastos	Q.5.000
Total costes	<hr/>
	Q.63.862

### 5.3 Proyección de ingresos

La municipalidad se responsabiliza de la recolección de basura en las áreas públicas, por lo cual no tiene ningún tipo de ingresos en este aspecto.

En virtud de que la recolección domiciliaria y la comercial, son las únicas que tienen beneficiarios directos, que pagan el servicio recibido, se pretende que estos beneficiarios financien totalmente el servicio de tren de aseo y la disposición final de la basura.

Es importante destacar que existen sectores de difícil acceso por su topografía, con capacidad de pago muy bajo y que no podrán ser atendidos con este método convencional de recolección, para el presente caso se estima que representa el 20% de la población.

Tomando en consideración lo anterior se estima que los ingresos por concepto de recolección de desechos sólidos en el área urbana, quedarán como se detallan a continuación:

**Tabla XXV. Proyección de ingresos**

Categoría del servicio	Cuota mensual	No. de usuarios	Total
Categoría A	Q.30	350	Q.10,500
Categoría B	Q.25	89	Q.2,225
Categoría C	Q.20	70	Q.1,400
Categoría D	Q.15	178	Q.2,670
Categoría E	Q.10	5,122	Q.51,220
Total de ingresos esperados			Q.68,015

#### **5.4 Aspectos financieros de la municipalidad**

La municipalidad de Esquipulas tiene ingresos promedio mensuales de Q. 22,000.00, de las casi 3660 viviendas que usan el servicio de recolección de basura, a una cuota mensual de Q.6, los que da un total anual por dicho concepto de Q.264,000.00. lo que representa una pérdida para esta institución el prestar el servicio de Recolección de desechos sólidos.

Para poner en funcionamiento dicho proyecto la municipalidad de Esquipulas debe agenciarse de los fondos necesarios para la inversión inicial, sabedores que una de las fuentes de ingresos de la municipalidad es el 12% constitucional que otorga el Gobierno de Guatemala, se sugiere buscar las distintas opciones de financiamiento que prestan las distintas instituciones estatales como corporaciones internacionales.

#### **5.5 Opciones de financiamiento**

Una vez dispuesto el plan de inversiones o costo total del proyecto, es el momento de esquematar la forma de financiamiento, es decir, las fuentes de donde provendrán los recursos. Las fuentes de financiamiento que se pueden seleccionar para la ejecución del proyecto, según el origen de los recursos son:

- a. Fuentes internas o recursos propios: serán los recursos que originen dentro de la empresa y se podrán integrar por:
  - a) Aporte de capital: son los fondos que ponen la municipalidad de su presupuesto los cuales se obtienen a través de ingresos, consistentes en alquiler de plaza, 8% constitucional, etc.
- b. Fuentes externas de financiamiento o de créditos: serán los recursos que se originaran fuera de la empresa y puede provenir de:

- a) Mercado de capital: que se procure la integración del capital, recurriendo a inversionistas y formando una empresa mixta que contenga capital de la municipalidad y privado.
- b) Créditos bancarios: bancos e instituciones financieras son fuentes a las cuales se puede recurrir para el financiamiento a través de créditos a corto, mediano y largo plazo.
- c) INFOM: instituto que otorga préstamos para el fomento y desarrollo de las municipalidades.
- d) Donaciones: estas donaciones se pueden conseguir a través de la Corporación Española, Corporación Japonesa.

Para fines de la ejecución del presente proyecto se recomienda que la inversión sea hecha por la municipal en su totalidad, ya que se cuenta con el capital necesario obtenido a través de donaciones, y se evitará estar pagando interés a otras dependencias.

## **5.6 Relación beneficio / costo.**

Actualmente el servicio de recolección domiciliar, que ofrece la municipalidad, cubre 3660 usuarios, los cuales representan el 70% aproximadamente del total de 5.122 viviendas registradas para el año 2002.

En tal sentido, el servicio actual no satisface las necesidades de la totalidad de la población, lo que condiciona uno de los factores por los que proliferan los promontorios de basura en diferentes sectores de la ciudad, los que a su vez empeoran el ornato de la misma, aspecto de suma importancia para el atractivo turístico de la ciudad.

Este proyecto pretende mejorar la vida de todos los habitantes del área urbana de Esquipulas disminuyendo los brotes de enfermedades ocasionadas por la constante proliferación de insectos debido a la cantidad de basureros expuestos, además mejorar el atractivo turístico para que sean más las personas que nos visitan y contribuyen a mejorar los ingresos de las personas del casco urbano de Esquipulas.

Al implementar este plan se puede comprobar que los ingresos mensuales generados por el servicio de recolección de desechos sólidos (Q.68,015) son mayores que los egresos (Q.63,862) lo que nos demuestra que el plan es autofinanciable y además genera una ganancia (Q.4,153) que podría utilizarse para el constante mejoramiento del servicio de recolección de desechos sólidos.

## CONCLUSIONES

1. Según los antecedentes analizados sobre los niveles de desechos sólidos producidos, se estima que actualmente solo se está recolectando el 50% del total generado, por lo cual se presenta un alto porcentaje de estos, que no están siendo tratados adecuadamente en el municipio de Esquipulas.
2. Por no ser el actual sistema de recolección de desechos sólidos de Esquipulas obligatorio para todas las viviendas del área urbana, varias no hacen uso de este, lo que provoca la aparición constante de botaderos de basura clandestinos en terrenos baldíos y puentes, lo que resulta perjudicial para la salud de los habitantes y el ornato de la ciudad.
3. El actual sistema de recolección y disposición final de desechos sólidos con el que trabaja la municipalidad de Esquipulas no es capaz de disminuir los altos índices de contaminación generados por la basura no recolectada, y que a la vez este sistema no produce los beneficios deseados, tanto económicos como sociales a la población.
4. Las personas que laboran en el actual sistema de recolección de desechos sólidos y la población en general, no tienen los conocimientos, ni la concientización necesaria para el manejo de estos, lo que provoca que sean parte importante en el actual problema de la contaminación generada por la basura.

5. La cuota que se cobra actualmente por el servicio de recolección de basura de Q6.00 por vivienda representa el 15.18% del total de gastos en que se incurre por el manejo de desechos sólidos generados en el área urbana de Esquipulas, esto implica que la municipalidad tenga que subsidiar el 84.82% del gasto total.
6. El actual sistema de recolección de desechos sólidos de Esquipulas, no cuenta con una clasificación adecuada de sus usuarios, lo que tiene como resultado que industrias, comercios y viviendas, paguen una misma cuota de servicio, aunque la cantidad de desechos que producen y botan sea diferente.
7. Esquipulas por considerarse un lugar de peregrinación y turismo es visitada diariamente por cientos de personas, las que tiran su basura a la calle por no existir basureros ubicados en los distintos sitios donde concurren.
8. Considerando las proyecciones económico-financieras del proyecto, se puede decir que ofrece condiciones atractivas de inversión, dando oportunidad para que pueda ser manejado por la municipalidad o por empresas particulares interesadas en el desarrollo económico-social del municipio.
9. No se cuenta con un horario de barrido y recolección de desechos sólidos para los fines de semana, que son los días de más afluencia turística y por consiguiente los días de mayor producción de desechos sólidos en las áreas públicas de Esquipulas.

10. No existe un control sobre los animales callejeros lo que hace que estos saquen la basura de los recipientes domiciliarios y la esparzan por toda la calle, lo que implica que esa basura no sea llevada en el camión recolector y se convierta de basura domiciliar en basura pública.

## RECOMENDACIONES

1. Establecer horarios de barrida de los lugares públicos; así como rutas y horarios para la recolección de desechos sólidos, producidos a nivel domiciliario y en lugares públicos, para aumentar el porcentaje actual de recolección y disminuir la contaminación generada por la basura.
2. El sistema de recolección de desechos sólidos debe ser obligatorio para todas las viviendas del sector urbano de Esquipulas a fin de evitar la proliferación de basureros clandestinos, para mejorar la salud y el ornato de la ciudad.
3. Implementar un sistema de recolección y disposición final de desechos sólidos basado en la sectorización del área urbana para una mejor recolección de estos, y un relleno sanitario donde se podrá aprovechar los desniveles presentados por el terreno y así evitar la contaminación que produce el actual botadero a cielo abierto.
4. Es necesario la rápida implementación de un Programa de participación social en Educación Ambiental, para concientizar a la comunidad sobre el manejo de los desechos sólidos que están produciendo y ayudar a la municipalidad en el tratamiento final que esta les dará.
5. Se debe dar la capacitación adecuada a todo el personal que laborará en el sistema de recolección de desechos sólidos y así ser ellos la pieza fundamental que ayude a cambiar la actitud actual hacia los desechos sólidos.

6. Es necesaria una actualización y una clasificación de los usuarios del sistema de recolección de desechos sólidos, para poder cobrar las cuotas necesarias, y que el presente proyecto sea autofinanciable y no dependa de los fondos municipales.
7. Colocar basureros en toda el área urbana, pero especialmente en los lugares donde se tenga más afluencia de personas (peregrinos y habitantes) para evitar que tiren su basura a la calle y mantener el ornato de la ciudad.
8. Clausurar todos los basureros clandestinos de la ciudad y luego colocar letreros con mensajes alusivos al medio ambiente en donde se le haga ver a las personas la importancia de que colaboren en mantener limpia la ciudad.
9. Que los fines de semana por ser los días de más afluencia de peregrinos y turistas, el aseo de las calles y avenidas de las áreas de mayor concurrencia debe hacerse en horarios especiales (4:00 a 6:00 am).
10. Tener un control sobre los animales callejeros, en especial sobre los perros, pues estos normalmente rompen las bolsas con basura y la esparcen por toda la calle, lo que implica que al pasar el camión recolector no se lleve la basura que esta esparcida en la calle.

## BIBLIOGRAFÍA

1. De León Maldonado, Alma. **El problema de la disposición de residuos sólidos en la ciudad de Guatemala.** Boletín No. 41, Guatemala: Editorial CEUR, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1999. 77 pp.
2. ECOTERMO DE CENTROAMÉRICA, S.A. **Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios.** Acuerdo Gubernativo No. 509 – 2001, Guatemala, 2002. 19 pp.
3. Greenpeace Centroamérica. **Manual ciudadano sobre desechos sólidos.** Guatemala: Editorial Fondo de Cultura Editorial, 1998. 100 pp.
4. Guillén Fernández, Eduardo José. Manejo de los desechos sólidos en el área urbana del municipio de Jutiapa. Tesis de Ingeniería Industrial. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1995. 58 pp.
5. Instituto de Derecho Ambiental y Desarrollo Sustentable. **Manual para la mejor aplicación de las leyes ambientales.** 3ª. Edición. Guatemala: Litografía JB, 1997. 183 pp.
6. Ministerio de Salud Pública, División de Saneamiento del Medio. **Reglamento sobre manejo de residuos sólidos municipales.** Guatemala, 1998.
7. Programa Salud Ambiental Residuos Sólidos Municipales. **Guía para el diseño de rellenos sólidos manuales.** Guatemala, 2002. 14 – 29 pp.
8. Tchobanuglus, George y otros. **Gestión integral de residuos sólidos.** 3ª. Edición. México: Editorial McGraw Hill Interamericana. 1995.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Sectorización de áreas para la recolección de desechos sólidos.

Anexo 2. Situación actual sobre el manejo de desechos sólidos en el municipio de Esquipulas.

Anexo 3. Impacto ambiental de los desechos sólidos en la naturaleza (agua, suelo, aire, etc.)

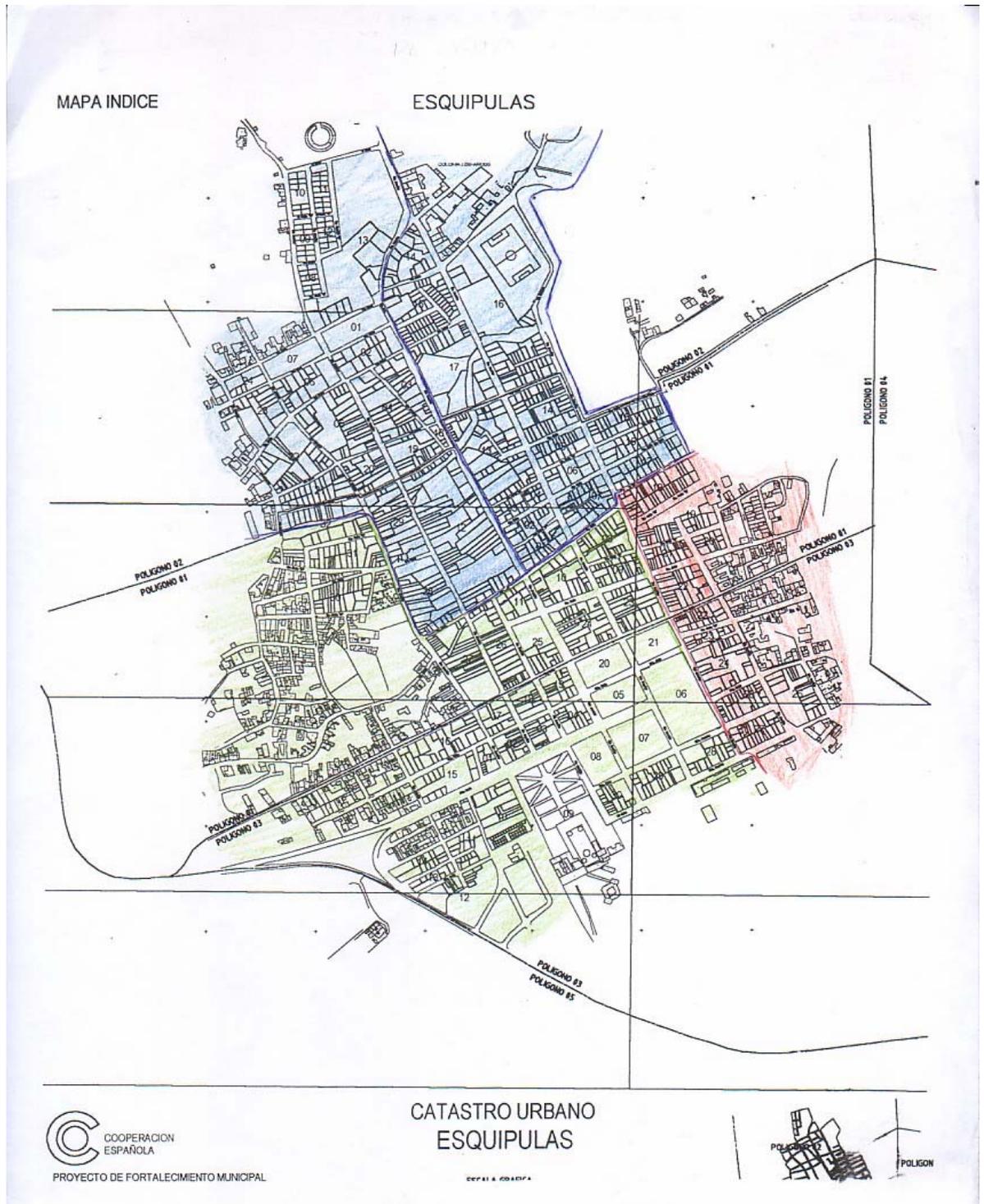
Anexo 4. Ciclo de la basura desde el que la produce hasta el que la compra.

Anexo 5. Ciclo para desechos aprovechables y no aprovechables.

Anexo 6. Captación selectiva de desechos domiciliarios.

## Anexo 1

Figura 1. Sectorización de áreas para la recolección de desechos



Fuente: Unidad de Catastro, Municipalidad de Esquipulas

**Figura 2. Sectorización de áreas, ciudad de Esquipulas**



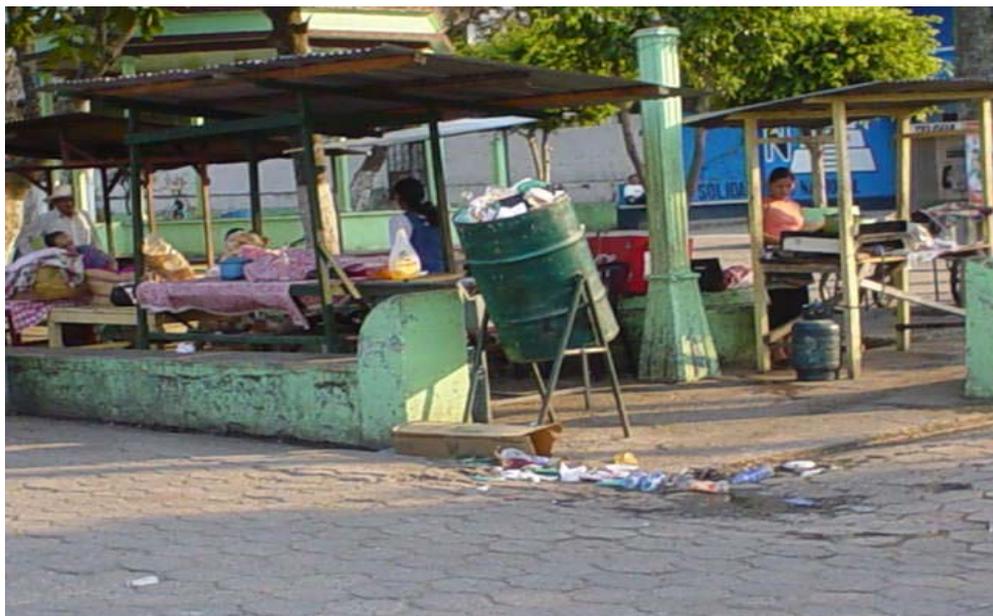
**Fuente: Unidad de Catastro, Municipalidad de Esquipulas**

## Anexo 2

**Figura 3. Insuficiencia infraestructural para la captación de desechos**



**Figura 4. Mala disposición de desechos por la ciudadanía en general**



**Figura 5. Mala disposición de desechos por la ciudadanía en general**



**Figura 6. Carencia de programas enfocados a la clasificación de desechos desde su fuente generadora**



**Figura 7. Sistema actual de recolección de desechos. No evidencia de segregación**



**Figura 8. Problema sin solución, dispersión incontrolada de desechos**



**Figura 9. Problema sin solución**

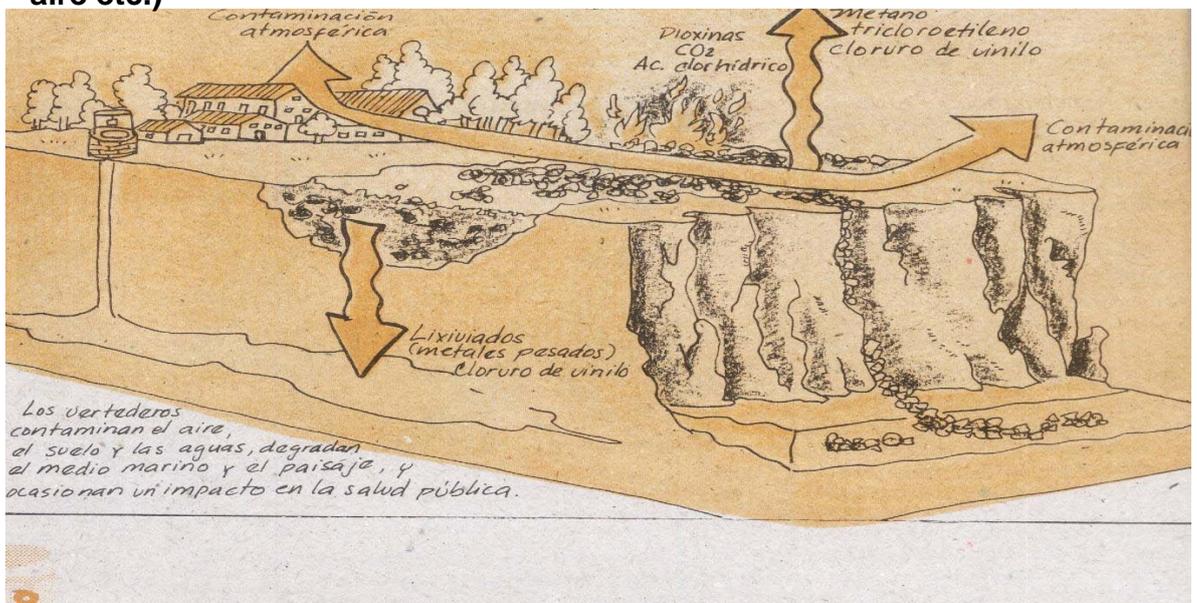


**Figura 10. Basurero ubicado en terrenos baldíos**



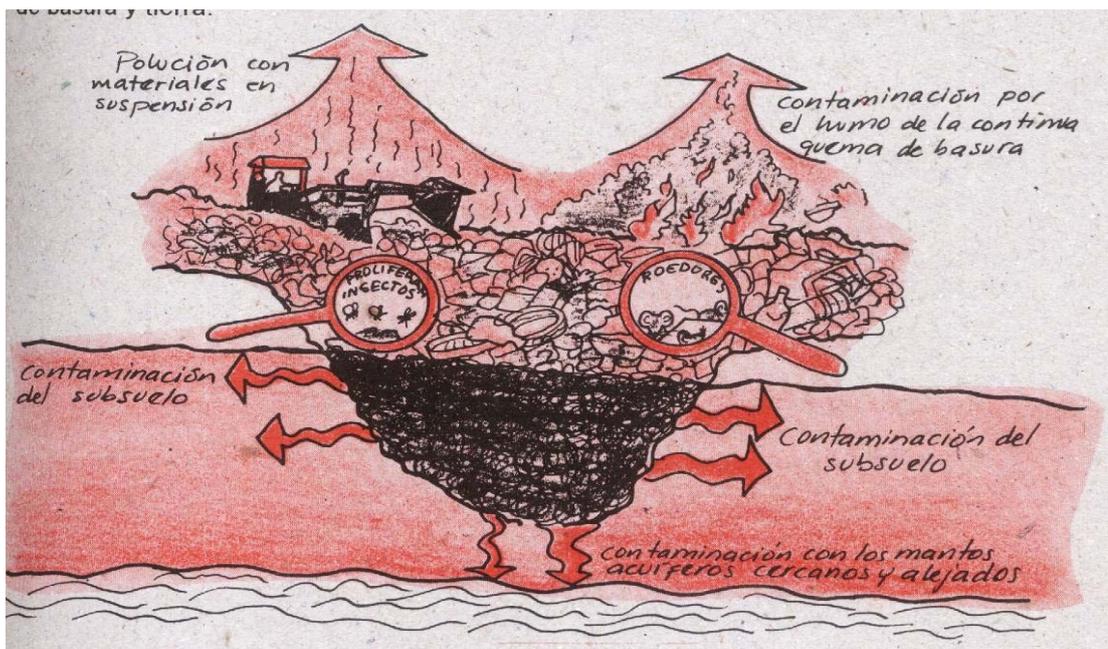
### Anexo 3

**Figura 11. Impacto ambiental de los desechos sólidos (suelo, agua, aire etc.)**



Fuente: Manual ciudadano sobre desechos sólidos. Greenpeace. C.A. pag. 8

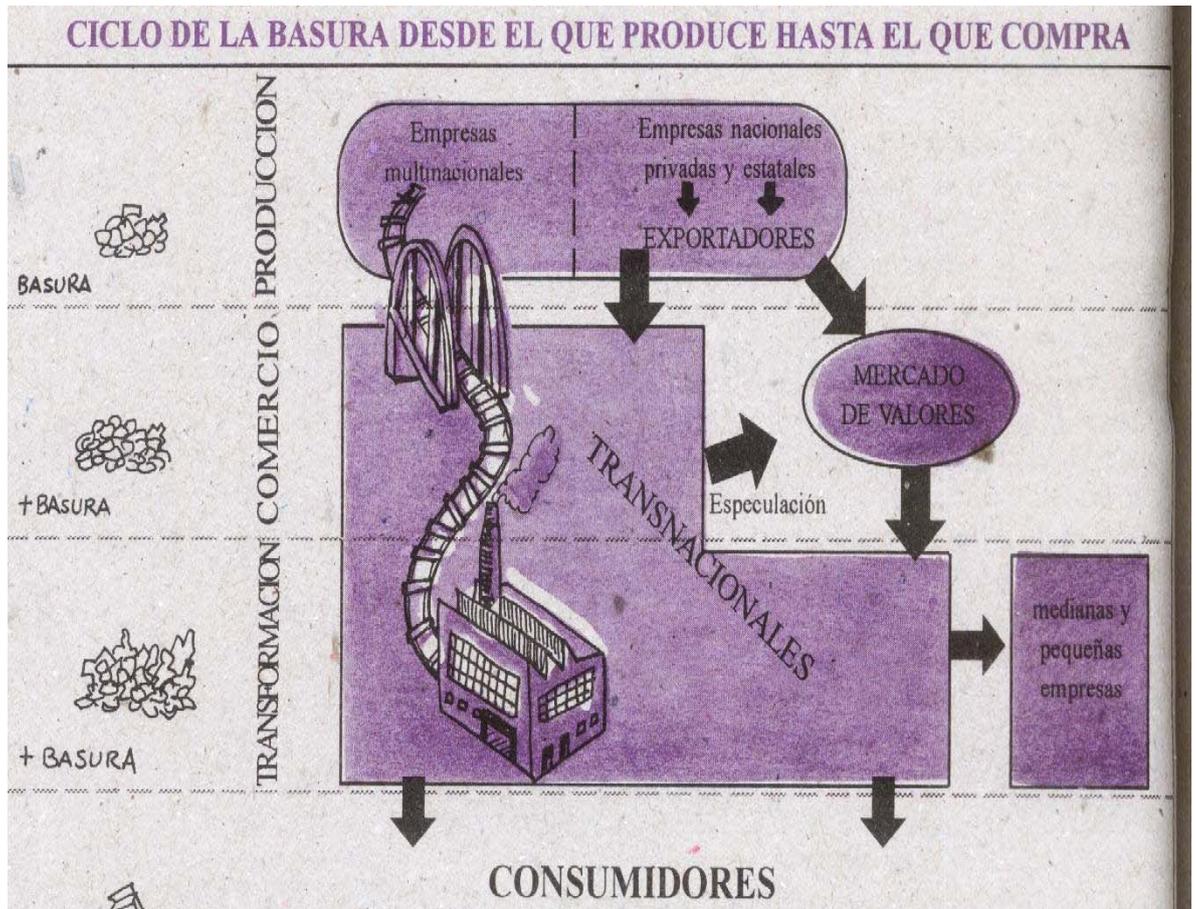
**Figura 12. Contaminación causada por la mala disposición de los desechos sólidos.**



Fuente: Manual ciudadano sobre desechos sólidos. Greenpeace. C.A. pag. 19

## Anexo 4

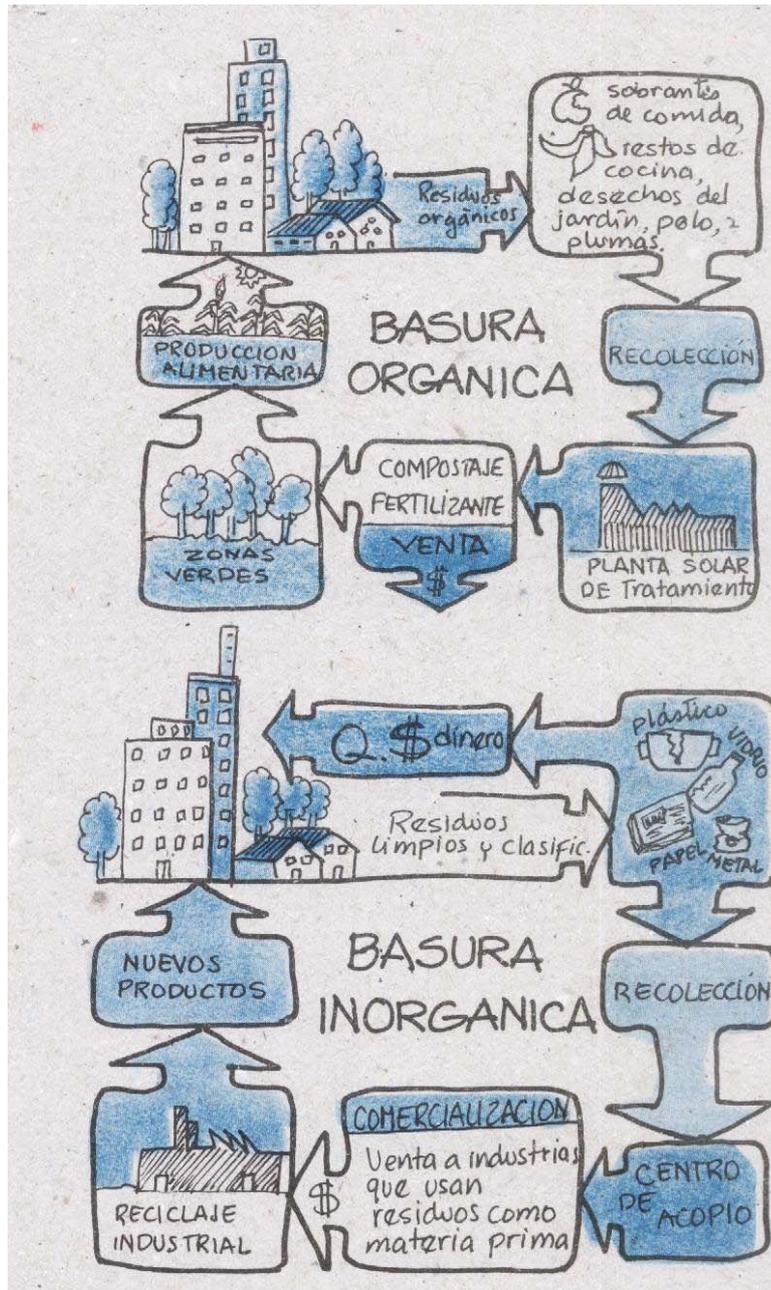
Figura 13. Proceso para el reciclaje de desechos desde su fuente hasta su transformación



Fuente: Manual ciudadano sobre desechos sólidos. Greenpeace. C.A. pag. 38

## Anexo 5

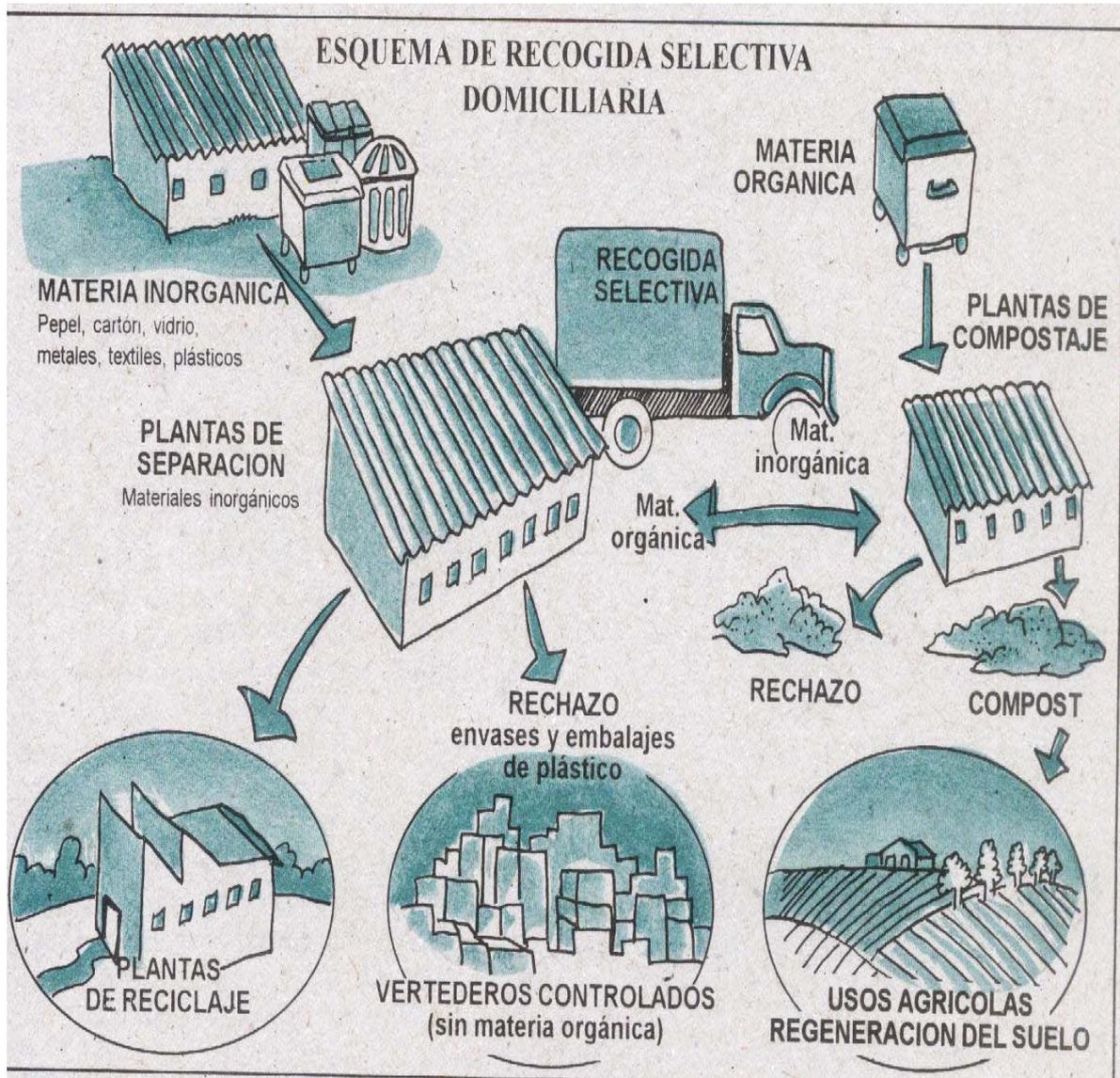
Figura 14. Ciclo para desechos aprovechables y no aprovechables



Fuente: Manual ciudadano sobre desechos sólidos. Greenpeace. C.A. pag. 58

## Anexo 6

Figura 15. Captación selectiva de desechos domiciliarios



Fuente: Manual ciudadano sobre desechos sólidos. Greenpeace. C.A. pag. 73