

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



**"PROPUESTA DE MODELO DE MANEJO INTEGRADO  
DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL  
MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE"**

PRESENTADO POR:

**MARIO HERBERT ECHEVERRÍA LÓPEZ**

PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de graduación previo a la opción al Grado de:  
**INGENIERO CIVIL**

Título:

**"PROPUESTA DE MODELO DE MANEJO INTEGRADO  
DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL  
MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE"**

Presentado por:

**MARIO HERBERT ECHEVERRÍA LÓPEZ**

Trabajo de graduación aprobado por:

**ING. MSc. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRÓN**

**ING. DEBORA RAQUEL JUAREZ**

**ING. JOSE RANULFO CARCAMO Y CARCAMO**

San Salvador, Septiembre de 2010

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SÁNCHEZ**

SECRETARIO GENERAL:

**LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHÁVEZ**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO**

SECRETARIO:

**ING. OSCAR EDUARDO MARROQUÍN HERNÁNDEZ**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

DIRECTOR:

**ING. MSc. FREDY FABRICIO ORELLANA CALDERÓN**

Trabajo de graduación aprobado por:

Docentes Directores:

**ING. MSc. RICARDO ERNESTO HERRERA MIRÓN**

**ING. DEBORA RAQUEL JUAREZ**

**ING. JOSE RANULFO CARCAMO Y CARCAMO**

## ÍNDICE

Índice de tablas.....	i
Siglas.....	iii
Prologo.....	iv

### **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Objetivos	
1.3.1 Objetivos generales.....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Alcances.....	9
1.5 Limitaciones.....	10
1.6 Justificación.....	11

### **CAPÍTULO II: GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS, FUNDAMENOS TEÓRICOS**

2.1 Marco teórico conceptual.....	14
2.1.1 Definición de desechos sólidos.....	14
2.1.2 Tipos de desechos sólidos.....	16
2.1.3 Composición de los desechos sólidos.....	18
2.1.4 Caracterización de los desechos sólidos.....	21
2.1.5 Características físicas.....	22
2.1.6 Características químicas.....	23
2.1.7 Características biológicas.....	27

2.2 Situación del manejo de los residuos sólidos urbanos en El Salvador.....	29
2.2.1 Aspectos administrativos.....	29
2.2.2 Aspectos técnico/operativos.....	33
2.2.3 Aspectos financieros/económicos.....	37
2.2.4 Aspectos legales.....	42
2.3 Manejo integrado de desechos sólidos.....	45
2.3.1 Desarrollo histórico.....	45
2.3.2 Servicio de limpieza pública.....	47
2.3.3 Elementos de un sistema de manejo integrado de desechos sólidos.....	49
2.3.4 Jerarquía de la gestión integral de desechos sólidos.....	50
2.4 Enfoque integral del manejo de desechos sólidos.....	53
2.4.1 Flujo de materiales y generación de residuos.....	53
2.4.2 Almacenamiento de residuos sólidos.....	54
2.4.2.1 Almacenamiento en el hogar.....	55
2.4.2.2 Almacenamiento y barrido de calles.....	55
2.4.3 La recolección y el transporte.....	55
2.4.4 Separación de desechos sólidos.....	57
2.4.5 Generalidades de los tratamientos de desechos sólidos.....	58
2.4.6 Métodos de tratamientos de los desechos sólidos.....	58
2.4.7 Disposición final de los desechos sólidos.....	60

**CAPÍTULO III: GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE Y DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS**

3.1 Aspectos generales del municipio.....	65
-------------------------------------------	----

3.1.1 Ubicación geográfica.....	65
3.1.2 Suelos y topografía.....	66
3.1.3 Industria y comercio.....	67
3.1.4 Condiciones climatológicas del municipio de Quezaltepeque.....	69
3.1.5 Infraestructura.....	70
3.2 Estudio de generación y composición de los desechos sólidos en el municipio de Quezaltepeque.....	71
3.2.1 Orígenes, tipos y composición de los residuos sólidos.....	71
3.2.2 Fuentes de desechos sólidos que se incluyen en el estudio.....	72
3.2.3 Metodología de trabajo.....	73
3.2.4 Resultados obtenidos.....	75
3.3 Condiciones actuales de manejo integrado de desechos sólidos.....	77
3.3.1 Zonas de acopio no autorizadas.....	77
3.3.2 Generación, manipulación y separación, almacenamiento y procesamiento de residuos domiciliarios en el origen.....	84
3.3.3 Recolección y transferencia de residuos sólidos.....	86
3.3.4 Separación procesamiento y transformación actual de los residuos sólidos.....	90
3.4 Determinación de las nuevas áreas urbanizadas que requieren el servicio de recolección de desechos sólidos.....	92
3.5 Diagnostico sobre el manejo actual de los desechos sólidos en Quezaltepeque.....	92
3.5.1 Barrido de calles y avenidas.....	93
3.5.2 Zonas de recolección de desechos sólidos.....	95
3.5.3 Deficiencias detectadas en el servicio de recolección de desechos	

sólidos.....	97
--------------	----

**CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE**

4.1 Consideraciones generales para el diseño.....	100
4.1.1 Factores técnicos.....	100
4.1.2 Factores económicos.....	103
4.2 Alternativas de disposición final de desechos sólidos.....	103
4.2.1. Recolección y disposición final de los desechos sólidos como se lleva a cabo actualmente.....	104
4.2.1.1 Generación y almacenamiento.....	106
4.2.1.2 Recolección, transferencia y transporte de los DSU.....	106
4.2.1.3 Separación y disposición final.....	107
4.2.2. Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES.....	109
4.2.2.1 Generación y almacenamiento.....	110
4.2.2.2 Recolección, transferencia y transporte de los DSU.....	111
4.2.2.3 Separación, transformación y disposición final.....	115
4.2.3. Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario propio.....	120



4.2.3.1	Generación y almacenamiento.....	121
4.2.3.2	Recolección, transferencia y transporte de los DSU.....	122
4.2.3.3	Separación, transformación y disposición final.....	123
4.2.4.	Recolección y disposición final de los desechos sólidos comunes (sin separación) en un relleno sanitario.....	126
4.2.4.1	Generación y almacenamiento.....	126
4.2.4.2	Recolección, transferencia y transporte de los DSU.....	126
4.2.4.3	Separación, transformación y disposición final.....	127
4.3	Programa de educación ambiental.....	128
4.4	Evaluación de alternativas.....	132
4.4.1	Criterios obligatorios.....	132

**CAPÍTULO V: MODELO DE MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE QUEZALTEPEQUE.**

5.1	Descripción del modelo.....	137
5.2	Aspectos administrativos.....	138
5.2.1	Funciones de la municipalidad para la gestión de desechos sólidos.....	139
5.2.2	Personal necesario para el sistema.....	140
5.3	Aspectos técnicos/operativos.....	145
5.3.1	Generación.....	145
5.3.2	Separación y almacenamiento.....	147
5.3.3	Transferencia.....	147
5.3.4	Recolección y separación.....	151

5.3.4.1 Determinación de las nuevas zonas e itinerarios de recolección de desechos sólidos.....	152
5.3.4.2 Control y monitoreo del sistema de recolección.....	158
5.3.4.3 Barrido de calles.....	159
5.3.5 Tratamiento y disposición final.....	172
5.3.5.1 Unidad de separación de los DSU.....	172
5.3.5.2 Unidad de reciclaje.....	174
5.3.5.3 Planta de compostaje.....	176
5.3.5.4 Relleno sanitario.....	185
5.3.6 Dimensionamiento del terreno requerido.....	202
5.4 Aspectos financieros/económicos.....	203

## **CAPITULO VI: CONCLSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones.....	207
6.2 Recomendaciones.....	209
Glosario.....	212
Bibliografía.....	216
Anexos.....	220

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO II:

Tabla 2.1 Composición de los desechos obtenidos en estudios realizados entre 1988 -2004.....	19
Tabla 2.2 Distribución típica de componentes en los RSU domésticos para países de bajos, medios y altos ingresos, excluyendo materiales reciclados.....	20
Tabla 2.3 Características de los residuos sólidos.....	21
Tabla 2.4 Cantidad de municipios que poseen ó no servicio de recolección y transporte de desechos sólidos.....	34
Tabla 2.5 Municipios procesados que tienen servicios de recolección por contrato o por administración propia.....	36
Tabla 2.6. Porcentaje de costos indirectos utilizado para cálculo de costo total del servicio de aseo.....	38
Tabla 2.7 Tipología de los municipios.....	39
Tabla 2.8 Costos promedio por tonelada de desechos sólidos recolectada según el tipo de administración del sistema de recolección y transporte de desechos sólidos.....	40
Tabla 2.9. Costo promedio por tonelada de desechos sólidos recolectada y transportada según tipología del municipio.....	41
Tabla 2.10 Situación contable del sistema de aseo.....	42
Tabla 2.11 Aspectos Legales para Gestión de desechos sólidos.....	44
Tabla 2.12 Características principales del servicio de limpieza pública.....	47
Tabla 2.13 Proceso de desarrollo de métodos de disposición final en ciudades en desarrollo.....	61

### CAPITULO III:

Tabla 3.1 Colindancias del municipio de Quezaltepeque.....	66
Tabla 3.2 Composición de los DSU de mercados, zona comercial y barrido de calles.....	75
Tabla 3.3 Composición de los DSU provenientes de zona domiciliar.....	76

Tabla 3.4 Planta vehicular para servicio de Recolección de Desechos Sólidos....	87
Tabla 3.5 Frecuencia del servicio de recolección .....	90
Tabla 3.6 Costo mensual de aseo público (barrido y recolección).....	91
Tabla 3.7 Deficiencias detectadas en el servicio de recolección de desechos sólidos.....	97
<b>CAPITULO IV:</b>	
Tabla 4.1 Evaluación de alternativas.....	134
Tabla 4.2 Evaluación de las variantes de la propuesta seleccionada.....	135
<b>CAPITULO V:</b>	
Tabla 5.1 Requerimientos de mano de obra para rellenos sanitarios en Latinoamérica.....	144
Tabla 5.2 Personal necesario en cada área de trabajo.....	145
Tabla 5.3 Estimación de población y generación de DSU para Quezaltepeque....	146
Tabla 5.4 Costos de equipamiento del personal de limpieza.....	149
Tabla 5.5 Horarios de recolección domiciliar propuestos para el nuevo sistema...	153
Tabla 5.6 Rutas primarias de recolección de DSU de las zonas 1, 2 y 3.....	155
Tabla 5.7 Rutas primarias de recolección de DSU de las zonas 4, 5 y 6.....	156
Tabla 5.8 Herramientas y equipos utilizados en la planta de compostaje.....	182
Tabla 5.9 Características que necesitan las áreas destinadas para la construcción de rellenos sanitarios manuales.....	188
Tabla 5.10 Estimación del volumen total de DSU a disponer en relleno sanitario	192
Tabla 5.11 Herramientas utilizadas para el Relleno Sanitario.....	200
Tabla 5.12 Dimensiones de terreno requerido para construcción de un RSM con planta de compostaje y unidad de reciclaje para el municipio de Quezaltepeque.....	202
Tabla 5.13 Tasas municipales por servicio de recolección de desechos sólidos...	203
Tabla 5.14 Ingresos Teóricos de la Alcaldía municipal de Quezaltepeque por tasación de servicio de recolección de desechos sólidos.....	204
Tabla 5.15 Estimación de gastos para el servicio de recolección de DSU.....	204

## SIGLAS

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CNR.	Centro Nacional de Registros
DIGESTYC	Dirección General de Estadística y Censo
DSU	Desechos Sólidos Urbanos
EPP	Equipo de Protección Personal
FISDL	Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local
GIDS	Gestión Integral de Desechos Sólidos
GTZ	Sociedad para la Cooperación Técnica (cooperación alemana)
INBI	Índice de Necesidad Básica Insatisfecha
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MIDES	Manejo Integral de los Desechos Sólidos
MON-3	ONG con cede en la Universidad de Barcelona
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
NFU	Neumáticos Fuera de Uso
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PNC	Policía Nacional Civil.
PROMUDE	Programa de Descentralización y Desarrollo Local
RAEE	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrodomésticos
RSM	Relleno Sanitario Manual
RTI	RESEARCH TRIANGLE INSTITUTE
SIGMA	Sistema de Gestión para el Medio Ambiente.
SNET	Servicio Nacional de Estudios Territoriales.
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
SPT	Standard Penetration Test
US\$	Dólar de Estados Unidos de América
VFU	Vehículos Fuera de Uso

## PRÓLOGO

El manejo inadecuado de desechos sólidos que la población salvadoreña hace, incrementa la vulnerabilidad del país durante las lluvias estivales, La importancia de realizar un estudio de manejo de desechos sólidos en El Salvador, proviene de la necesidad que tiene el país de implementar un sistema de gestión de residuos sólidos para poder reducir los desperdicios que se generan y disponer de ellos en la forma adecuada, evitando así que acaben en el sistema de drenajes de las ciudades, quebradas ríos y/o lagos. Actualmente en El Salvador, se está tratando de solucionar este tipo de problemas por medio de un marco legal regulatorio que obliga a las municipalidades a depositar los desechos sólidos recolectados en rellenos sanitarios que estén autorizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) para obtener beneficios para las municipalidades y la población, y a la vez lograr reducir los efectos negativos en el medio ambiente.

El siguiente trabajo consiste en el diseño de un sistema de manejo integrado de desechos sólidos para el área urbana del municipio de Quezaltepeque que venga a sustituir al modelo actual, el cual es económicamente ineficiente y se encuentra al máximo de su capacidad de operación.

En el primer capítulo nos enfocamos en la definición y planteamiento de la problemática existente en el municipio, los objetivos y alcances trazados, para la determinación de la propuesta de solución a dichas necesidades, considerando las limitantes que nos obstaculizarán la realización del mismo, ya que el modelo de manejo integrado de desechos sólidos, dará cobertura a las nuevas urbanizaciones del casco urbano del

municipio que se están desarrollando en este momento, así como proveerá un mejor servicio a las áreas ya atendidas y que en la actualidad poseen deficiencias

En el segundo capítulo, se define lo que son los desechos sólidos y lo que es una gestión integral de desechos sólidos y los elementos que forman su jerarquía y sus objetivos. Además se dan las recomendaciones para el almacenamiento en el hogar de los desechos, la recolección y la disposición final. Se describen los tipos de residuos sólidos existentes como doméstico, especiales, peligrosos, institucionales, construcción, municipales, agrícolas, etc. Se mencionan también las propiedades físicas, químicas y biológicas de los desechos sólidos. Además de la forma de organización de las municipalidades y los recursos que éstas utilizan para llevar a cabo dicha tarea. Dentro de ésta organización está el servicio de recolección de desechos, los días por semana que recolectan y los equipos que utilizan para llevar a cabo dicha labor. También de los tipos de disposición final que se tienen en el país y los tratamientos de los desechos que se realizan

En el tercer capítulo nos enfocamos en la descripción del sistema actual del manejo de desechos sólidos en el municipio y en la caracterización del sistema de manejo de desechos sólidos en la zona. Para dicho estudio se siguió una metodología específica, en la cual incluyó como primer paso la realización de una cuantificación y caracterización de los desechos generados por los pobladores del municipio, además de la recopilación de datos históricos sobre la producción diaria de los desechos sólidos. De ésta manera se presentan las cantidades promedio de basura generada por día y el porcentaje de los diferentes tipos de desechos; con estos datos se determinó el valor per cápita de dicha generación.

En el cuarto capítulo se dan a conocer las diferentes alternativas para el diseño del sistema de manejo integral de los desechos, de acuerdo a la cuantificación y caracterización de los mismos, estudiados en el capítulo tres. Estas alternativas generadas son: primero dejar el sistema como se trabaja actualmente, segundo el diseño de una unidad de separación y clasificación, una unidad de recolección de materiales reciclables y una planta de compostaje combinada con la disposición de los desechos sólidos inorgánicos no reciclables en el relleno sanitario de MIDES, tercero del diseño de una unidad de separación y clasificación, una unidad de recolección de materiales reciclables, una planta de compostaje y un relleno sanitario y cuarto el diseño de un relleno sanitario manual. Para la selección de las mejores alternativas se siguió una metodología basada en una tabla de decisión, en la cual se evalúan algunos criterios obligatorios como la integralidad de las alternativas, la viabilidad del proceso, los beneficios tanto económicos como ambientales para la región y la disponibilidad del terreno. Luego de realizar la evaluación se seleccionó la alternativa que más favorecen a la población de acuerdo a las cantidades, tipos de desechos generados y a las condiciones del municipio.

En el Quinto capítulo se elabora el diseño organizacional y dimensionamiento de la alternativa seleccionada en el capítulo anterior, es decir en una unidad de separación y clasificación, una unidad de recolección de materiales reciclables, una planta de compostaje y un relleno sanitario. En éste capítulo se enfocan los aspectos administrativos, donde forma el departamento de gestión de desechos sólidos en el cual se especifican la cantidad de recurso humano necesario para cada actividad dentro del sistema. En los aspectos técnicos / operativos, se menciona la generación de los desechos por parte de la población enfocado al nuevo sistema, el tipo de almacenamiento que funcionará dentro de éste y se menciona que no habrá planta de transferencia dentro del sistema, es decir que la recolección se realizará en cada una de las viviendas. Se explica



de forma detallada el sistema de recolección, la cantidad de personas que harán dicha labor y como se realizará la separación de los desechos en orgánicos y no orgánicos. Dentro de la disposición final, se calcula el área de la planta de compostaje y del relleno sanitario, de acuerdo a las cantidades a manejar y se hace el cálculo para períodos que pueden ser de cinco años, diez años, quince años y veinte años que es el período de diseño contemplado para esta propuesta. En el aspecto económico/financiero se hacen una serie de recomendaciones para garantizar el buen funcionamiento del sistema.

En el sexto y último capítulo se detallan las diferentes conclusiones del estudio realizado y del diseño del modelo de manejo integrado de desechos sólidos. Además de las recomendaciones más importantes para llevar a cabo dichos diseños y para el mantenimiento de cada uno de ellos, con el objetivo de brindar los mejores beneficios a la población.

**CAPÍTULO I:**  
**GENERALIDADES**

## 1.1 ANTECEDENTES

La generación de desechos sólidos a consecuencia de la actividad humana es un problema con el que se ha tenido que lidiar desde los albores de la civilización, presentando la mayor problemática en las grandes ciudades de los países desarrollados.

Durante la era de la revolución industrial, los centros urbanos crecieron en tamaño y se fue creando una sociedad consumista que produce una mayor cantidad de desechos sólidos, la mayoría de estos altamente contaminantes y de lenta degradación.

En El Salvador, es a partir de 1980 que la migración masiva de personas a las ciudades por causa de la guerra, provoca un crecimiento desmedido y descontrolado de las ciudades y de la producción de los desechos sólidos, fenómeno que no se ha podido controlar en las dos últimas décadas; en nuestro país la cantidad de residuos generados ha ido aumentando; como media, aproximadamente el 80 % de los residuos municipales generados eran depositados en vertederos y micro vertederos a cielo abierto, actividad que a partir de septiembre de 2007 se prohibió en el país.

En el año 2000, se crea dentro de la “Ley de Medio Ambiente” el “Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos”, en cual tiene por objeto regular el manejo de los desechos sólidos. El alcance del mismo será el manejo de desechos sólidos de origen domiciliar, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos sanitarios que no sean peligrosos.

Dentro del mismo se crea el concepto de “MODELO DE MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS” el cuál es definido según el “Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos” como “Un conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos, hasta su disposición final”, de igual forma en 2001 se creó la “Política de Desechos Sólidos”.

Según datos del MARN en su censo de 2006, se tiene una producción nacional de 3,187 ton/día; hay 210 municipios que cuentan con servicio de recolección, que brinda un 77 % de cobertura, además hay en este momento 14 sitios de disposición final ambientalmente adecuados, que reciben el 64% de los desechos recolectados, además se cuenta con 7 plantas de transferencia en todo el país.

Hablando específicamente de nuestro estudio, diremos que el municipio de Quezaltepeque es la segunda ciudad más importante del departamento de La Libertad, el nombre Quezaltepeque proviene del náhuatl y significa *montaña de quetzales*, se origina de las voces "*Quezali*", nombre de un ave de bellísimo plumaje verde tornasol resplandeciente y "*tepec*" que significa cerro, montaña, está situado a 20 Km. de San Salvador, cuenta con una población de 95,000 habitantes de la cual cerca del 40 % vive en el área urbana; además se cuenta con todos los servicios básicos.

Los habitantes se han dedicado a diferentes actividades, tales como el cultivo de café, granos básicos, hortalizas, frutas, pastos y caña de azúcar, crianza de ganado porcino, aves de corral así como también a la industria. Dentro del municipio circulan diversas rutas de transporte colectivo interdepartamental, que lo conectan con las cabeceras departamentales más cercanas: San Salvador, Santa Ana, Sonsonate y Santa Tecla. La

superficie de rodadura de sus calles principales es de asfalto, mientras que las secundarias son de tierra.

Datos recolectados por el Ministerio de Medio Ambiente indican que para el año 2006 se generaban diariamente 3,187 toneladas de basura en todo El Salvador, su composición es de 58 % de materia orgánica, 19 % papel, 11 % plástico, 2 % vidrio, 2 % metal, y el 8 % restante de materiales varios, se presume que sólo se recolecta cerca de un 77 % de los desechos sólidos.

En el año 2000 la fundación MON-3, realizó un diagnóstico del servicio de recolección de desechos sólidos en el municipio de Quezaltepeque, en el cuál se evaluaron la maquinaria, equipo y metodología de recolección de los desechos sólidos, de igual forma se evaluaron los centros de recolección temporal (contenedores), dicho estudio también contempló un análisis socio económico de la municipalidad y de la población en general; la investigación dio como resultado un proyecto de “Mejora de la recogida de desechos sólidos urbanos en Quezaltepeque”, el cuál aún se está implementando en la actualidad y que pese a la extensión del área urbana del municipio, no ha sufrido cambios significativos.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La elección del método o los métodos más adecuados para el manejo de desechos sólidos en una determinada zona representa un problema complejo. Dicha complejidad procede del número de variables con las que se plantea el problema.

- Densidad de población (censos municipales).
- Cantidad y composición de los desechos sólidos (aplicación de normas de desechos sólidos).
- Permanencia (tiempos y movimientos).
- Forma de recolección (tren de aseo municipal, recolección contratada, etc.).
- Formas de disposición final (relleno sanitario).
- Procedimientos alternativos de tratamiento (reducción, reutilización, reciclaje, compostaje, etc.).

Cada una de estas y otras variables, se traduce en costos directos, sociales, políticos, ecológicos y económicos, diferentes. Por ello, si se pretende tomar decisiones sobre bases racionales, es imprescindible que la elección de cada una de las alternativas técnicas contemple las características concretas que en cada caso puede revestir el problema del tratamiento o el uso productivo de los desechos sólidos.

El área urbana del municipio cuenta con una extensión aproximada de 5 Km<sup>2</sup>, posee 22 centros escolares con una población estudiantil cercana a los 11,000 estudiantes; una población cercana a los 40,000 habitantes, y una tasa de incremento anual de desechos sólidos de 2.7 %.

Lo que nos lleva a plantearnos las siguientes interrogantes:

- ¿Aún es funcional el actual sistema de gestión de desechos sólidos que implementa el municipio de Quezaltepeque?
- ¿Cuál MODELO DE MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS, es el más adecuado para implementar en el casco urbano del municipio de Quezaltepeque?
- ¿Cuál es el beneficio-costos de implementar la ejecución de un relleno sanitario administrado por la municipalidad, en comparación del uso del actual sistema de disposición final en MIDES?

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVOS GENERALES**

- Elaborar en el área urbana del municipio de Quezaltepeque del departamento de La Libertad, un diagnóstico de la actual gestión de Desechos Sólidos.
- Desarrollar una propuesta de Modelo de manejo integrado de los desechos sólidos en el área urbana del municipio de Quezaltepeque que sea ambiental, social y económicamente sostenible.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar si el cumplimiento de las disposiciones del “Reglamento Especial de Desechos Sólidos” y la “Política de Desechos Sólidos” vigentes en el país, están siendo cumplidos por la municipalidad.
- Identificar los niveles de eficiencia del sistema de recolección y disposición final de los desechos sólidos en el municipio de Quezaltepeque y determinar los procesos ineficientes.
- Elaborar un modelo de manejo integrado de desechos sólidos que contemple programas de mejora en el actual modelo de “Gestión de Desechos Sólidos Urbanos” en el municipio de Quezaltepeque.



- Presentar una propuesta de planta de compostaje y unidad de reciclaje autosustentable, a ser administradas y operadas por la unidad medioambiental de la municipalidad.
- Presentar los requerimientos mínimos que debe cumplir un terreno para ser utilizado en la construcción de una planta de compostaje y de un relleno sanitario.
- Elaborar un documento donde se presente el diagnóstico de la recolección y disposición final de los desechos sólidos municipales, y se dé a conocer la propuesta de manejo integral de desechos sólidos en el área urbana del municipio de Quezaltepeque.

#### 1.4 ALCANCES

- Realizar un estudio completo del manejo de desechos sólidos comunes en el área urbana del municipio de Quezaltepeque.
- Se pretende desarrollar la investigación en la zona urbana de Quezaltepeque en un tiempo aproximado de tres meses, dedicados a actividades de recolección de datos, logística de rutas de recolección, muestreos y pruebas de los constituyentes de desechos sólidos, la información será complementada con datos existentes en la municipalidad.
- El diagnóstico estará enfocado a los desechos sólidos comunes, que el servicio de tren de aseo municipal se encarga de recolectar.
- Para desarrollar la propuesta de “Modelo de Manejo Integrado de Desechos Sólidos”, se tomarán como referencia los indicadores de los elementos: técnico, administrativo, financiero/económico, sociocultural/legal y ambiental/sanitario propuestos por la Cooperación Técnica Alemana en su propuesta “Modelo De Manejo Integrado De Desechos Sólidos” elaborado en coordinación con “Programa de Descentralización y Desarrollo Local” (PROMUDE) en el año 2000, diseñada para una reforma en el manejo de desechos sólidos en el país.
- El modelo de manejo integrado de desechos sólidos contemplará la adición de las urbanizaciones que actualmente están en proceso de construcción.

## 1.5 LIMITACIONES

- Debido a que en este momento, la municipalidad no cuenta con estudios preliminares de terrenos aptos para desarrollar un relleno sanitario, no se efectuará el diseño de éste, en su lugar se darán a conocer a la municipalidad, los requerimientos técnicos mínimos que debe cumplir el terreno para poder llevar a cabo este proyecto.
- Según investigaciones preliminares realizadas durante el desarrollo del presente anteproyecto, el plantear una solución para toda la población de la periferia del municipio no es factible, debido al crecimiento desordenado, existen en la actualidad numerosos asentamientos cuyas propiedades no están legalizadas, por lo tanto la Alcaldía no las considera como parte del municipio, debido a la informalidad de las mismas y a las condiciones de desarrollo que poseen actualmente, tales zonas no pueden ser consideradas dentro de la propuesta de rutas de recolección de desechos sólidos.
- No se considerará el estudio de impacto ambiental por no contar con tiempo suficiente disponible para la aprobación de este, por parte del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), lo cual atrasaría el trabajo de graduación.
- Todas las actividades en el presente trabajo de graduación, deberán de evitar en lo posible de incurrir en gastos económicos y de tiempo innecesarios, por ser estos una limitante en la realización del presente estudio.

- Por limitantes de tiempo, no se profundizará en cómo se realizaron clasificaciones e investigaciones previas que hayan sido elaboradas por el MARN o por GTZ (Agencia de cooperación alemana, por sus siglas en alemán), únicamente se garantizará la fiabilidad de las fuentes.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

Para el mejoramiento de las condiciones de salubridad urbana de cualquier localidad, es de suma importancia que se disponga de servicios necesarios que tengan como objetivo el adecuado manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, ya que estas generalmente albergan microorganismos incluyendo virus, protozoos y bacterias, que causan enfermedades de transmisión aérea y tópica como por ejemplo: la diarrea y la gastroenteritis que se encuentran entre las tres principales causas de muerte en los países en desarrollo.

La generación de desechos sólidos es parte indisoluble de las actividades que realiza el ser humano. Considerando que dentro de las etapas del ciclo de vida de los desechos sólidos (generación, transportación, almacenamiento, recolección, tratamiento y disposición final), los gobiernos locales constituyen el escenario fundamental, en el que se desarrollan y se vinculan las diferentes actividades asociadas al manejo de los mismos, resulta esencial el tratamiento acertado de los temas y su consideración de forma priorizada en el contexto de las actividades de Gestión Ambiental, a través de los cuales se potencie el establecimiento de esquemas de manejo seguro que garanticen un mejor nivel de protección ambiental.

Para una mejor calidad de vida de las futuras generaciones debemos proteger los suelos, las quebradas, en general, el ambiente que nos rodea, controlando los altos índices de contaminación, a través del cumplimiento de Normas y Reglamentos que tienen como objeto reducir el impacto ambiental y la contaminación del recurso hídrico y suelo generado a través de los desechos sólidos.

En El Salvador se estima que la producción de desechos sólidos de carácter municipal, es aproximadamente 3,187 ton/día.

En el municipio de Quezaltepeque se brinda servicio de recolección de desechos sólidos únicamente en el área urbana, de la cuál se están produciendo en promedio 20 toneladas por día de desechos sólidos que se depositan en el Relleno Sanitario de MIDES.

Los costos promedios de recolección son de \$ 52.38 por tonelada métrica (que según la Cooperación Técnica Alemana es regularmente aceptable) y \$ 20.55 por tonelada métrica en concepto de disposición final, costo que es cancelado a la empresa MIDES.

Estos costos están un 35 % arriba de los presentados hace dos años, haciendo necesaria para su funcionalidad una revisión de las tasas municipales o una reestructuración de los procesos de recolección y disposición final para minimizar los costos de operación.

**CAPÍTULO II:**  
**GESTIÓN DE DESECHOS**  
**SÓLIDOS, FUNDAMENTOS**  
**TEÓRICOS**

## **2.1 Marco teórico conceptual**

A continuación se dan a conocer los conceptos básicos relacionados con el manejo integrado de desechos sólidos (o residuos sólidos como es encontrado en algunos textos de referencia), además de presentar de forma general la situación sociopolítica y legal del manejo y disposición final de los desechos sólidos producidos en el país, los niveles de organización y los mecanismos de financiamiento de todo el proceso. En este texto se considerará como sinónimos las palabras desechos sólidos y residuos sólidos, ya que en algunos textos citados textualmente, se utiliza este último.

### **2.1.1 Definición de desechos sólidos**

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México los define como: *Materiales inútiles y dañinos (algunas veces peligrosos). Incluyen la basura municipal, los desechos generados por las actividades comerciales e industriales, el lodo de las aguas negras, los desperdicios resultantes de las operaciones agrícolas y de la cría de animales y otras actividades relacionadas, los desechos por demolición y los residuos de la minería. Los desechos sólidos también se refieren a los líquidos y gases en envases<sup>1</sup>.*

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador los define como: *Residuos sólidos que no tienen ninguna utilidad aparente para el ser humano, por*

---

<sup>1</sup>[app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadísticas\\_2000/compendio\\_2000/02dim\\_económica/02\\_04\\_Industria/data\\_industria/GlosarioII.4.htm](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadísticas_2000/compendio_2000/02dim_económica/02_04_Industria/data_industria/GlosarioII.4.htm)

*ejemplo, la basura*<sup>2</sup>; pero este concepto es muy ambiguo y por tal razón se presentan a continuación una serie de definiciones técnicas que ayudarán a entender este concepto.

**Cenizas:** residuos de la combustión de la madera, carbón u otros materiales.

**Basura:** Es todo residuo sólido putrescible y no putrescible (excepto excrementos). La basura incluye: desperdicios, desechos, cenizas, producto del barrido de las calles, animales muertos y restos sólidos procedentes de los mercados.

**Desperdicios:** residuos putrescibles, animales o vegetales procedentes del manejo, preparación y consumo de alimentos.

**Desechos:** residuos sólidos no putrescibles (excepto cenizas) tanto combustibles como no combustibles.

Con el fin de aclarar un poco más el término “desechos sólidos”, se presenta el siguiente concepto, el cual se considerará como base para el desarrollo de la presente investigación:

**Desechos sólidos:** Son los restos de materiales, sustancias, soluciones, mezclas u objetos en estado sólido o semisólido producidos por las actividades humanas, considerados por los generadores como inútiles y para los cuales no se prevé un destino inmediato por lo que deben ser eliminados o dispuestos en forma permanente.

---

<sup>2</sup> [www.marn.gob.sv/cd1/Educación/guías/guia2/glosario.doc](http://www.marn.gob.sv/cd1/Educación/guías/guia2/glosario.doc)



Según lo antes mencionado, los residuos constituyen una fuente valiosa de materias útiles y su generación y eliminación adecuada no sólo constituye un atentado contra el medio ambiente, sino también un despilfarro inadecuado de recursos [Garrido, 1998, Pág. 13].

### **2.1.2 Tipos de desechos sólidos**

- **Desechos sólidos domésticos:** también llamados **residuos sólidos urbanos**, son un tipo de residuo que incluye principalmente los residuos domésticos (basura doméstica) a veces con la adición de productos industriales procedentes de un municipio o de una zona determinada.

Estos desechos, ya sean en estado sólido o en forma semisólida, en general, excluyendo los desechos peligrosos industriales, hacen referencia a los residuos que quedan procedentes de los hogares y que contienen materiales que no se han separado o enviado para su reciclaje y se clasifican en 5 categorías:

1. **Los desechos biodegradables:** Los productos derivados de la alimentación y de la cocina, residuos verdes, el papel (también puede ser reciclado).
2. **Material reciclable:** papel, vidrio, botellas, latas, metales, algunos plásticos, etc.
3. **Desechos inertes:** Los materiales sobrantes del mundo de la construcción y la demolición, suciedad, piedras, escombros.
4. **Desechos compuestos:** Desechos de prendas de vestir, Tetra Pak, y los desechos de plástico como juguetes.

5. **Desechos domésticos peligrosos** (también llamados "residuos peligrosos del hogar") y los desechos tóxicos: Medicamentos, desechos electrónicos, pinturas, productos químicos, bombillas, tubos fluorescentes, aerosoles, fertilizantes y plaguicidas, baterías, betún de zapatos, etc.
- **Desechos sólidos peligrosos:** El término comprende a los desechos peligrosos derivados de todos los productos químicos tóxicos, materiales radiactivos, biológicos y de partículas infecciosas.
    1. **Desechos sólidos hospitalarios:** son desechos que provienen del uso de la medicina, también conocidos como residuos clínicos. Se refiere normalmente a los productos de desecho que no pueden considerarse residuos en general, producidos a partir de la atención sanitaria en locales, tales como los hospitales.
    2. **Desechos tóxicos:** son los desechos que son perjudiciales para la salud humana y para el desarrollo de la vida, es decir que puedan contaminar de alguna manera el medio ambiente y que este pueda ser modificado, entre estos ejemplos están, la radiación y desechos químicos como los ácidos.
    3. **Desechos radiactivos:** son los tipos de residuos que contienen elementos químicos radiactivos y que no tienen un propósito práctico. Por lo general son productos de los procesos nucleares, tales como la fisión nuclear. Sin embargo, la industria hospitalaria no está directamente vinculada a la industria nuclear y puede producir grandes cantidades de residuos radiactivos.

- **Desechos sólidos especiales:** El término comprende a los desechos provenientes de los productos de uso masivo, que por sus cantidades o su peligrosidad merecen una gestión separada y especial, tales como baterías agotadas de plomo-ácido, vehículos fuera de uso (VFU), neumáticos fuera de uso (NFU), aceites lubricantes usados, residuos de aparatos electrónicos y electrodomésticos (RAEE), etc.

### **2.1.3 Composición de los desechos sólidos**

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa, usualmente basada en porcentajes por peso. La información sobre la composición de los residuos sólidos es importante para evaluar las necesidades de equipo, los sistemas y los programas y planes de gestión. Por ejemplo, si los residuos sólidos generados en una instalación comercial se componen solamente de productos de papel, puede ser apropiado el uso de un equipo especial de procesamiento, como trituradoras y embaladoras. También se puede considerar la recolección por separado si la municipalidad está involucrada en un programa de reciclaje de productos de papel [Tchobanoglous, 1994, Pág. 55].

El método utilizado para determinar la composición de los desechos es el cuarteo, en el cual se toma 1 m<sup>3</sup> de basura y después de homogenizarlo se divide en cuatro partes iguales, una se toma para el estudio de composición y el resto sirve para realizar el estudio de peso volumétrico.

Tabla 2.1 Composición de los desechos obtenidos en estudios realizados entre 1988 -2004

<b>COMPONENTE DE LOS DESECHOS</b>	<b>POBLACIÓN MENOR DE 3,000 HABITANTES (%)</b>	<b>POBLACIÓN DE 3,000 A 15,000 HABITANTES (%)</b>	<b>POBLACIÓN 15,000 A 50,000 HABITANTES (%)</b>
Materia Orgánica	76.00%	71.97%	64.78%
Papel y Cartón	6.53%	6.94%	15.93%
Plásticos	11.40%	7.91%	9.73%
Textiles	1.44%	2.56%	3.09%
Metales	1.13%	1.17%	2.61%
Madera	0.13%	1.42%	0.57%
Cuero	0.38%	0.22%	0.61%
Vidrio	1.44%	2.36%	2.09%
Finos	1.56%	5.45%	0.62%

Fuente: RESEARCH TRIANGLE INSTITUTE (RTI Internacional)

La información y los datos sobre la composición física de los residuos son importantes en la selección y operación del equipo y las instalaciones, en el asesoramiento para la viabilidad de la recuperación de energía y recursos, y en el análisis y diseño de instalaciones de evacuación en los vertederos. Los datos publicados de distribución deberían ser utilizados cautelosamente, porque los efectos de las actividades de reciclaje y el uso de trituradoras domésticas de residuos de comida frecuentemente no aparecen reflejados en los datos antiguos [Tchobanoglous, 1994, Pág. 56].

Los datos típicos sobre la distribución de los componentes en los DSU domésticos se presenta en la tabla 2.2. Hay que resaltar el alto porcentaje de residuos de comida en los países menos desarrollados. El porcentaje de los residuos sólidos de comida es alto porque la mayoría de los vegetales y frutas no aparecen limpios de troncos y hojas,

esencialmente no hay trituradoras domésticas y las cantidades de los otros componentes son bastante pequeñas [Tchobanoglous, 1994, Pág. 58].

Tabla 2.2 Distribución típica de componentes en los DSU domésticos para países de bajos, medios y altos ingresos, excluyendo materiales reciclados.

Componente	Países de bajos ingresos	Países de medianos ingresos	Países de altos ingresos
<b>Orgánicos</b>			
Residuos de comida	40 - 85	20 - 65	6 - 30
Papel	1 - 10	8 - 30	20 - 45
Cartón	1 - 10	8 - 30	5 - 15
Plásticos	1 - 5	2 - 6	2 - 8
Textiles	1 - 5	2 - 10	2 - 6
Goma	1 - 5	1 - 4	0 - 2
Cuero	1 - 5	1 - 4	0 - 2
Residuos de jardín	1 - 5	1 - 10	10 - 20
Madera	1 - 5	1 - 10	1 - 4
Orgánicos misceláneos	---	---	---
<b>Inorgánicos</b>			
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

Fuente: [Tchobanoglous, 1994, Pág. 58]

### 2.1.4 Caracterización de los desechos sólidos

Las características de los residuos sólidos varían dependiendo de la ciudad y el país en que son generados, ya que éstos se generan en función de los diferentes hábitos y costumbres de la población, de las actividades dominantes, del clima, las estaciones y otras condiciones locales que se modifican con los años.

Tabla 2.3 Características de los residuos sólidos

Tipo	Característica	Unidad
Físicas	Peso	Kg.
	Producción per cápita	Kg/hab./día
	Volumen	m <sup>3</sup>
	Peso específico	Kg/m <sup>3</sup>
	Composición	% de elementos
	Humedad	%
Químicas	Hidrógeno y carbono	%
	Nitrógeno	%
	Fosforo	%
	Potasio	%
	Sólidos volátiles y cenizas	%
	Poder calorífico	Kcl/Kg
Biológicas	Organismos patógenos	
	Roedores y vectores	

Fuente: OPS-OMS

El conocimiento de las características de los residuos sólidos y su control continuo, permite la búsqueda de soluciones apropiadas a los problemas involucrados en las etapas de almacenamiento, recolección y disposición final que constituyen el servicio de aseo.

En la tabla 2.3 se presentan las características de los residuos sólidos y sus unidades de medida, propuestos por la Organización Panamericana de la Salud (OPS)<sup>3</sup>

### **2.1.5 Características Físicas**

Las características físicas más importantes de los DSU incluyen: peso específico, contenido de humedad y composición, pero a este último por su importancia en la gestión de desechos sólidos se ha tratado por separado.

**Peso específico:** se define como el peso de un material por unidad de volumen (ej.: Kg/m<sup>3</sup>). Como el peso de los DSU frecuentemente se refiere a residuos sueltos, encontrados en los contenedores, no compactados, etc., la base utilizada para los valores presentados siempre debe ser citada. Los datos sobre el peso específico a menudo son necesarios para valorar la masa y el volumen total de los residuos que tienen que ser gestionados. Desafortunadamente, hay poca o ninguna uniformidad en la forma de presentar los pesos específicos dentro de la literatura sobre el tema. Frecuentemente no se hace ninguna distinción entre los pesos específicos de DSU compactados y no compactados [Tchobanoglous, 1994, Pág. 82].

---

<sup>3</sup> Folleto: análisis de los residuos sólidos de la serie. Programa regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos

Como los pesos específicos de los residuos sólidos varían notablemente con la localización geográfica, la estación del año y el tiempo de almacenamiento, se debe tener mucho cuidado a la hora de seleccionar los valores típicos. Los DSU tal como se entregan por los vehículos de compactación, se ha comprobado que varían desde 178 kg/m<sup>3</sup> hasta 415 Kg/m<sup>3</sup>, con un valor típico de aproximadamente 300 Kg/m<sup>3</sup> [Tchobanoglous, 1994, Pág. 84]

**Contenido de humedad.** El contenido de humedad en los residuos sólidos normalmente se expresa de dos formas: en el método de medición peso-húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo; en el método peso-seco, se expresa como un porcentaje de peso seco del material. El método peso-húmedo se usa más frecuentemente en el campo de la gestión de residuos sólidos. En forma de ecuación el contenido de humedad peso-húmedo se expresa de la forma siguiente [Tchobanoglous, 1994, Pág. 84]

$$M = \left( \frac{w - d}{w} \right) * 100$$

Donde:

M = Contenido de humedad, porcentaje.

w = Peso inicial de la muestra según se entrega (Kg)

d = Peso de la muestra después de secarse a 105 °C (Kg)

### **2.1.6 Características químicas**

Conocer con exactitud las propiedades químicas de los residuos urbanos es un hecho de suma importancia en el tratamiento de éstos, puesto que estas propiedades son



determinantes para los procesos de recuperación y tratamiento final. Probablemente sean el poder calorífico y el porcentaje de cenizas producidas las características químicas que mayor importancia revisten, ya que son esenciales en los procesos de recuperación energética. Aunque tampoco se deben de subestimar propiedades como la eventual presencia de productos tóxicos, metales pesados o contenido de materiales inertes, debido a la importancia que tienen respecto al diseño de soluciones adecuadas en los procesos de recuperación y para la toma de precauciones higiénicas y sanitarias<sup>4</sup>.

Cuando la fracción orgánica de los DSU se va a compostar o se va a utilizar como alimentación para la elaboración de otros productos de conversión biológica, no solamente será importante tener información sobre los elementos mayoritarios que componen los residuos, si no también será importante tener información sobre los elementos en cantidades traza que se encuentran en los residuos [Tchobanoglous, 1994, Pág. 87].

El punto de fusión de la ceniza se define como la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos se transforma en sólido (escoria) por la fusión y la aglomeración. Las temperaturas típicas de fusión para la formación de escoria de residuos sólidos oscila entre 1100 y 1200 °C [Tchobanoglous, 1994, Pág. 92].

El análisis elemental de un residuo normalmente implica la determinación del porcentaje de C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), N (nitrógeno), S (azufre) y ceniza. Debido a

---

<sup>4</sup> «Características químicas de los residuos sólidos urbanos». Internet 1, consultado el 25 de septiembre de 2009, autor anónimo.

la preocupación acerca de la emisión de compuestos clorados durante la combustión, frecuentemente se incluye la determinación de halógenos en el análisis elemental. Los resultados del análisis elemental se utilizan para caracterizar la composición química de la materia orgánica en los DSU. También se usan para definir la mezcla correcta de materiales residuales necesaria para conseguir relaciones carbono/nitrógeno (C/N) aptas para los procesos de conversión biológica [Tchobanoglous, 1994, Pág. 92].

El contenido energético de los componentes orgánicos en los DSU se puede determinar: utilizando una caldera a escala real como calorímetro, utilizando una bomba calorimétrica de laboratorio y/o por cálculo, si se conoce la composición elemental. Por las dificultades que existen para instrumentar una caldera a escala real, la mayoría de los datos sobre el contenido de energía de los componentes orgánicos de los DSU están basados en los resultados de ensayos con una bomba calorimétrica. Los datos típicos del contenido energético y de los rechazos inertes de los componentes de residuos domésticos por lo general se presentan en una base referida a residuos desechados en kilo joule/ kilogramo (Kj/Kg). Estos valores se pueden convertir a una base seca mediante la siguiente ecuación [Tchobanoglous, 1994, Pág. 92].

$$Kj/Kg (base\ seca) = Kj/Kg(residuos\ desechados)(100/100 - \% humedad)$$

La ecuación correspondiente para Kj/kg en una base seca y libre de ceniza es [Tchobanoglous, 1994, Pág. 92].

$$Kj/Kg (base\ seca, libre\ de\ ceniza) = Kj/Kg (residuos\ desechados)[100/100 - (\% humedad) - (\% ceniza)]$$

Si no se puede disponer de valores de poder calorífico, los valores aproximados del poder calorífico para los materiales individuales de los residuos pueden determinarse mediante el uso de la ecuación conocida como la fórmula Dulong modificada [Tchobanoglous, 1994, Pág. 98].

$$\text{Kj/Kg} = [145\text{C} + 610(\text{H}_2 - 1/8 \text{O}_2) + 405 + 10\text{N}] * 2.32$$

Donde:

C = Carbono, porcentaje en peso

S = Azufre, porcentaje en peso

H<sub>2</sub> = Hidrógeno, porcentaje en peso

N = Nitrógeno, porcentaje en peso.

O<sub>2</sub> = Oxígeno, porcentaje en peso

En la fórmula Dulong modificada, el contenido de oxígeno está dividido por ocho y restado del hidrógeno para justificar la cantidad de hidrógeno que reacciona con el oxígeno presente y, por lo tanto, no contribuye al contenido energético del residuo [Tchobanoglous, 1994, Pág. 99].

Cuando la fracción orgánica de los DSU se va a utilizar como alimentación para la elaboración de productos biológicos de conversión, tales como compostaje, metano y etanol, la información sobre los nutrientes esenciales y los elementos del material residual es importante respecto a la disponibilidad de nutrientes de microbios, y para valorar los usos finales que puedan tener los materiales restantes después de la conversión biológica [Tchobanoglous, 1994, Pág. 100].

### **2.1.7 Características biológicas**

Excluyendo el plástico, la goma y el cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los DSU se puede clasificar de la forma siguiente [Tchobanoglous, 1994, Pág. 100].

1. Constituyentes solubles en agua, tales como azúcares, féculas, aminoácidos, y diversos ácidos orgánicos.
2. Hemicelulosa, un producto de condensación de azúcares con cinco y seis carbonos.
3. Celulosa, un producto de condensación de glucosa de azúcar con seis carbonos.
4. Grasas, aceites y ceras, que son ésteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga.
5. Lignina, un material polímero que contiene anillos aromáticos con grupos metoxi (-OCH<sub>3</sub>), cuya fórmula exacta aún no se conoce (presente en algunos productos de papel como periódicos y en tablas de aglomerado).
6. Lignocelulosa, una combinación de lignina y celulosa.
7. Proteínas, que están formadas por cadenas de aminoácidos.

#### **Biodegradabilidad de los componentes de residuos orgánicos.**

El contenido en sólidos volátiles (SV), determinando a 550 °C, frecuentemente se utiliza como una medida de la biodegradabilidad de la fracción orgánica de los DSU. El uso de SV para la descripción de la fracción orgánica de los DSU es erróneo, porque algunos de los constituyentes orgánicos de los DSU son altamente volátiles pero bajos en biodegradabilidad. Alternativamente, se puede usar el contenido de lignina de un residuo para estimar la fracción biodegradable, mediante la siguiente relación [Tchobanoglous, 1994, Pág. 101].

$$BF = 0.83 - 0.028*LC$$

Donde:

BF = fracción biodegradable expresada en base a los sólidos volátiles (SV).

0.83 = constante empírica.

0.028 = constante empírica.

LC = contenido de lignina de los SV expresado como un porcentaje en peso seco.

La velocidad a la que los diversos componentes pueden ser degradados varía notablemente. Con fines prácticos, los componentes principales de los residuos orgánicos en los DSU a menudo se clasifican como de descomposición rápida y lenta [Tchobanoglous, 1994, Pág. 102].

### **Producción de olores.**

Los olores pueden desarrollarse cuando los residuos sólidos se almacenan durante largos periodos de tiempo in situ entre recogidas, en estaciones de transferencia, y en vertederos. El desarrollo de olores en las instalaciones de almacenamiento “in situ” es más importante en climas cálidos. Normalmente la formación de olores se produce por la descomposición anaerobia de los fácilmente descomponibles componentes orgánicos que se encuentran en los DSU. [Tchobanoglous, 1994, Pág. 102]. El color negro de los residuos sólidos que han experimentado descomposición anaerobia en un vertedero se debe principalmente a la formación de sulfuros metálicos. Si no fuera por la formación de diversos sulfuros, los problemas de olor en los vertederos podrían ser muy importantes [Tchobanoglous, 1994, Pág. 103].

Reproducción de moscas. En los países tropicales, por su clima cálido, la reproducción de moscas es una cuestión importante, en especial durante la estación lluviosa. Las

moscas pueden desarrollarse en menos de dos semanas después de poner los huevos. [Tchobanoglous, 1994, Pág. 103].

El problema del desarrollo de las moscas, desde la etapa larval (gusano), en los contenedores de almacenamiento “in situ” depende de los siguientes hechos: si los gusanos se desarrollan, son difíciles de quitar cuando se vacían los contenedores. Los que permanecen pueden desarrollarse hasta convertirse en moscas. Los gusanos también salen de los bidones destapados y se desarrollan hasta convertirse en moscas en el terreno circundante [Tchobanoglous, 1994, Pág. 103].

### **2.3 Situación del manejo de los residuos sólidos urbanos en El Salvador**

A continuación, se describe la situación actual del manejo de los residuos sólidos en el país, a partir de datos brindados por el ministerio de medio ambiente y recursos naturales, en el cuál se da a conocer el número de habitantes que cuentan con servicio de recolección, además de la organización municipal y del recurso humano con el que cuenta para llevar a cabo las tareas de recolección de los desechos para los diferentes tipos que existen.

#### **2.3.1 Aspectos administrativos**

Organización municipal: el nivel de organización que tenga la municipalidad es muy importante para el desarrollo de una buena gestión en el área de los desechos sólidos [Zelaya, 2001, Pág. 22] ya que de ahí parte en su totalidad la ejecución de un sistema de manejo de desechos sólidos.

#### Organización municipal:

El nivel de organización que tenga la municipalidad es muy importante para el desarrollo de una buena gestión en el área de los desechos sólidos [Zelaya, 2001, Pág. 22] ya que de ahí proviene toda la ejecución de un sistema implementado o por implementar.

En total son 61 los municipios que cuentan con un organigrama administrativo y que representa el 34% de las municipalidades con servicio de recolección de desechos sólidos. La responsabilidad puede recaer en una persona encargada, en el alcalde municipal, el motorista del servicio o en estructuras organizadas como unidades, departamentos, secciones o gerencias específicamente de saneamiento, de aseo o de servicios públicos. [Zelaya, 2001, Pág. 24]<sup>5</sup>.

#### **Recursos humanos del servicio de aseo:**

Los recursos humanos utilizados por las municipalidades definen, entre otras cosas, parte de la capacidad instalada que tienen las municipalidades para brindar el servicio de aseo público. [Zelaya, 2001, Pág. 31], hay municipalidades que no cuentan con personal para la prestación de servicio. Estas municipalidades son las que prestan el servicio a través de un particular y no cuentan con personal para el barrido de calle.

Siempre referido a los recursos humanos, el personal de aseo de las alcaldías reciben instrucciones/ capacitación sobre higiene y seguridad ocupacional, aspectos técnicos, muy específicamente sobre recolección, por parte de la persona encargada o de las

---

<sup>5</sup> Los datos brindados están actualizados al mes de -- de 2009, según fuentes del MARN

unidades de salud de su municipio respectivo. Esto es muy importante, porque se concientiza al trabajador la importancia de su función y desempeño en dicha actividad. [Zelaya, 2001, Pág. 36].

### **Tipos del servicio de recolección de desechos sólidos:**

Los municipios de El Salvador brindan el servicio de recolección de seis diferentes formas [Zelaya, 2001, Pág. 37]:

- 1- El servicio de recolección es brindado directamente por la municipalidad: esto significa que los materiales y equipo son propiedad de la municipalidad y el recurso humano y costos son pagados por la alcaldía.
- 2- El servicio de recolección es a través de un particular: generalmente por contrato, aunque éstos en su mayoría son acuerdos verbales. Representa que la municipalidad paga al transporte, que incluye el motorista y la tripulación, un monto estipulado, que puede ser un pago por viaje, por mes o por día.
- 3- El servicio de recolección es compartido: esto quiere decir que la municipalidad alquila el transporte y la tripulación de aseo son empleados municipales. Generalmente el dueño del transporte incluye al motorista para trabajar con la cuadrilla municipal.
- 4- El servicio de recolección es mixto: la existencia de cuadrillas con equipo y recursos de la municipalidad y cuadrillas dadas por contrato. Esta modalidad se da principalmente en las ciudades grandes donde la demanda del servicio es más exigente y optan por conseguir los recursos en el mercado.



- 5- El servicio de recolección es mixto y compartido: parecida a la anterior, con la diferencia que el privado contratado utiliza la cuadrilla municipal. Esto sucede en las ciudades medianamente grandes que tienen los vehículos de recolección en pésimo estado y rentan el transporte para brindar el servicio.
- 6- Acuerdo intermunicipales: la existencia de acuerdos entre alcaldías donde el equipo de aseo público hace la recolección en la alcaldía vecina sin hacer ningún cobro.

Para la contratación de servicios particulares de recolección y transporte, ésta no se hace a nivel formal, únicamente las municipalidades del área Metropolitana de San Salvador y de San Miguel realizan un contrato entre ambas partes; las otras municipalidades es un trato verbal entre el privado y algún miembro de la alcaldía, generalmente el alcalde municipal. [Zelaya, 2001, Pág. 45].

### **Catastro tributario municipal**

La mayoría de municipalidades dice contar con un listado de contribuyentes y actualizaciones constantes a dicho listado. Esta es la base de la sostenibilidad del servicio. Con los datos de contribuyentes registrados y calificados para aseo público se obtiene la cobertura del servicio [Zelaya, 2001, Pág. 87].

Una de las fallas más frecuentes es que no se tiene el registro de contribuyentes actualizados ni tampoco diferenciados en vivienda domiciliar, comercial, institucional, etc. Además si la municipalidad brinda servicio en caseríos del área rural, éstos no son contabilizados en la lista de contribuyentes. [Zelaya, 2001, Pág. 87].

El servicio con una cobertura de un 100% no se pueden considerar como reales, son el resultado de que el registro municipal de contribuyentes no está actualizado y no se tiene una cobertura exacta del servicio [Zelaya, 2001, Pág. 93]. Además se relaciona con el número de viviendas urbanas y rurales publicadas en el Censo Nacional de Vivienda de 2007, datos que a pesar de ser oficiales y relativamente recientes, no se pueden tomar como reales debido al continuo crecimiento poblacional en el área urbana y semi-urbana de los municipios en todo el país.

### **2.3.2 Aspectos técnico/operativos**

Tomando como base el último censo nacional de desechos sólidos municipales del año 2006, el porcentaje de habitantes que cuenta con servicio de recolección de desechos sólidos es del 77% de la población total de El Salvador y que a su vez significan 3,187 ton/día de desechos sólidos.<sup>6</sup>

#### **Prestación del servicio de aseo**

Al momento de la elaboración del presente informe, 210 municipios a nivel nacional prestaban el servicio de recolección y transporte de desechos sólidos, equivalentes al 80% de los municipios a nivel nacional (Ver Tabla 2.4). Un total de 52 municipios no prestan actualmente el servicio, correspondiendo al 20 % de los municipios a nivel nacional.

---

<sup>6</sup> Segundo censo nacional de desechos sólidos municipales, 2006, Pág. 15

Tabla 2.4 Cantidad de municipios que poseen ó no servicio de recolección y transporte de desechos sólidos.

Descripción	Cantidad	Porcentaje %
Municipios analizados	262	100
Municipios que poseen servicio de recolección y transporte de desechos sólidos.	210	80
Municipios que no poseen servicio de recolección y transporte de desechos sólidos.	52	20

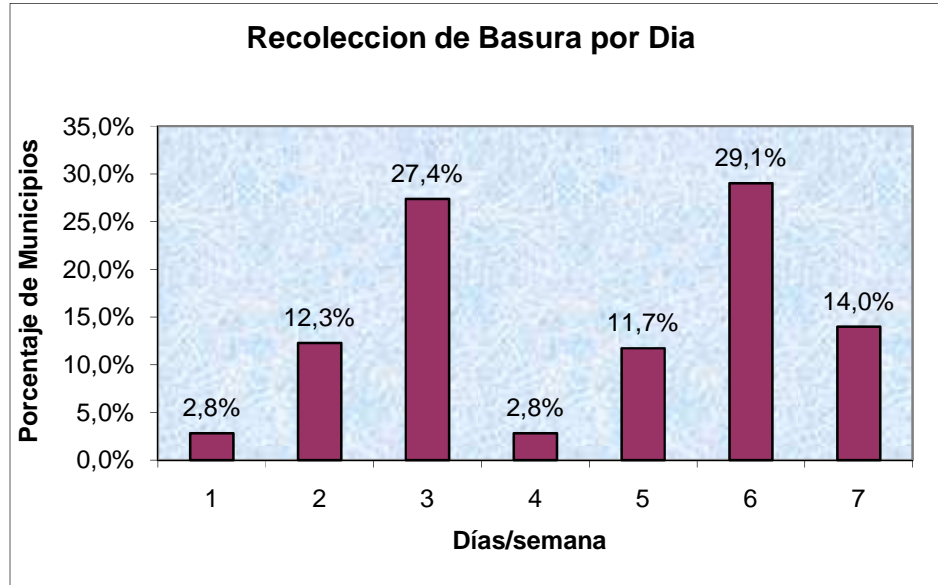
Fuente: segundo censo nacional de desechos sólidos, MARN, 2006.

### **Servicio de recolección de desechos**

A continuación se presentan las constantes más relevantes del servicio de recolección:

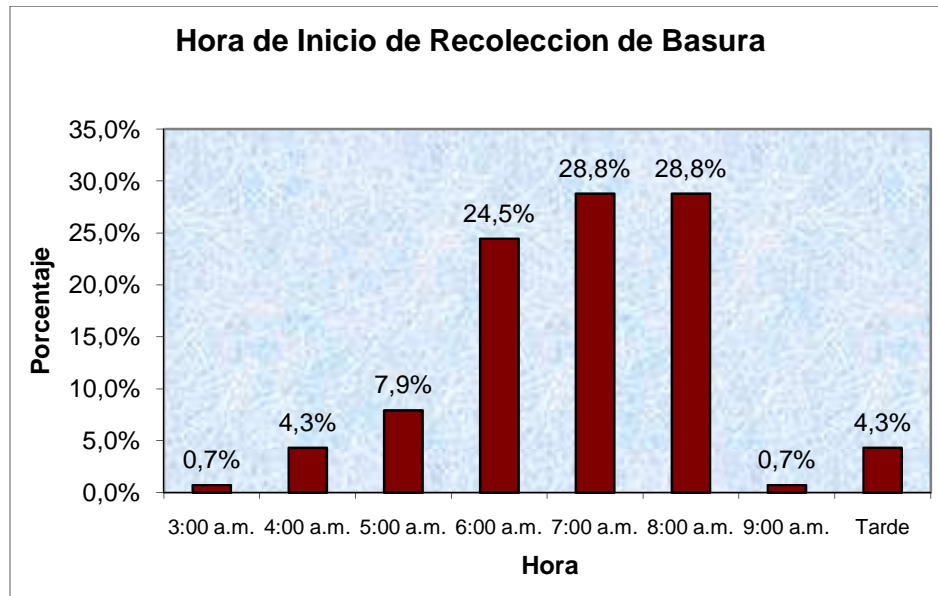
- 1- La frecuencia del servicio de recolección varía desde 1 día/semana hasta los 7 días/semana. Las mayores frecuencias se dan en las ciudades con mayores poblaciones. [Zelaya, 2001, Pág. 70] (ver figura 2.1).
- 2- Prevalcen los horarios matutinos para las jornadas de trabajo, preferentemente iniciando a las 6 AM, 7 AM y 8 AM. [Zelaya, 2001, Pág. 70] (ver figura 2.2).
- 3- Es común la utilización del vehículo recolector de basura para otros menesteres que no son el aseo público, como por ejemplo el acarreo de materiales, transporte de personal hasta es utilizado de ambulancia. [Zelaya, 2001, Pág. 70].
- 4- La recolección de los DSU se lleva a cabo en una cantidad variable de horas en cada municipio. [Zelaya, 2001, Pág. 61].

Fig. 2.1 Porcentaje de días que se recolecta basura en los municipios



Fuente: primer censo nacional de desechos sólidos [Zelaya, 2001]

Fig. 2.2 Hora a la que se inicia la recolección de basura en los diferentes municipios



Fuente: primer censo nacional de desechos sólidos [Zelaya, 2001].

### **Maquinaria y equipo de recolección de desechos sólidos:**

De los 210 municipios que prestan servicio de recolección un 65% lo realizan por administración propia y solo un 35% lo realiza tercerizado, es decir, por medio de un subcontrato, donde la municipalidad utiliza a un ente privado para que realice la recolección y transporte de los desechos sólidos hasta el sitio de disposición final incluyendo el vehículo y personal recolector, siendo supervisado por la misma municipalidad en la mayoría de los casos.

La modalidad de tercerización del servicio de recolección y transporte está tomando cada vez mayor auge debido a los beneficios que representa para la municipalidad, 73 municipios prestan sus servicios de recolección y transporte de desechos sólidos por medio de un subcontrato, el resto de municipalidades, 137 lo hace de manera propia.

Tabla 2.5 Municipios procesados que tienen servicios de recolección por contrato o por administración propia.

Descripción	Cantidad	Porcentaje %
Municipios que prestan servicio de recolección y transporte de desechos sólidos por administración propia	137	65
Municipios que prestan servicio de recolección y transporte de desechos sólidos por medio de subcontrato	73	35

Fuente: segundo censo nacional de desechos sólidos, MARN

Aunque la mayor parte de municipalidades presentan vehículos para la recolección de desechos sólidos, éstos son, en su mayoría de cama fija, muy pocos son de volteo.

Son 420 los vehículos de recolección y transporte que ocupan las 137 municipalidades que brindan el servicio directamente, y poseen una edad media de 10 años, esto hace más onerosa la prestación del servicio debido al alto gasto de mantenimiento de los vehículos de recolección.

### **2.3.3 Aspectos Financieros/Económicos**

Se presenta el análisis de los costos del servicio de recolección y transporte de los municipios a nivel nacional.

Los costos en los que incurre la municipalidad por la prestación del servicio de aseo cuentan con dos componentes: los costos directos, que son los costos provenientes directamente de las actividades de la prestación del servicio, los cuales fueron proporcionados por el departamento de contabilidad de cada municipalidad, y los costos indirectos, que en el caso de las municipalidades, proviene de los costos administrativos-operativos de la municipalidad cargados como un porcentaje de acuerdo al tiempo que demandan los servicios en las diferentes áreas administrativas de la municipalidad.

Para el caso los costos indirectos, se han calculado en base a la relación costo indirecto/costo directo del promedio por tipología de una muestra de 30 municipios a nivel nacional de estudios realizados por RESEARCH TRIANGLE INSTITUTE (RTI) International. Una vez determinado el valor de los costos indirectos sumado con los costos directos se obtiene el costo total por la prestación del servicio de aseo.

Tabla 2.6. Porcentaje de costos indirectos utilizado para cálculo de costo total del servicio de aseo

Porcentaje de costos indirectos del servicio de aseo por tipología	
Tipología	% Indirectos
1	16
2	30
3	31
4	60
5	54

Fuente: segundo censo nacional de desechos sólidos, MARN, 2006.

Los municipios a nivel nacional han sido clasificados en una tipología que proporciona una clasificación de los municipios de acuerdo a aspectos demográficos, económicos, geográficos, sociales, entre otros. Esta clasificación de tipología ha sido obtenida del documento elaborado por el programa PROMUDE/GTZ junto con el Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local – FISDL, llamado “Propuesta de una Tipología de los Municipios en El Salvador”,

En el Tipo 1 están agrupados los municipios de mayor número de habitantes, mayor tasa de urbanización y mayores niveles de satisfacción de necesidades básicas. Los municipios del Tipo 2 se caracterizan por ser de tamaño secundario, con una mezcla de población urbana y rural, pero principalmente urbano, y un INBI (Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas) intermedio/menor. Los municipios del Tipo 3 se diferencian del segundo por ser un poco menos poblados, siempre con una mezcla entre urbano y rural, pero con mayor población en las zonas rurales, y un INBI intermedio. Los municipios del

Tipo 4 son de tamaño más pequeño, principalmente rural, y un INBI mayor. Finalmente, los municipios que se encuentran en el Tipo 5 se caracterizan por tener menor número de habitantes, por ser eminentemente rurales, y con índices de necesidades básicas insatisfechas más elevados.

Las diferencias entre los municipios de Tipo 1 y 5 son bastante evidentes, ya que representan los dos extremos de condiciones entre número de habitantes, nivel de urbanización y la calidad de vida de la población, representado por el INBI. Los tipos 2, 3 y 4 presentan situaciones intermedias, pero donde el tipo 2 es más cercano al tipo 1, y el tipo 4 más cercano al tipo 5. La tabla 2.7 resume los resultados de los promedios, y los valores mínimos y máximos de los municipios agrupados en el respectivo tipo

Tabla 2.7 Tipología de los municipios

<b>Variable</b>	<b>Tipo 1</b>	<b>Tipo 2</b>	<b>Tipo 3</b>	<b>Tipo 4</b>	<b>Tipo 5</b>	<b>Total</b>
<b>Número de municipios</b>	11	14	65	103	69	262
<b>Número de habitantes</b>						
Promedio	150,738	81,793	21,466	13,954	9,277	23,954
Mínimo	10,306	1,688	2,645	651	540	540
Máximo	479,605	248,964	107,533	66,899	46,239	479,605
<b>Urbanización</b>						
Promedio	77	65	40	29	21	33
Mínimo	22	3	4	0	0	0
Máximo	100	100	83	79	100	100
<b>INBI</b>						
Promedio	15	27	37	46	58	44
Mínimo	8	22	31	41	52	8
Máximo	19	30	40	51	69	69

Fuente: “Propuesta de una Tipología de los Municipios en El Salvador”. PROMUDE/GTZ-FISDL



### Costo/Tonelada recolectada de los municipios de acuerdo al tipo de administración

Tabla 2.8 Costos promedio por tonelada de desechos sólidos recolectada según el tipo de administración del sistema de recolección y transporte de desechos sólidos.

Costo promedio por Tonelada recolectada	
Tipo de administración	\$/Ton
Administración propia	\$ 87.51
subcontrato	\$ 68.31

Fuente: segundo censo nacional de desechos sólidos, MARN, 2006.

Al analizar a los 73 municipios que prestan sus servicios de recolección y transporte de manera tercerizada, por medio de un subcontrato, los costos promedios de los municipios que cuentan con administración propia y los que lo realizan de manera tercerizada por medio de subcontratos podemos ver en la Tabla 2.8 que el costo promedio de la tonelada de desechos sólidos recolectada y transportada es menor en aquellos municipios con subcontrato, en promedio alcanza un valor de \$68.31 contra \$87.51 la tonelada recolectada y transportada de aquellos municipios que prestan el servicio por administración propia, una reducción de \$19.20 por tonelada recolectada.

Al hablar de costos por tonelada recolectada a nivel nacional se tiene que hacer una diferenciación entre los municipios para que dicho valor sea representativo, es por esto que se ha realizado el cálculo del costo promedio de la tonelada de desechos sólidos recolectada y transportada teniendo en consideración la tipología del municipio (Ver Tabla 2.9).

Tabla 2.9. Costo promedio por tonelada de desechos sólidos recolectada y transportada según tipología del municipio.

Costo promedio por tonelada recolectada	
Tipología	\$ / Ton
1	\$ 71.10
2	\$ 44.04
3	\$ 65.01
4	\$ 77.69
5	\$ 118.36

Fuente: segundo censo nacional de desechos sólidos, MARN, 2006.

Al observar el costo promedio por tonelada recolectada y transportada de desechos sólidos para los municipios de Tipología 1 podemos ver que el valor de la tonelada de desechos es mayor que los de Tipología 2 y 3, sin embargo, es de tener en cuenta que dicho valor incluye la disposición final de desechos sólidos, que en el caso de los municipios de Tipología 1 todos la realizan en un relleno sanitario.

Siempre al observar los valores del costo promedio por tonelada recolectada y transportada en la Tabla 2.9 se puede ver que conforme aumenta la tipología del municipio el costo se incrementa, esto se da debido a que entre más pequeño es un municipio tiende a tener costos directos e indirectos por tonelada mayores.

La Tabla 2.10 nos presenta la cantidad de municipios con superávit o subsidio en la prestación del servicio de aseo, 194 municipios subsidian los servicios de aseo, solamente nueve municipios a nivel nacional reportan una utilidad en la prestación del servicio de aseo.

Tabla 2.10 Situación contable del sistema de aseo.

Situación contable del sistema de aseo	
Superávit	9
Subsidio	194
Total de municipios	203

Fuente: segundo censo nacional de desechos sólidos, MARN, 2006.

### 2.3.4 Aspectos legales

La gestión de los desechos sólidos en El Salvador es una responsabilidad compartida entre las autoridades nacionales y locales. Las autoridades nacionales tienen como principal responsabilidad facilitar y estandarizar la gestión de los desechos sólidos. Mientras que los actores locales tienen como responsabilidad la operación del sistema de manejo de desechos sólidos.

La legislación aplicable de El Salvador para el manejo de los desechos sólidos es la siguiente:

- Constitución de la República de El Salvador.

En los artículos 65 y 117 establece la responsabilidad del estado en cuanto a la preservación del medio ambiente y la salud de los ciudadanos.

- Ley del Medio Ambiente.

En el artículo 52 se establece la formulación y aprobación de un programa nacional para el manejo Integral de los desechos sólidos, y establece que las actividades, obras y proyectos tales como sistemas de tratamiento, confinamiento y eliminación, instalaciones de almacenamiento y disposición final de residuos sólidos y desechos

peligrosos deben someterse a la evaluación ambiental para obtener su permiso ambiental de ubicación y operación.

- Código de Salud

En el artículo 56 literal C se establece la obligación de desarrollar programas para la eliminación de basura y otros desechos. Los artículos 74 al 78 establecen al Ministerio de Salud Pública como autoridad responsable de la ubicación de botaderos públicos de basura. En el artículo 76 establece la obligación a los propietarios, poseedores de predios baldíos y de sitios abiertos de cerrarlos para evitar que se conviertan en basureros públicos.

- Código Municipal

En el artículo 3 se establece la autonomía del municipio en cuanto al decreto de ordenanzas y reglamentos locales y en cuanto a la elaboración de sus tarifas de impuestos y reformas a las mismas para proponerlas como ley a la Asamblea Legislativa. En el artículo 4 numeral 5 establece la promoción y desarrollo de programas de salud como saneamiento ambiental. En el artículo 4 numeral 19 se establece la prestación del servicio de aseo, barrido de las calles, recolección y disposición final de basura. Los artículos 6,7 y 18 describen el poder del municipio de ejecutar ellos mismos o por medio de empresas privadas los servicios de aseo público.

- Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos.

En el artículo 1 se establece la regulación del manejo de los desechos sólidos de origen domiciliario, comercial, de servicios o institucional; sean procedentes de la limpieza de áreas públicas, o industriales similares a domiciliarios, y de los sólidos

sanitarios que no sean peligrosos. En el artículo 2 se establece la ampliación de las disposiciones del reglamento en todo el territorio nacional y serán de observancia general y de cumplimiento obligatorio para toda persona natural o jurídica. En el resto de los artículos se desarrollan las disposiciones para el manejo integral de cada una de las etapas del proceso.

Tabla 2.11 Aspectos Legales para Gestión de desechos sólidos

<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>MANDATO</b>	<b>BASE LEGAL</b>
Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales	Promover, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales, otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos.  Formular y aprobar un programa nacional para el manejo integral de los desechos sólidos.	Ley del Medio Ambiente.
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	Aprobar la localización de los sitios de disposición final.	Código de Salud.
Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal	Apoyar la gestión municipal financiera y técnicamente.	Ley Orgánica de creación del Instituto Salvadoreño de desarrollo municipal
Municipalidades	Gestión día a día de los desechos sólidos.	Código Municipal.

FUENTE: Elaboración propia

## **2.5 Manejo integrado de desechos sólidos**

La gestión de desechos sólidos puede definirse como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de desechos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética, y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas. La gestión de residuos sólidos incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los desechos sólidos. [Tchobanoglous, 1994, Pág. 8].

### **2.5.1 Desarrollo histórico**

Muchos de los principios básicos y de los métodos subyacentes de lo que hoy conocemos como el campo de la gestión de residuos sólidos ya eran bien conocidos a principios del siglo XX, los métodos básicos de la recogida de residuos sólidos siguen siendo los mismos y por ende, se sigue empleando mucha mano de obra. [Tchobanoglous, 1994, Pág. 8].

Los métodos más frecuentemente utilizados para la evacuación final de desechos sólidos a través de la historia de la humanidad son:

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1) Vertido en la tierra.      | 4) Alimentación para los cerdos. |
| 2) Vertido en el agua.        | 5) Reducción.                    |
| 3) Enterrar, arando el suelo. | 6) Incineración.                 |

No todos estos métodos fueron aplicables a todos los tipos de residuos. Se enterraron en el suelo los residuos de comida y las barreduras de la calle, mientras tanto la alimentación para los cerdos y la reducción fueron utilizados específicamente para los residuos de comida, [Tchobanoglous, 1994, Pág. 8]. Lastimosamente los métodos de vertido en tierra y agua fueron por mucho tiempo los más utilizados, ignorando los graves daños ambientales que estos producen y sobreestimando la capacidad regenerativa de nuestro planeta.

La gestión de los desechos sólidos, poniendo el énfasis en el vertido controlado (conocido también como «vertido sanitario controlado»), empezó a principios de los años cuarenta en los Estados Unidos, y una década antes en el Reino Unido.

La ciudad de Nueva York, bajo el liderazgo del alcalde La Guardia, y Fresno en California, con su director de Obras Públicas preocupado por los temas de salud, fueron las ciudades pioneras en el método del vertido controlado sanitario para grandes urbes. Durante la Segunda Guerra Mundial, el cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos, modernizó sus programas de evacuación de desechos sólidos para que sirvieran como vertederos modelos para comunidades de todos los tamaños. El Congreso encontró que la tendencia a la concentración de la población en zonas metropolitanas y urbanas había presentado a estas comunidades graves problemas financieros y administrativos en la recogida, el transporte y la evacuación de desechos sólidos [Tchobanoglous, 1994, Pág. 8].

## 2.5.2 Servicio de limpieza pública

Tabla 2.12 Características principales del servicio de limpieza pública

Aspecto	Descripción
Técnico	Fácil implementación; operación y mantenimiento sencillos; uso de recursos humanos y materiales de la zona; comprende desde la producción hasta de disposición final de residuos sólidos.
Social	Fomenta los hábitos positivos de la población y desalienta los negativos; es participativo y promueve la organización de la comunidad.
Económico	Costo de implementación, operación, mantenimiento y administración al alcance de la población que debe sufragar el servicio.
Organizativo	Administración y gestión del servicio simple y dinámica; es racional.
Salud	Se inscribe en un programa mayor de prevención de enfermedades infecciosas.
Ambiental	Evita impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire.

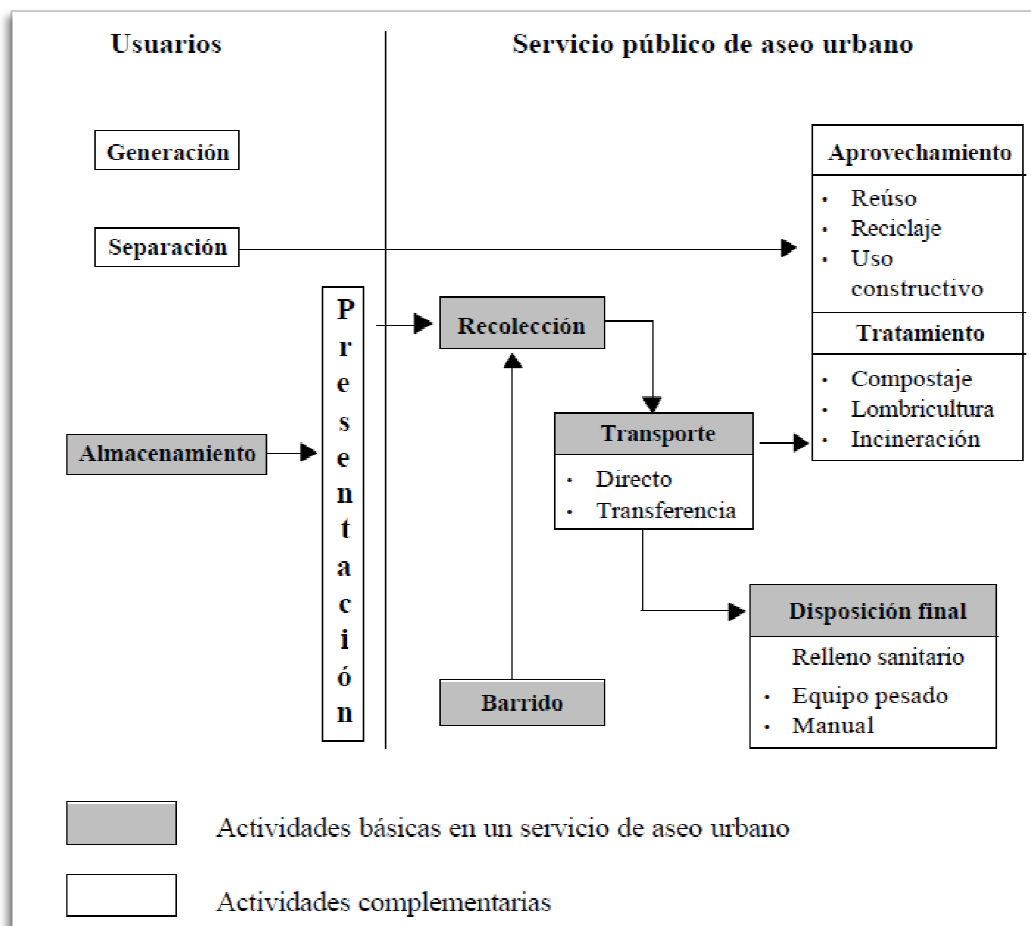
Fuente: [Alegre, Pág. 7].

El servicio de limpieza urbana tiene como principales objetivos proteger la salud de la población y mantener un ambiente agradable y sano. Consta de las siguientes actividades: separación, almacenamiento, presentación para su recolección, recolección, barrido, transporte, tratamiento y disposición sanitaria final de los residuos sólidos; esta última es *imprescindible* para su manejo. Las primeras tres actividades son responsabilidad del generador de dichos residuos; las demás son competencia del municipio o del organismo encargado de la prestación del servicio.



Para tal fin, es necesario que cada ciudad (municipalidad) planifique, desarrolle e implemente un sistema de manejo integrado de desechos sólidos (plan de gestión de desechos sólidos), que permita brindar un servicio eficiente, de calidad, amigable con el medio ambiente y económicamente viable.

Figura 2.3. Diagrama de la gestión integral de los residuos sólidos municipales

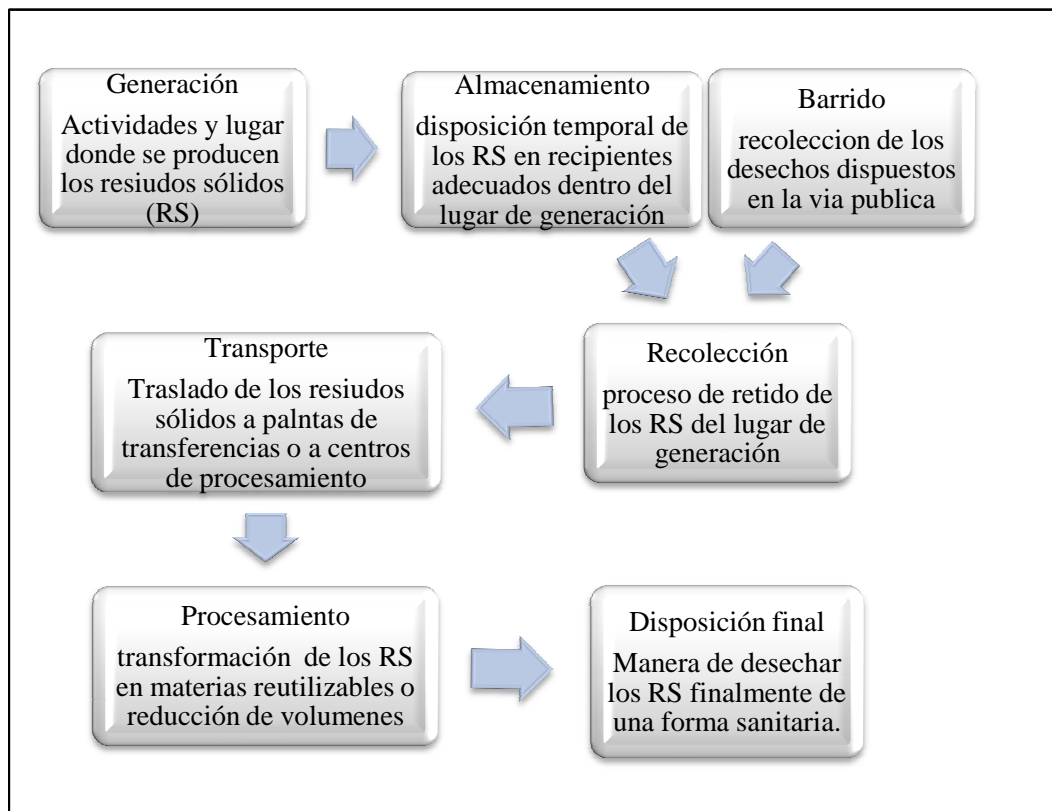


Fuente: [http://www.cepis.ops-oms.org/curso\\_rsm/e/unidades/unidad2.pdf](http://www.cepis.ops-oms.org/curso_rsm/e/unidades/unidad2.pdf)

### 2.5.3 Elementos de un sistema de manejo integrado de desechos sólidos

Las actividades asociadas a la gestión de desechos sólidos, desde el punto de generación hasta la evacuación final, pueden ser agrupadas en seis etapas fundamentales. En la figura 2.4 se muestran las etapas tradicionales de la gestión de residuos sólidos; este esquema es el que funcionó durante gran parte del siglo XX y que sigue funcionando en muchos países subdesarrollados y/o en vías de desarrollo, en este esquema no se contempla la reducción ni el procesamiento en el origen, lo que actualmente lo vuelve obsoleto.

Figura 2.4. Etapas del proceso tradicional de gestión de los Residuos sólidos



Fuente: Elaboración propia

#### **2.5.4 Jerarquía de la gestión integral de desechos sólidos**

Puede utilizarse una jerarquía (organización por orden de rango) en la gestión de residuos para clasificar las acciones en la implantación de programas dentro de la comunidad. La jerarquía de gestión integral de desechos sólidos (GIDS) adoptada por la agencia de protección ambiental en USA está formada por los siguientes elementos: reducción en origen, reciclaje, incineración de residuos, y vertido. El término “incineración de residuos”, puede ser sustituido por el de “transformación de residuos” por ser este más amplio que la incineración de residuos. Dentro de la más amplia interpretación de la jerarquía de GIDS, deberían desarrollarse programas y sistemas de GIDS en los que los elementos de la jerarquía se interrelacionen y se seleccionen para completarse el uno al otro. [Tchobanoglous, 1994, Pág. 17].

En una interpretación más restrictiva de la jerarquía, el reciclaje sólo puede considerarse después que ha sido hecho todo lo posible para reducir la cantidad de residuo en el origen. De forma similar, la transformación de residuos es estudiada solamente después que se ha logrado la máxima cantidad de reciclaje [Tchobanoglous, 1994, Pág. 17].

##### **Reducción en origen.**

El rango más alto de la jerarquía de GIDS, la reducción en origen, implica reducir la cantidad y/o toxicidad de los residuos que son generados en la actualidad. La reducción en origen está en el primer lugar en la jerarquía porque es la forma más eficaz de reducir la cantidad de residuos, el coste asociado a su manipulación y los impactos ambientales. La reducción de residuos puede realizarse a través del diseño, la fabricación y el envasado de productos con un material tóxico mínimo, un volumen mínimo de material, o una vida útil más larga. La reducción de residuos también puede realizarse en la

vivienda y en la instalación comercial o industrial, través de formas de compra selectivas y de la reutilización de productos y materiales [Tchobanoglous, 1994, Pág. 17].

Figura 2.5 Jerarquía de la gestión integral de residuos sólidos.



Fuente: CEPIS.OPS-OMS

### **Reciclaje.**

En segundo lugar en la jerarquía está el reciclaje, que implica: 1) la separación y la recogida de materiales residuales; 2) la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, y transformación en nuevos productos, y 3) la reutilización, reprocesamiento, y nueva fabricación de productos. El reciclaje es un factor importante para ayudar a reducir la demanda de recursos y la cantidad de residuos que requieran la evacuación mediante vertido [Tchobanoglous, 1994, Pág. 17].

**Transformación de residuos.**

En tercer lugar en la jerarquía se encuentra la transformación de residuos; ésta implica la alteración física, química o biológica de los residuos. Típicamente, las transformaciones que pueden ser aplicadas a los desechos sólidos son: 1) para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos, 2) para recuperar materiales reutilizables y reciclables, y 3) para recuperar productos de conversión (por ejemplo, compost), y energía en forma de calor, y biogás combustible. La transformación de materiales de los residuos normalmente da lugar a una mayor duración de la capacidad de los vertederos [Tchobanoglous, 1994, Pág. 18].

**Vertido.**

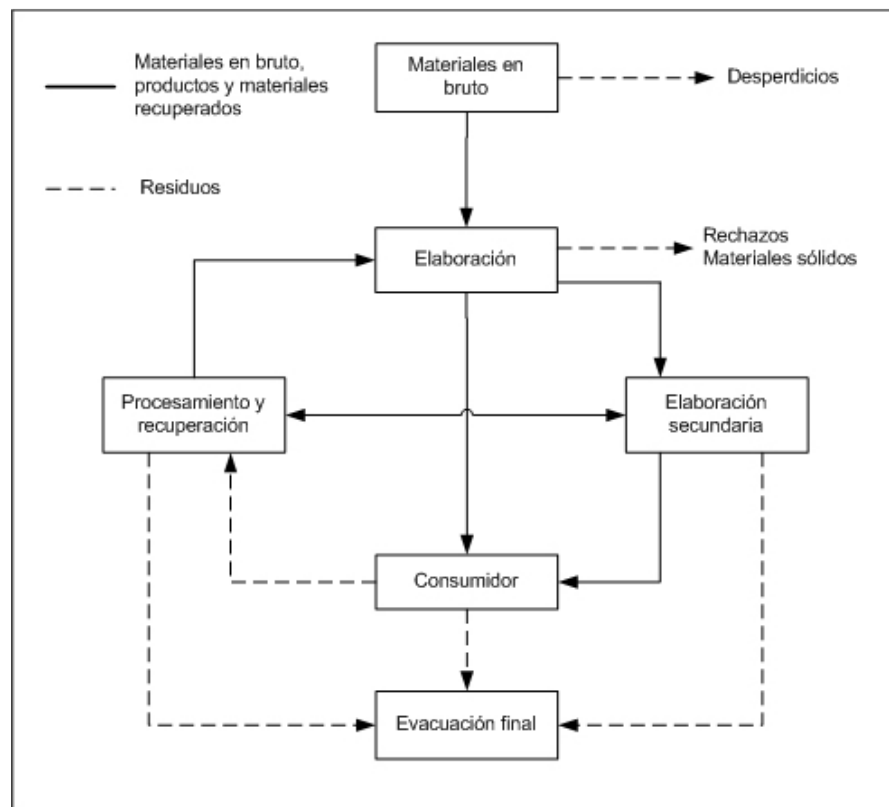
Por último, hay que hacer algo con 1) los residuos sólidos que no pueden ser reciclados y no tienen ningún uso adicional, 2) la materia residual que queda después de la separación de residuos sólidos en una instalación de recuperación de materiales, y 3) la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía. Solo hay dos alternativas disponibles para la manipulación a largo plazo de residuos sólidos y materia residual: evacuación encima o dentro del manto de la tierra y evacuación en el fondo del océano. El vertido está en la posición más baja de la jerarquía por que representa la forma menos deseada por la sociedad de tratar los residuos [Tchobanoglous, 1994, Pág. 18].

## 2.4 Enfoque integral del manejo de desechos sólidos

### 2.6.1 Flujo de materiales y generación de residuos

Los desechos sólidos, se generan al principio del proceso, empezando con la minería de materias primas. Los residuos dejados después de las operaciones de minería abierta son conocidos por todo el mundo. De allí en adelante, los residuos se generan en cada paso del proceso mientras las materias primas son convertidas en bienes para el consumo [Tchobanoglous, 1994, Pág. 6].

Fig. 2.6. Flujo de materiales y generación de residuos sólidos en la sociedad



Fuente: [Tchobanoglous, 1994, Pág. 7]

La Figura 2.6 muestra claramente que una de las mejores maneras de reducir la cantidad de desechos sólidos que tienen que ser evacuados es limitar el consumo de materias primas e incrementar la tasa de recuperación y reutilización de materiales residuales. Aunque el concepto es sencillo, la realización de este cambio en una sociedad moderna ha resultado ser extremadamente difícil. Por lo tanto, la sociedad ha emprendido una mejora en la gestión de los residuos, y ha buscado nuevas localizaciones donde colocar los desechos sólidos. A diferencia de los residuos vertidos a cursos fluviales o a la atmósfera, los desechos sólidos no desaparecen. Donde se tiran es donde se encontrarán en el futuro [Tchobanoglous, 1994, Pág. 6].

### **2.6.2 Almacenamiento de residuos sólidos**

El almacenamiento es la actividad de colocar los DSU en recipientes apropiados, de acuerdo con las cantidades generadas, el tipo de residuos y la frecuencia del servicio de recolección. Los recipientes deben tener un peso y diseño específicos que faciliten su manejo por los operarios y equipos; deben garantizar que el contenido no pueda entrar en contacto con el medio, es decir, estar dotados de tapas con buen ajuste que no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos por sus paredes o el fondo; tampoco deben ser difíciles de vaciar. Podrán ser retornables o desechables.

La presentación de los DSU para su recolección es también una responsabilidad del generador o usuario del servicio de limpieza y consiste en colocar los recipientes en el lugar indicado (al borde de la acera, junto a la puerta de la casa, en una caja estacionaria o contenedor multifamiliar, en una canastilla, etc.), con la debida frecuencia y en el día y horario establecidos por el municipio o la entidad que presta el servicio de recolección.

### **2.6.2.1 Almacenamiento en el hogar**

En el hogar, el almacenamiento debe seguir las siguientes recomendaciones [Alegre, Pág. 13]:

- Almacenar los residuos sólidos en un recipiente con tapa.
- Evacuar los residuos cada siete días como máximo.
- Usar recipientes resistentes a la humedad.
- Evitar que el agua de lluvia entre al recipiente.
- Reciclar los residuos.

### **2.6.2.2 Almacenamiento y barrido de calles**

El barrido y limpieza se complementa con la recolección y se le podría llamar “el maquillaje de los centros urbanos”; y tiene como propósito mantener las vías y áreas públicas libres de los residuos que arrojan al suelo los peatones, los asistentes a eventos especiales y espectáculos masivos, los responsables de la carga y descarga de mercancía o de materiales diversos, etc. La entidad encargada del aseo debe realizarla con una frecuencia tal que garantice que las vías y áreas públicas estén siempre limpias.

### **2.6.3 La recolección y el transporte**

La recolección de DSU implica su transporte al lugar donde deberán ser descargados. Este puede ser una instalación de procesamiento, tratamiento o transferencia de materiales o bien un relleno sanitario. La recolección y transporte es la actividad más costosa del servicio de aseo urbano; en la mayoría de los casos representa entre 80 y 90% del costo total.



Los vehículos destinados al transporte de DSU deben reunir las condiciones propias para esta actividad. Pueden ser compactadores tradicionales, que se utilizan en las ciudades o también equipos no convencionales para las pequeñas poblaciones y áreas marginales, tales como el tractor agrícola conectado con un remolque, carretas de tracción animal, triciclos, etc.

El equipo de recolección usual, lo constituyen camiones que pueden ser: cerrados, abiertos y especiales para cargar contenedores, los cuales se detallan a continuación:

1. Camiones recolectores abiertos: son camiones con barandales de madera o camiones de volteo. Pueden usarse únicamente para ciertas clases de basura como ramas de árboles, muebles rotos, restos de trabajos de jardín y otros residuos, en estos camiones se usa una lona encerada para cubrir cargas completas o parciales y así evitar el derrame de basura en la ruta.
2. Camiones recolectores cerrados: dependiendo del equipo mecánico que posean, los camiones recolectores cerrados pueden ser de dos tipos: cajas metálicas con puertas y volteo mecánico pero sin compactación y cajas cerradas con sistema para compactar basura.

Estos equipos son a prueba de agua, evitan el derrame de material suelto e impiden la filtración de líquidos del vehículo, los camiones sin compactación generalmente tienen tapas corredizas que evitan que la basura quede a la vista, abriéndose sólo la parte de la caja que se está cargando; en contraste los camiones recolectores con sistema para compactar la basura son de diseño muy variado, se

distinguen dependiendo del sistema de compactación que ocupen, del lugar y forma de carga y del método de vaciado.

3. Camiones especiales para levantar contenedores: son camiones recolectores con dispositivos hidráulicos acoplados al chasis para levantar contenedores y trasladarlos, o descargarlos en el mismo camión recolector.

### **Transferencia.**

Es el traslado de DSU desde un vehículo de recolección pequeño hasta uno de mayor capacidad. En aquellas ciudades donde la distancia desde el punto de recojo hasta el de disposición final es superior a 20 km o el tiempo de viaje toma más de 15% de la jornada de trabajo, se presentan problemas económicos en el sistema porque el servicio resulta más costoso. En estos casos, se suele utilizar estaciones de transferencia y medios de transporte vial, ferroviario o barcazas.

#### **2.6.4 Separación de desechos sólidos**

El abastecimiento de materias primas no es ilimitado y la recuperación de lo que se considera como residuo constituye un elemento esencial para la conservación de los recursos naturales; por lo tanto, su reutilización, reciclaje y empleo constructivo se constituyen en una actividad importante en la gestión integral de los DSU, cuyo objetivo último es la disminución de su volumen y, especialmente, su aprovechamiento económico.

Algunas de las ventajas que le podría reportar al municipio la recuperación de estos materiales en el origen son:

- Generar empleo organizado por medio de grupos cooperativos.
- Reducir el volumen de RSM.
- Disminuir las necesidades de equipo recolector.
- Aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios y, por lo tanto, disminuir la demanda de terrenos, que son cada día más escasos y costosos.
- Disminuir los costos por la prestación del servicio de aseo urbano.
- Conservar los recursos naturales y proteger el ambiente.

#### **2.6.5 Generalidades de los tratamientos de desechos sólidos**

El tratamiento en el manejo integral de los DSU tiene como objetivo principal disminuir los riesgos para la salud y su potencial contaminante. Por ello se deberá optar por la solución más adecuada a las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales locales. Los principales métodos de tratamiento son el compostaje, la lombricultura y la incineración, este último de gran impacto en la reducción de volumen.

Los métodos anteriores dejan residuos, que es necesario disponer en un relleno sanitario, de ahí que no sean considerados como soluciones finales ni definitivas.

#### **2.6.6 Métodos de tratamientos de los desechos sólidos**

**Incineración:** es un proceso de combustión controlada que transforma los residuos sólidos en dióxido de carbono, otros gases y agua, reduciendo significativamente su volumen y peso inicial.

De la incineración resulta un residuo constituido básicamente de material incombustible (ceniza), el cual se dispone de forma sanitaria.

El proceso de incineración a pesar de tener un costo de inversión, operación y mantenimiento muy elevado, es utilizado en las ciudades en que han sido agotadas las otras posibilidades de disposición de los residuos domésticos, además presenta el problema de producir vapores altamente contaminantes que suelen ser expulsados a la atmosfera.

**Compostaje:** es un producto homogéneo obtenido a través de un proceso biológico, en el que la materia orgánica contenida en los residuos se transforma, por medio de bacterias, en otra más estable de valor potencial como acondicionador de suelo.

Usualmente, se utiliza en este proceso sólo basura doméstica y de mercados, por contener gran cantidad de materia orgánica, pero también pueden ser tratados los residuos agrícolas, estiércol, residuos provenientes de industrias alimenticias, etc., previo sometimiento de un análisis para detectar si contienen determinadas sustancias nocivas al proceso o perjudiciales a la agricultura.

Los materiales poco o nada susceptibles a la descomposición biológica, o que pueden ser comercializables son previamente retirados, a fin de no aumentar el costo del producto final. Se separan generalmente papeles, metales, vidrios, etc., a través de métodos manuales o mecánicos.

**Pirolisis:** consiste en la descomposición térmica de compuestos orgánicos en un ambiente carente de oxígeno y se realiza en tres fases básicas:

1. Una fase gaseosa, conteniendo esencialmente hidrógeno, carbono, metano y una pequeña cantidad de otros gases.
2. Una fase líquida, conteniendo una mezcla de ácidos orgánicos simples, alcoholes y combustibles.
3. Una fase sólida constituida por carbón y materiales inertes, no combustibles.

La pirolisis ha sido usada, desde hace mucho tiempo en la industria siderúrgica para producción de gases y líquidos combustibles, a partir del carbón vegetal.

#### **2.6.7 Disposición final de los desechos sólidos.**

La disposición final es la última etapa operacional del servicio de aseo urbano. El método de disposición final de prácticamente todos los DSU lo constituye el relleno sanitario. Es el único admisible, ya que no representa peligro alguno ni riesgos para la salud pública. Además, minimiza la contaminación y otros impactos negativos en el ambiente. En los capítulos siguientes se consignarán los detalles más importantes sobre esta obra de saneamiento básico.

A consecuencia del decreto 237 la disposición final en rellenos sanitarios es la forma permitida por ley y permite disponer los distintos tipos de residuos producidos por la población. Este método se puede aplicar en ciudades grandes y hasta en pequeños bloques de viviendas o familias individuales.

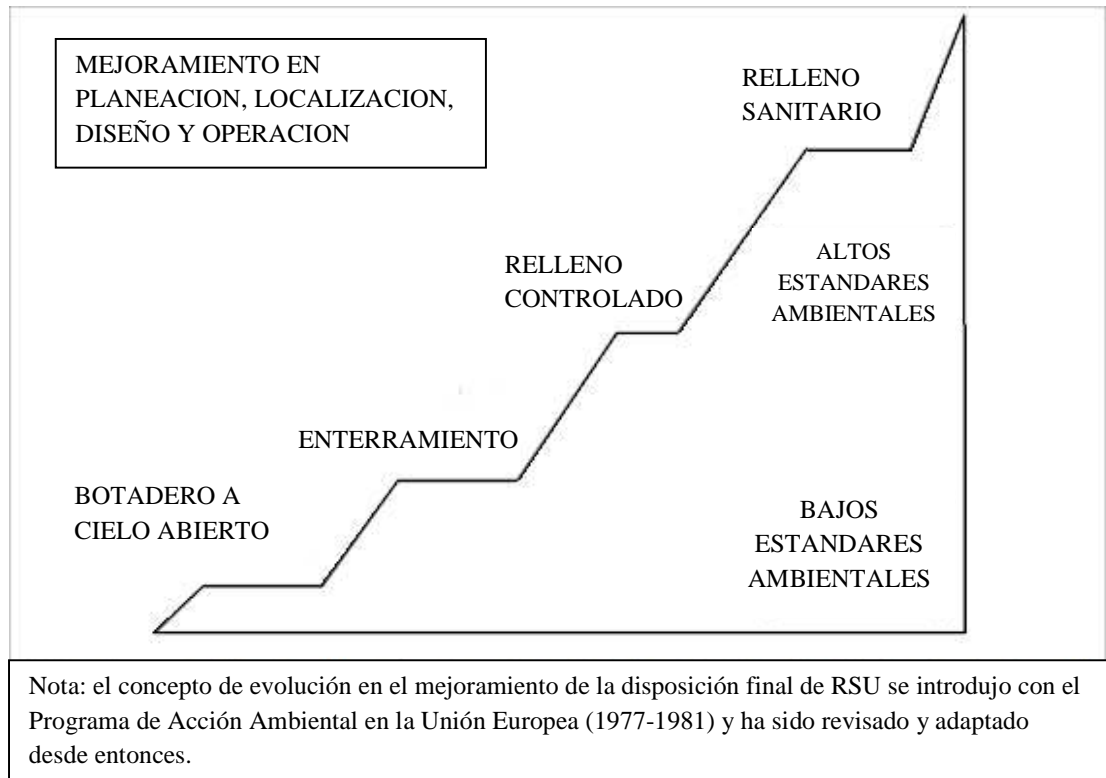
El relleno sanitario consiste en el enterramiento ordenado y sistemático de los residuos sólidos compactados en el menor espacio posible a fin de minimizar los potenciales impactos negativos en la salud y ambiente [Alegre, Pág. 20].

Tabla 2.13 Proceso de desarrollo de métodos de disposición final en ciudades en desarrollo.

<b>Alternativa/Situación</b>	<b>Descripción</b>
Disposición en la vía pública	Esto es común en zonas que no cuentan con un servicio de recolección. El generador de DSU los dispone en algún lugar o botadero público.
Disposición local sin control en pequeños botaderos	Existe un servicio de recolección primaria y un transporte incipiente hacia un sitio cercano (por lo general, dentro de la ciudad) donde se colocan los residuos sin control alguno.
Botadero o vertedero municipal sin control	Existe recolección primaria y secundaria. Los DSU se transportan y disponen sin control alguno en un sitio alejado de la ciudad o bien fuera de ella.
Relleno controlado	Existe recolección primaria y secundaria. Los DSU se transportan y disponen con un control moderado en un sitio deliberadamente diseñado para tal fin y ubicado fuera de la ciudad. Los DSU se entierran con una frecuencia regular.
Relleno sanitario	El relleno sanitario es diseñado, construido y operado con criterios de ingeniería sanitaria y ambiental. El sitio cuenta con los permisos y requisitos de ley, y existe un programa de monitoreo ambiental. Los impactos ambientales son marginales y la población no se opone al proyecto.
<i>Fuente:</i> Adaptado de “A Framework for the Disposal of Municipal Solid Waste in Developing Countries, por Andrew Cotton, Mansoor Ali y Ken Westlake. Loughborough: WEDC; 1998.	

Fuente: CEPIS.OPS-OMS

Figura 2.7. Evolución de la disposición final de los RSU.



Fuente: CEPIS.OPS-OMS

De acuerdo a las características del área se puede construir tres tipos de relleno sanitario: de zanja, superficie y ladera. Por lo general, el relleno sanitario de zanja se construye en zonas planas donde se excavan trincheras para depositar los residuos sólidos. En el relleno sanitario de superficie se cubren los residuos con tierra en la misma superficie del terreno, mientras que en el relleno sanitario de ladera se trata de aprovechar las depresiones o taludes naturales para disponer los residuos sólidos [Alegre, Pág. 20].

En los tres tipos de relleno sanitario se construye celdas en donde se compacta y entierra los residuos sólidos que se reciben. Las principales operaciones que se realizan en un relleno sanitario son [Alegre, Pág. 20]:

- Recepción de los residuos sólidos.
- Formación de una celda diaria con los residuos.
- Compactación de la celda.
- Recubrimiento con tierra.
- Compactación de la celda.

De acuerdo al volumen de residuos sólidos que se debe procesar, las tareas de formación de celdas, compactación y enterramiento de residuos sólidos en el relleno sanitario, se pueden realizar con maquinaria pesada (tractores, compactadores, etc.) o únicamente a través del esfuerzo humano. En este último caso, el relleno sanitario se denomina relleno sanitario de operación manual (RSM) [Alegre, Pág. 21].



**CAPÍTULO III:**  
**GENERALIDADES DEL**  
**MUNICIPIO DE**  
**QUEZALTEPEQUE Y**  
**DIAGNÓSTICO DEL**  
**MANEJO ACTUAL DE**  
**LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

### 3.1 Aspectos generales del municipio

#### 3.1.1 Ubicación geográfica

El municipio de Quezaltepeque se ubica en la región central del país, al norte del departamento de La Libertad, en la parte septentrional del volcán de San Salvador, a 420 m.s.n.m y a 18 Km. al norte de la cabecera departamental, Santa Tecla. La cabecera Municipal de Quezaltepeque se ubica en las coordenadas geográficas 13° 50' 00'' LN y 89° 16' 25'' LWG. El municipio posee una extensión total de 125.38 km<sup>2</sup>, dividido en 5.2 Km<sup>2</sup> del área urbana y 120.18 Km<sup>2</sup> del área rural; es la segunda ciudad más importante, posee el 7.59 % de la extensión total del departamento de La Libertad, situándolo el 4° Municipio más extenso del mismo.

Tabla 3.1 Colindancias del municipio de Quezaltepeque.

<b>COLINDANCIAS</b>	
Norte	San Pablo Tacachico Departamento La libertad y El Paisnal Departamento San Salvador)
Este	Nejapa y Aguilares (Dep. San Salvador)
Sur	Colón y Santa Tecla (Dep. La Libertad)
Oeste	San Matías y San Juan Opico (Dep. La Libertad)

Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque

Se conecta con la Carretera Panamericana, vía sitio del niño, con transporte terrestre hacia Santa Ana, Sonsonate y Santa Tecla; entrelaza con la carretera troncal del norte hacia Chalatenango y hacia el oriente, conecta a través de la carretera CA1-A a la ciudad capital vía Boulevard Constitución.

Imagen 3.1 Ubicación del municipio de Quezaltepeque



Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2 Suelos y topografía

Quezaltepeque, presenta una topografía con pendientes relativamente bajas, con un rango altitudinal de 360 a 1900 m.s.n.m, siendo sus cerros principales El Cerrito, Las Tunas y Macance. Las pendientes y elevaciones de mayor grado se ubican en las proximidades del volcán de San Salvador, el rango de elevaciones varía de los 360 a los 1 900 m.s.n.m en 14 km de longitud, pero sólo en los primeros 7 km de sur a norte, el cambio de elevación va de los 500 a los 1 900 m.s.n.m, lo que demuestra la alta pendiente de la zona. Al Sur del casco urbano se encuentra una zona de lavas, conocidas como Complejo El Playón, con una extensión total 654.89 Mz, la cual forma parte del Sistema de Áreas

Naturales Protegidas, por su significativa función de recarga hídrica a los acuíferos de la zona.

De acuerdo a la distribución de suelos y potencial de uso, el 39.96% son aptos para cultivos anuales intensivos (Suelos tipo II, III, IV) y el otro 60.04% son aptos para cultivos permanentes, cultivos forestales, reservas ecológicas, etc., (Suelos tipo VI, VII y VIII).

El Municipio posee cuatro ríos; El Barillo, Santa Lucía, El Claro y el Sucio, siendo este último el más importante, pues posee una longitud total de 32.5 Km, de los cuales 3.4 Km pertenecen a Quezaltepeque, y es uno de los grandes tributarios del Río Lempa. Además de los ríos mencionados existe una red de drenajes formada por nacimientos y quebradas que se ubican a lo largo y ancho del Municipio, inclusive el área urbana es cruzada por tres Quebradas; Poluncuilo, El Coyoil y el zapote.

Una buena parte del Municipio, zona sur del Río Sucio, se sitúa sobre un acuífero denominado acuífero Opico-Quezaltepeque, cuyo flujo subterráneo tiene una dirección general sur-norte y un gradiente hidráulico que varía entre 0,01 y 0,02. La descarga del acuífero se produce en forma de manantiales que afloran en la margen derecha y muy cerca del río Sucio.

### **3.1.3 Industria y Comercio:**

Existen diversidad de industrias y actividades agropecuarias: granjas avícolas, tiangué municipal, beneficio de café, elaboración de azúcar y miel. Así como fábricas de tubos, de cemento, ladrillo, y tejas de barro, gorras, bolsones. Entre la industria mecanizada está

una fábrica de hierro, “CORINCA”, que cabe destacar por su nivel de exportación, y la distribuidora de Gas TOTAL, así como también existe la producción artesanal: Cerámica, Floristería, Artes Gráficas, Alfarería, Cestería.

El Comercio es uno de los grandes rubros generadores de la dinámica económica del Municipio, la principal área comercial se encuentra en el mercado municipal.

Además existen en la zona urbana 3 supermercados, casas comerciales y almacenes que ofrecen productos electrodoméstico, ropa, calzado, librerías, ferreterías y tiendas proveedoras de golosinas y productos de primera necesidad como lo son la leche, frijoles, maíz, azúcar, arroz, entre otros.

En la zona rural uno de los rubros fuertes es la producción de café y caña de azúcar. Además, se da la producción de otras mercancías o productos como lo son fruticultura, apicultura.

Imagen 3.2 Ubicación de las áreas turísticas del municipio de Quezaltepeque.



Fuente: elaboración propia

Sitios Turísticos: Entre estos, quizás el más destacado sea el Turicentro “La Toma” a 2.5 kms. al Nor-Oeste de la ciudad, y restaurantes gourmet, el volcán Quezaltepec y el sendero de los siete cráteres.

### 3.1.4 Condiciones climatológicas del municipio de Quezaltepec<sup>7</sup>

El extremo sur pertenece al tipo de tierra templada, característico del clima del volcán Quezaltepec, el área central, donde está situado el casco urbano y la zona norte del municipio Pertenece al tipo de tierra caliente, característico de los valles centrales del país. El monto pluvial anual oscila entre 1600 a 2000 mm, siendo éste más copioso en el extremo sur del municipio.

Desde el punto de vista meteorológico existen dos estaciones, una lluviosa y otra seca, la primera ocurre de mayo a octubre y la otra de noviembre a abril.

La región donde se ubica la estación se zonifica climáticamente según Koppen, Sapper y Laurer como **Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente** (0 – 800 msnm) la elevación es determinante (450 msnm). Considerando la regionalización climática de Holdridge, la zona de interés se clasifica como **“Bosque húmedo subtropical, transición a tropical”**.

Las condiciones climáticas de la zona han sido definidas basándose en los datos de las estación meteorológica San Andrés (ver anexo # 1), la cuál es la más cercana al lugar en

---

<sup>7</sup> FUENTE: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)

estudio (15 Km. aproximadamente). Las características climáticas y edáficas son similares, con una diferencia de 10 metros de altura.

**Temperatura**, estas oscilan entre los 22.7 °C en las zonas más altas y 25.8 °C en las zonas más bajas. Los meses de temperaturas bajas son enero, diciembre y los de temperaturas altas son abril, mayo.

**Humedad Relativa**, el promedio medio anual alcanza el 74.4%, siendo el valor máximo de 82% durante el mes de septiembre.

### **3.1.5 Infraestructura.**

El área urbana del municipio de Quezaltepeque está ubicada en una zona geográficamente uniforme carente casi en su totalidad de pendientes pronunciadas en sus calles.

La infraestructura vial del municipio se compone principalmente de vías asfaltadas con cunetas, las calles y avenidas del centro de la ciudad y de los barrios poseen este tipo de superficie de rodadura, mientras que las colonias poseen calles de concreto hidráulico, adoquinado y sistema mixto de adoquines y mampostería.

De las colonias que actualmente reciben el servicio de recolección de desechos sólidos únicamente dos poseen calles de tierra, al igual que 7 lotificaciones; mientras que en los proyectos en ejecución las 4 residenciales que están en proceso de construcción poseen calles de asfalto, a diferencia de las 6 lotificaciones que tendrán vías de tierra sin recubrimiento.

La colonia San José ubicada al norte de la ciudad es el área más complicada puesto que su vía de acceso principal posee una pendiente cerca del 25 %, pero a su vez posee una vía de acceso secundaria con una pendiente más moderada de aproximadamente 6.5%, este acceso permite ingresar a la colonia, pero no permite dar un servicio de casa por casa.

La municipalidad cuenta con una bodega con la suficiente capacidad para albergar toda la flota vehicular, además de poder tener en ésta una unidad de separación de desechos especiales como llantas y ramas, además en las instalaciones del rastro municipal posee una planta de compostaje donde actualmente se le da tratamiento a un aproximado de 0.8 toneladas de materia orgánica por día proveniente principalmente de los mercados.

### **3.3 Estudio de generación y composición de los desechos sólidos en el municipio de Quezaltepeque.**

En esta sección se presentan los datos recolectados sobre la generación y la composición de los desechos sólidos en el área urbana de Quezaltepeque. Los resultados obtenidos, serán utilizados como base para el diseño del sistema de recolección, la organización del proceso de compostaje y de la factibilidad del relleno sanitario.

#### **3.2.1. Orígenes, tipos y composición de los residuos sólidos**

La generación de los desechos sólidos implica las cantidades y los diferentes tipos de basura que se producen en la población, para ello ha sido necesario realizar una recolección y una caracterización de los desechos en la zona de estudio. La caracterización implica en clasificar en diferentes tipos los desechos existentes dentro de



un conjunto grande de los mismos. Para ello es necesario conocer las cantidades de desechos sólidos generados por una población específica y luego separar cada tipo de desecho, por ejemplo en papel, plástico, aluminio, vidrio, desechos orgánicos, etc. Por último es necesario conocer qué porcentaje de cada uno de estos tipos conforman la cantidad total de desechos sólidos, de esta manera se pueden plantear las mejores alternativas que se adecuen de acuerdo a las cantidades y tipos de desechos sólidos que genera una población determinada.

En esta sección se detalla la metodología que se implementó para determinar los sitios de muestreo para los estudios de composición, además los mecanismos de recolección y transporte hacia el lugar donde se realizó la prueba. Los resultados obtenidos servirán como base para el diseño del sistema y las zonas y rutas de recolección, la organización del proceso de compostaje y de la disposición final en un relleno sanitario.

### **3.2.2. Fuentes de desechos sólidos que se incluyen en el estudio**

En el caso específico del área urbana de Quezaltepeque, el comercio es su principal actividad económica, por lo que se dará una especial atención al área comercial del municipio, por lo que se ha analizado los siguientes sectores:

- El residencial o viviendas
- Barridos de calles
- Comercial (zona del mercado municipal y área comercial)
- Centros escolares.
- Desechos comunes de los centros de salud
- Desechos comunes de la empresas industriales

### 3.2.3. Metodología de trabajo

Para la realización del muestreo y los estudios de composición, se hizo un análisis de las rutas de recolección que actualmente posee el municipio para determinar los puntos de recolección de los desechos sólidos.

Se determinó que se harían dos estudios de composición: uno que representará la composición de los desechos sólidos domiciliarios y otro que representará la composición de la zona comercial, el mercado municipal y el barrido de calles.

Cabe mencionar que entre las consideraciones que se efectuaron para esta clasificación está el trabajo de separación de material orgánico que se realiza en los mercados municipales desde el 2001, el cual recoge en promedio 0.8 Ton/día.

Para el proceso de recolección se identificaron los días y horarios de recolección en los puntos escogidos, con la ayuda de personal municipal se procedió a la recolección de 5 barriles de DSU (volumen utilizado por el MARN en sus estudios de composición de DSU para poblaciones inferiores a 50,000 habitantes, Fuente: personeros del MARN.)<sup>8</sup> cada barril se llenó evitando en la medida de lo posible la compactación de los DSU, luego se golpeó el barril contra el suelo 5 veces para que la basura se acomodase y se asentara de forma natural y posteriormente se procedió a rellenar el volumen faltante del barril.

---

<sup>8</sup> Método de cuarteo

Para el área comercial y mercados, se escogió el día y horario en que se cubre la ruta del área comercial ya que la recolección en los mercados y el barrido de calles se efectúa a diario. El volumen escogido para esta prueba fue de 2 barriles.

Imagen 3.3 Recolección y traslado de los DSU utilizados en el estudio de composición.



Imagen. 3.3.a

Recolección de los DSU en zona domiciliar



Imagen. 3.3.b

Descarga y traslado de los DSU para la realización del estudio de composición

El primer paso fue obtener el peso volumétrico de cada uno de las muestras, determinando de antemano el peso de los barriles y el volumen de estos, luego de pesar cada una de las muestras se procedió a la separación selectiva de los componentes y a su posterior pesado, dando los resultados contenidos en las tablas 3.2 y 3.3.

### 3.2.4. Resultados obtenidos

A través de una mezcla de trabajo en campo con datos estadísticos proporcionados por la alcaldía municipal de Quezaltepeque se obtuvieron los resultados mostrados en las tablas 3.2 y 3.3 y gráficos 3.1 y 3.2 respectivamente:

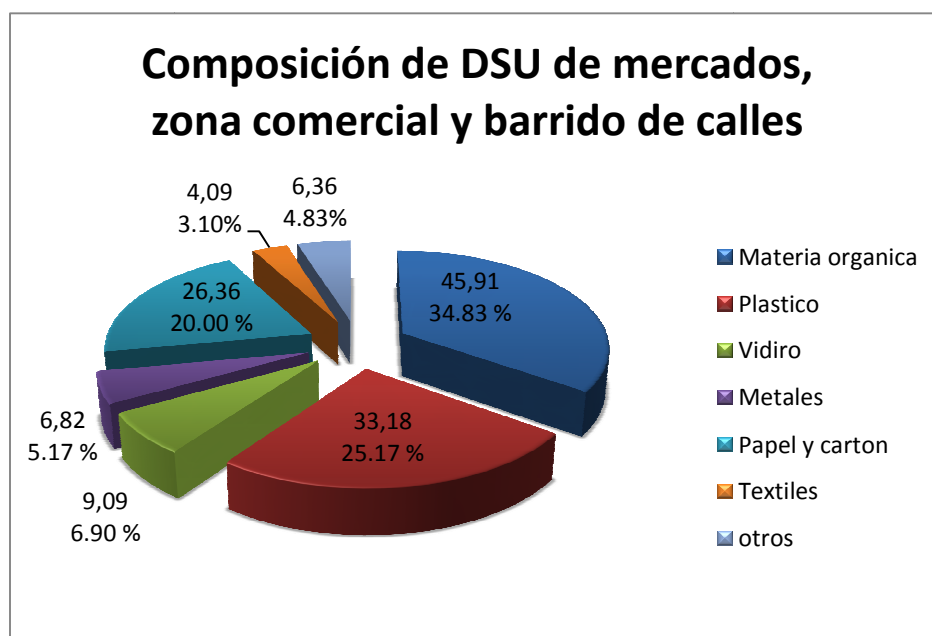
Previo a esta investigación, la municipalidad elaboró 3 estudios de composición realizados en 2002, 2006 y 2009, los resultados obtenidos en las diferentes ocasiones no tuvieron una variación significativa en su composición, al ser comparados con los datos obtenidos en este estudio se demostró que la composición de los desechos sólidos sigue con la misma tendencia y por tanto no se vuelve necesario la realización de más pruebas.

Tabla 3.2 Composición de los DSU de mercados, zona comercial y barrido de calles

Clasificación	Peso (Kg)	Porcentaje
Materia Orgánica	45.91	34.83
Plástico	33.18	25.17
Vidrio	9.09	6.90
Metales	6.82	5.17
Papel y cartón	26.36	20.00
textiles	4.09	3.10
otros	6.36	4.83
Total	131.81	100

FUENTE: Elaboración propia

Grafico 3.1 Composición de DSU de mercados, zonas comerciales y barrido de calles



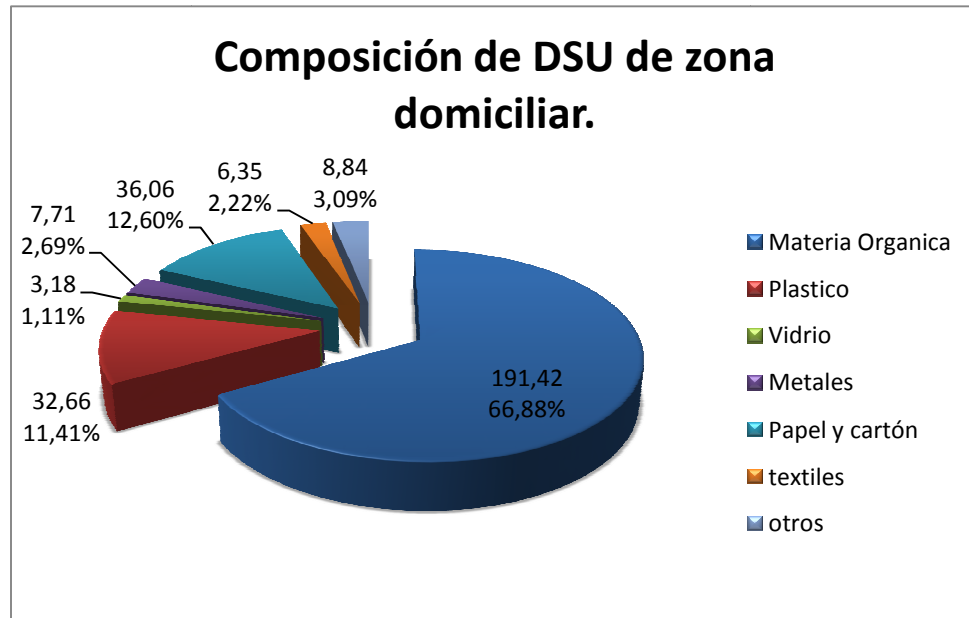
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.3 Composición de los DSU provenientes de zona domiciliar

Clasificación	Peso (Kg)	Porcentaje
Materia Orgánica	191.42	66.88
Plástico	32.66	11.41
Vidrio	3.18	1.11
Metales	7.71	2.69
Papel y cartón	36.06	12.60
textiles	6.35	2.22
otros	8.84	3.09
Total	286.22	100

FUENTE: Elaboración propia

Grafico 3.2 Composición de DSU de zona domiciliar



Fuente: elaboración propia

Peso volumétrico promedio de los DSU: 195.8 Kg/m<sup>3</sup>

Además, en el presente estudio se determinó que alrededor del 50% del material orgánico recolectado proviene de los desechos producto de la jardinería, poda y hojarasca de los arboles.

### 3.3. Condiciones actuales de manejo integrado de desechos sólidos

#### 3.3.1. Zonas de acopio no autorizadas

En el área urbana de Quezaltepeque, existen ciertas zonas de acopio no autorizadas que se convierten en focos de contaminación debido a que los habitantes depositan indiscriminadamente los desechos sólidos en estos lugares, pese al continuo y periódico

servicio de recolección de desechos sólidos que se recibe en las diferentes zonas 3 veces por semana.

En estos focos de contaminación o puntos negros las personas colocan los desechos sólidos y permanecen en estos lugares durante días y en dos puntos específicos durante semanas (sitio 2 y 3), esto debido a que en ellos se colocan gran cantidad de ramas de árboles, los cuales no pueden ser depositados en los camiones compactadores y se debe esperar que a la ruta se le asigne un camión de volteo para extraer del lugar todos estos desechos.

Los puntos de contaminación considerados más importantes se ubican en el mapa del Anexo 1 y se identifican de la siguiente forma:

- SITIO 1 (S1)
- SITIO 2 (S2)
- SITIO 3 (S3)
- SITIO 4 (S4)
- SITIO 5 (S5)

La ubicación y el detalle de cada uno de estos sitios se explican a continuación:

### SITIO 1.

Localizado en la primera calle poniente, sobre la bóveda de la quebrada El Coyol. Este punto está ubicado en el barrio El Centro y es uno de los principales problemas de la municipalidad ya que esta contiguo a la zona comercial del municipio y sobre una de las principales vías de acceso al centro histórico del municipio.

Imagen 3.4 botadero clandestino ubicado en 1ª calle poniente





## SITIO 2.

Localizado en la calle El Quetzal, este foco es uno de los más problemáticos ya que contiguo a esta colonia esta una comunidad marginal cuyos residentes no tienen legalizadas sus propiedades y por lo tanto la municipalidad no puede hacer efectivo el cobro de las tasas municipales, este botadero es perenne por la continua presencia de ramas como se puede observar en la imagen 3.6 y se agrava con la falta de conciencia y educación de los habitantes de la zona.

Imagen 3.5 promontorio de basura ubicado en colonia El Quetzal



Imagen 3.6 promontorio de basura ubicado en colonia El Quetzal



### SITIO 3.

Está localizado en el final de la calle San Judas, es un promontorio que es generado por la comunidad 21 de Noviembre al igual que el sitio 2, éste se sitúa en un predio baldío donde la basura es quemada con frecuencia, agravando el grado de contaminación de la zona por los humos tóxicos que emanan, además debido a la presencia de desechos especiales como llantas, muebles arruinados, colchones y hasta refrigeradores como se puede ver en la imagen 3.7, el camión recolector nunca recoge el 100% de los desechos aquí depositados, convirtiendo el predio en un botadero a cielo abierto perenne.

Imagen 3.7 promontorio de basura ubicado en final calle San Judas



#### SITIO 4.

Este foco está ubicado contiguo a la lotificación Antonieta, y es generado por los habitantes de ésta, este sitio afecta la imagen de un restaurante y sala de té que se localiza entre la lotificación y la colonia Las Brisas.

Imagen 3.8 promontorio de basura ubicado en lotificación Antonieta



### SITIO 5.

Está ubicado en el final de la colonia Torres, acá convergen tres urbanizaciones y la colonia antes citada, por lo que el foco de contaminación es perenne. En la imagen se puede observar el punto sólo horas después de que el camión recolector ha pasado por la zona.

Imagen 3.9 promontorio de basura ubicado en colonia Las Torres



### **3.3.2. Generación, Manipulación y separación, almacenamiento y procesamiento de residuos domiciliarios en el origen**

#### **Generación**

El censo de desechos sólidos de 2006 elaborado por el MARN, indica que a ese año, la municipalidad poseía registradas 8000 viviendas urbanas servidas con el servicio de recolección de desechos sólidos, una densidad de 4.52 habitantes por vivienda, una población atendida de 27,920 habitantes equivalente al 99% de la población del área urbana (Datos que según la oficina de catastro de la municipalidad son erróneos.) y una producción de desechos sólidos de 19.59 ton/día.

Según datos del censo de población 2007, el municipio posee una población aproximada de 52,643 habitantes, de los cuales el 68.7 % habita en la zona urbana y el 31.3 % restante en la zona rural del municipio, por lo tanto hay 36,166 habitantes en la zona urbana del municipio.

Para fines de 2010, la oficina de catastro de la Alcaldía Municipal de Quezaltepeque indica que se tendrán 26,003 inmuebles registrados, incluyendo las urbanizaciones que están en construcción a la fecha y todos los locales comerciales situados en el área urbana del municipio.

En base a datos de proyecciones para el año 2009, reportados por la DIGESTYC, el municipio de Quezaltepeque cuenta con una densidad demográfica de 514.38 hab/km<sup>2</sup>, una tasa de crecimiento exponencial de 1.35 y una tasa geométrica de 1.36., utilizando estas tasas de crecimiento y las proyecciones de nuevos proyectos urbanísticos en la zona podemos estimar que para inicios de 2010 Quezaltepeque tendría una población urbana

de 42,900 habitantes<sup>9</sup>, sin embargo en este documento se trabajara con las proyecciones basadas en el censo de población únicamente.

### **Manipulación y Separación**

Actualmente en el municipio no se da la separación en el origen, las casas depositan en el mismo lugar los desperdicios de alimentos, residuos de jardinería y aseo de patios y el resto de desechos sólidos producidos en las viviendas, los cuales son entregados al tren de aseo municipal, de igual forma los comercios depositan todos sus desechos en un mismo contenedor que entregan al tren de aseo municipal.

En los comedores y restaurantes, la situación es ligeramente distinta, en estos se separa los materiales reciclables como latas y botellas plásticas los cuales son vendidos o entregados a pepenadores que se encargan de la recolección de estos productos.

### **Almacenamiento**

Los habitantes del municipio de Quezaltepeque, almacenan sus desechos en sus domicilios para ser entregados al camión recolector. Los recipientes domésticos utilizados son: bolsas plásticas, sacos reutilizables, cubos o baldes de plástico abiertos, cajas y otros, siendo la bolsa plástica el recipiente de uso más frecuente, dichos recipientes los almacenan principalmente en el patio para evitar malos olores e insectos dentro de las viviendas.

---

<sup>9</sup> Fuente: “Diagnostico de crecimiento poblacional y expansión urbana” Alcaldía Municipal de Quezaltepeque

**Procesamiento en el origen.**

Los DSU producidos por la población de Quezaltepeque no recibe ningún proceso en el origen, a excepción de la hojarasca producida por los árboles ornamentales de las viviendas, que en algunos casos y especialmente en verano son quemados. Las cenizas producidas por esta quema son recogidas, depositadas en bolsas y entregadas al camión recolector.

**3.3.3. Recolección y Transferencia de residuos sólidos****Recolección**

El punto de recolección (o lugar donde está establecido que el personal de los camiones recolectores deben recoger los desechos sólidos) es la acera de las casas, incluyendo en las colonias que cuentan con pasajes peatonales, los camiones recolectores avisan mediante el toque de una campana y los usuarios colaboran colocando la bolsa de desechos en la acera de su vivienda.

Ocasionalmente los desechos sólidos quedan esparcidos en las calles y aceras debido a que su deposición se realiza en recipientes inadecuados que se rompen (cajas húmedas) o por la acción de animales callejeros. Se detectan estos problemas principalmente cuando las personas que habitan las viviendas no permanecen en ellas en las horas de paso del tren de aseo o por qué no atendieron la campana del camión recolector a tiempo. En estos casos también se tiende a depositar los desechos generados en zonas de acopio incontroladas (ver ubicaciones principales en anexo 1).

Quezaltepeque cuenta con 9 unidades, de las cuales 4 son camiones de volteo y 5 son camiones compactadores estos camiones tienen una edad promedio de 6 años de

antigüedad, y actualmente 6 se mantienen en perfecto estado y 3 requieren reparaciones periódicas, además cuenta con una barredora de calles adquirida en 2009, y 14 carretones rectangulares destinados para el servicio de barrido de calles adquiridos en 2003.

La recolección se realiza seis días por semana en horario matutino el cuál inicia a las 6:00 a.m. y se realiza por medio de camiones recolectores, con el fin de dar mantenimiento a los vehículos únicamente se ponen en funcionamiento 6 cuadrillas por vez, dando descanso a 3 unidades por turno.

Tabla 3.4 Planta vehicular para servicio de Recolección de Desechos Sólidos

<b>Cantidad</b>	<b>Marca/Tipo</b>	<b>Capacidad (Ton. métrica)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Estado</b>
1	Freightliner/Compactador	8	36.89	6	Bueno
4	Futian/Compactador	6	22.75	6	Bueno
1	Futian/Volteo	8	18.50	1	Bueno
1	Futian/Volteo	6	13.85	7	Bueno
2	Mercedes Benz/Volteo	6	13.85	10	En reparación

Fuente: alcaldía Municipal de Quezaltepeque.



Imagen 3.10 Camión Compactador de 8 toneladas marca Freightliner (una unidad en uso)





Imagen 3.11 Camión Compactador de 6 toneladas marca Futian (cuatro unidades en uso)



Imagen 3.12 Camión de volteo de 8 toneladas marca Futian (una unidad en uso)



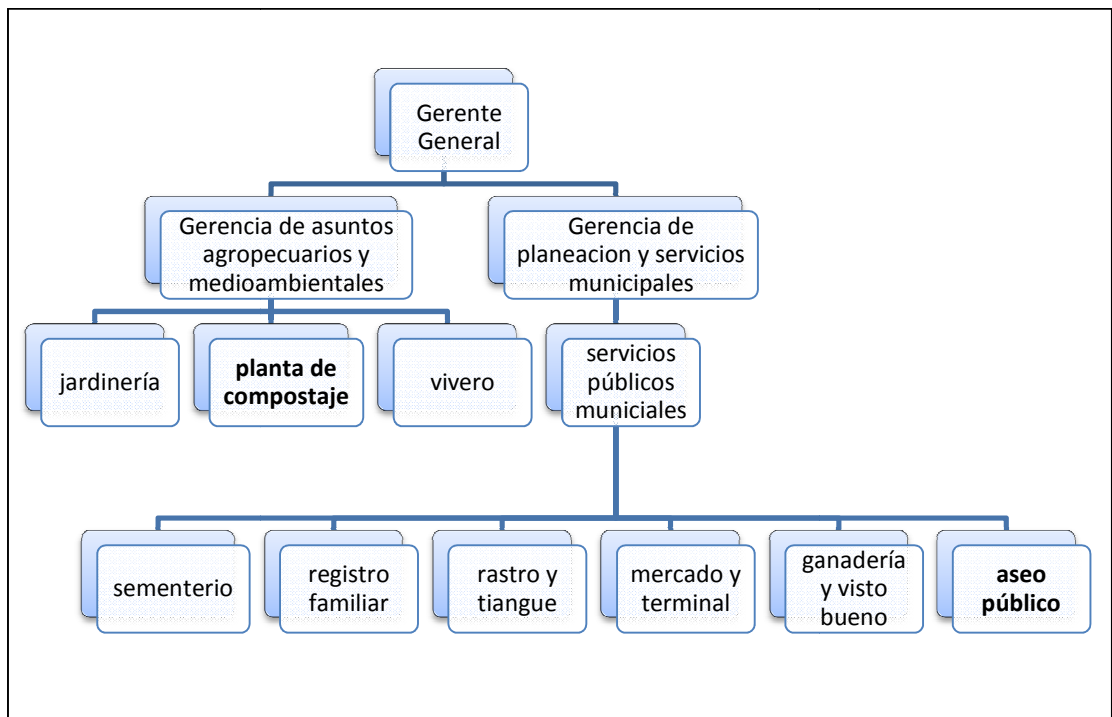
Imagen 3.13 Camión de volteo de 6 toneladas marca Futian (una unidad en uso)



Imagen 3.14 Camión de volteo de 6 toneladas marca Mercedes Benz (dos unidades en reparación, foto: archivo)

La alcaldía municipal posee una sub-gerencia de servicios públicos municipales y una unidad de aseo público encargada de la recolección y transporte de los residuos sólidos hacia el relleno sanitario de MIDES (ver organigrama completo en Anexo 2).

Figura 3.1 Distribución de la Gerencia de planeación y servicios municipales según organigrama municipal.



Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque

En el área de aseo se tiene asignado 36 empleados, representando el 15% del recurso humano institucional, distribuido de la siguiente forma: 2 supervisores, 6 motoristas, 14 recolectores y 14 barredores, los equipos para los camiones constan de 3 mozos y 1 motorista por unidad para los camiones de volteo y de 2 mozos y un motorista para los camiones compactadores, cada unidad posee asignada una ruta determinada en función de las condiciones de los accesos y el volumen de desechos sólidos producidos. Además

se cuenta con 11 zonas de barrido a las cuales se les brinda atención los 7 días de la semana, entre la cuales está incluida el parque central “Norberto Moran”, los mercados Municipales y el Rastro Municipal. [Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque, 2010].

A continuación se presenta una tabla que contiene la frecuencia del servicio de recolección, la periodicidad actual de recolección los desechos sólidos que se generan está en función de la capacidad de los camiones, del personal y del horario de atención del relleno sanitario de MIDES.

Tabla 3.5 Frecuencia del servicio de recolección

<b>Fuente</b>	<b>Número de días por semana</b>	<b>Horario de Trabajo</b>
Viviendas domiciliarias	3 días	6:00 a.m.-4:00 p.m.
Comercio	3 días	6:00 a.m.-4:00 p.m.
Mercados y calles	7 días	6:00 a.m.-4:00 p.m.
Industria	3 días	6:00 a.m.-4:00 p.m.

FUENTE: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque

### **Transferencia**

Es importante mencionar que no existe planta de transferencia en la zona, es decir que no hay un lugar asignado donde se depositen los desechos para luego ser trasladados al vertedero de disposición final.

#### **3.3.4. Separación procesamiento y transformación actual de los residuos sólidos.**

En la actualidad, la municipalidad no cuenta con un programa de separación de los desechos sólidos, los residuos producidos por la jardinería y la poda de árboles, son

regularmente recolectados por los mismos camiones que retiran los desechos domiciliarios y llevados a su tratamiento en el relleno sanitario administrado por MIDES.

No se cuenta con un programa de separación y reciclaje que permita separar plásticos, vidrios, papeles y metales para su reuso y/o reciclaje, la totalidad de estos productos son llevados al relleno sanitario. Existen muchos pepenadores que se encargan de retirar las botellas de plástico y las latas de los basureros dispuestos en la vía pública y las de los comedores y restaurantes, estos desechos son separados en el origen y por lo tanto no se puede determinar su volumen.

Los centros escolares no realizan campañas de reciclaje ni de reuso de materiales reciclables, y debido a que los pepenadores no pueden ingresar a las instalaciones de estos, los residuos producidos en los centros escolares son llevados en su totalidad al relleno sanitario.

En los mercados municipales, desde 2001 se implementa un plan de separación de materia orgánica que se utiliza para la producción de compostaje, actualmente, se tiene en promedio 0.8 Ton/día de material orgánico que se recoge en los mercados para su procesamiento; esta planta de compostaje funciona en las instalaciones del rastro municipal y su principal limitante es el espacio físico.

Adicional a estos 0.8 Ton/día, se depositan en la planta de compostaje los residuos provenientes del mantenimiento de los jardines ubicados en espacios públicos y de la poda de árboles en la vía pública, y en menor grado residuos del proceso de poda de árboles en zonas residenciales.

### **3.4. Determinación de las nuevas áreas urbanizadas que requieren el servicio de recolección de desechos sólidos.**

Actualmente, se cuenta con el desarrollo de 4 proyectos urbanísticos residenciales, de estos 2 ya poseen habitantes; ninguno de estos posee un mecanismo de recolección de los DSU, lo que ha llevado a que los residentes soliciten a la municipalidad su inclusión al sistema de aseo público y recolección de desechos sólidos el cual ya se encuentra a su máxima capacidad en función de la maquinaria útil existente.

Además de estos cuatro proyectos urbanísticos, existe el desarrollo de 6 nuevas lotificaciones, las cuales ya cuentan con los permisos ambientales y de factibilidad para desarrollo urbanístico, las cuales deberán ser tomadas en cuenta para el diseño del nuevo sistema de recolección. (Ver anexo 3)

### **3.5 Diagnostico sobre el manejo actual de los desechos sólidos en Quezaltepeque.**

La Municipalidad de Quezaltepeque dispone los desechos sólidos recolectados en el relleno Sanitario MIDES, ubicado en el Municipio de Nejapa en el cantón Galera Quemada, desde el 2002.

Tras la experiencia adquirida durante la culminación de los proyectos de apoyo internacional, en materia de gestión adecuada de desechos sólidos, la Municipalidad de Quezaltepeque hasta la actualidad, ha seguido generando mejoras en este ámbito, con recursos técnicos-económicos propios.

De acuerdo con el informe del Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales, realizado por el MARN-BID en el 2006, la Municipalidad de Quezaltepeque es una de las 39 Alcaldías que realizan su disposición final en rellenos autorizados por el MARN y es una de las 3 que poseen planta de compostaje para tratar los desechos sólidos orgánicos.

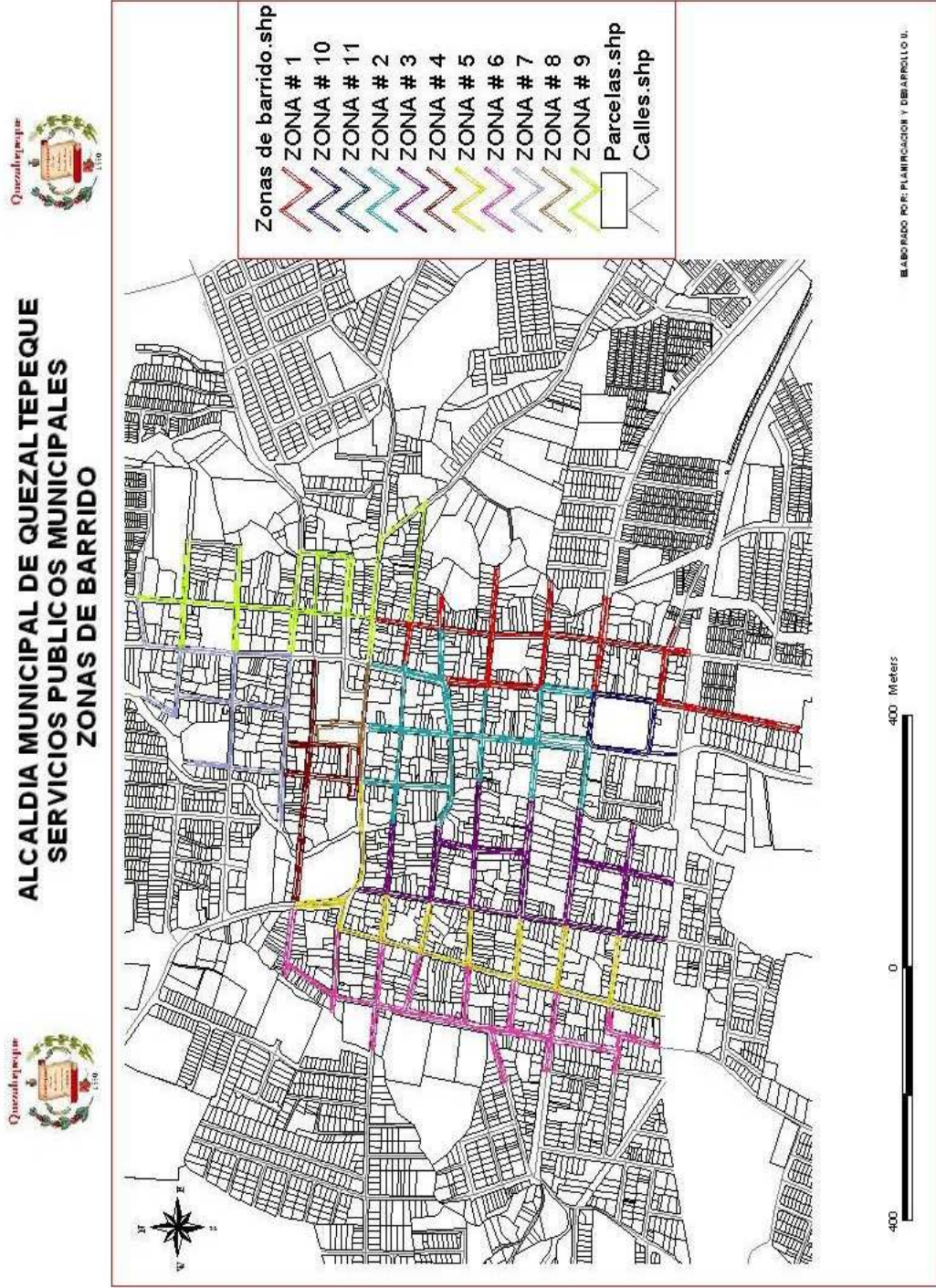
La eficiencia del personal de recolección es de 1.05 toneladas/trabajador, 0.99 empleados por cada 1,000 habitantes y 4,018 habitante por camión.

En varias zonas residenciales, sobre todo en colonias de difícil acceso para el tren de aseo, se habían construido durante el 2002 un total de 11 contenedores, con el objetivo de que los habitantes de las mismas realizaran la disposición temporal de los desechos sólidos, para su posterior recolección. Sin embargo dichos contenedores fueron demolidos a mediados del 2006, ya que generaban incomodidad a las personas que residían cercanos a los mismos, por el mal uso que la misma población de las zonas hacía de estos. Como alternativa, la Municipalidad le brinda a los habitantes de dichas colonias el servicio de recolección domiciliar puerta a puerta, con una frecuencia de tres días a la semana.

### **3.5.1 Barrido de calles y avenidas**

Con respecto al servicio de barrido de calles, éste se da en las principales calles y avenidas del área centro urbana del Municipio, dividiendo la misma para su administración operativa en 11 zonas de barrido (ver fig. 3.2), entre la cuales está incluida el parque central “Norberto Moran”, los mercados Municipales y el Rastro Municipal, a los cuales se les brinda una frecuencia diaria de barrido.

Figura 3.2 Zonas de barrido de calles



Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque

### 3.5.2 Zonas de recolección de desechos sólidos

Se dispone de 4 zonas de recolección (ver fig. 3.3), dando a cada zona el servicio con una frecuencia de 3 días por semana, bajo el programa de recolección Puerta por Puerta, además de una zona de acopio que recibe los desechos recolectados en las 11 zonas de barrido, entre la cuales está incluido el parque central “Norberto Moran”, los mercados Municipales y el Rastro Municipal, a los cuales se les brinda una frecuencia diaria de barrido, se puede inferir que la recolección promedio diaria de desechos sólidos en el área urbana y periferia del Municipio de Quezaltepeque es de 21 toneladas métricas, equivalente a una producción promedio de 0.6 Kg./ persona/día.

La disposición final en el Relleno Sanitario de MIDES le significa a la alcaldía un costo de \$ 20.55 por tonelada depositada, a esto se le agregan los costos por recolección y traslado desde el origen hasta el relleno sanitario que es de \$ 52.08/tonelada métrica el cual se detalla en la tabla 3.6.

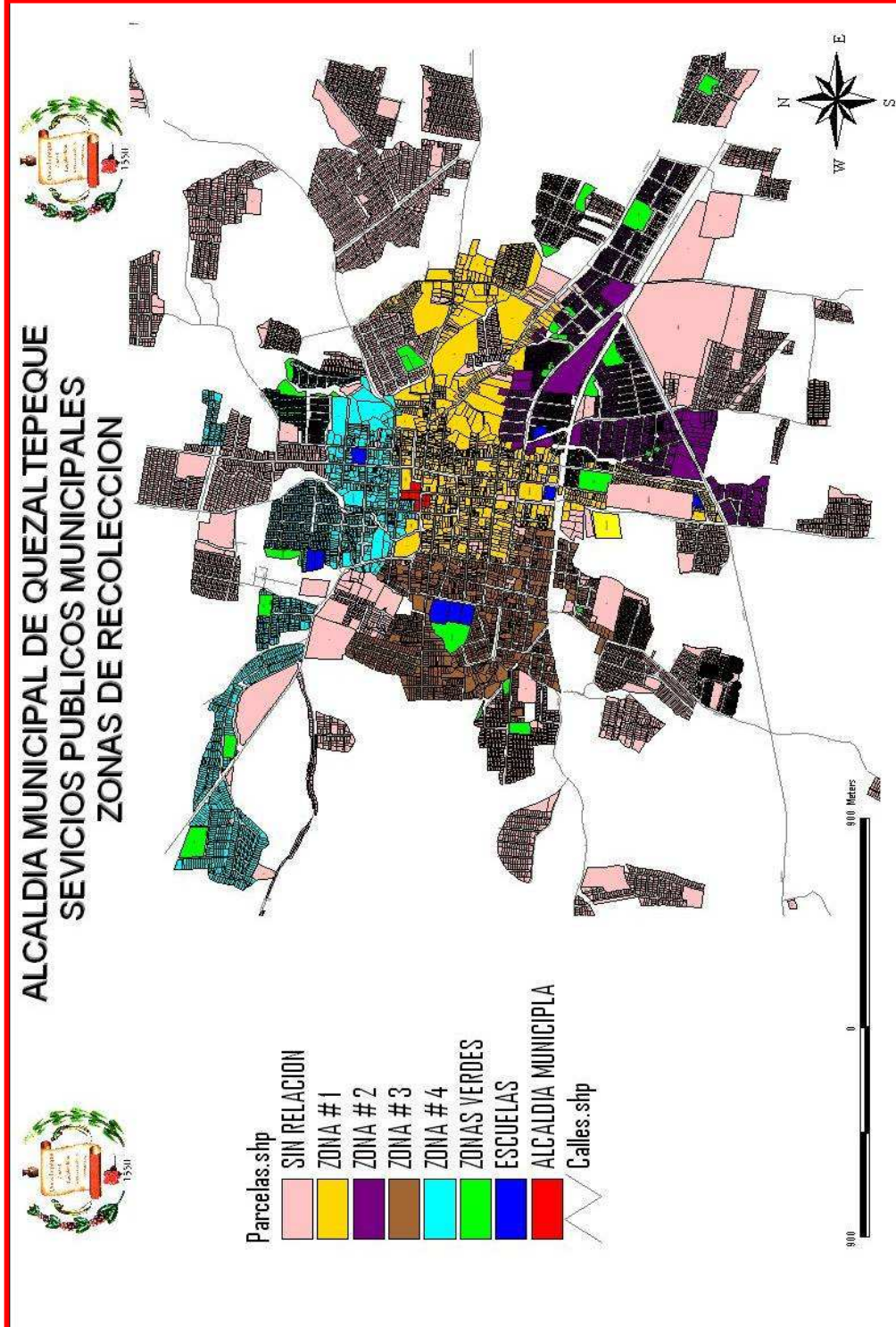
Tabla 3.6 Costo mensual de aseo público (barrido y recolección)

<b>Concepto</b>	<b>Barrido</b>	<b>Recolección</b>	<b>Total</b>
Mano de Obra Directa	US\$ 5,978.70	US\$ 11,433.63	US\$ 17,412.33
Mano de obra indirecta	US\$ 0.00	US\$ 1,968.90	US\$ 1,968.90
Gastos Indirectos	US\$ 350.00	US\$ 7,391.33	US\$ 7,741.33
<b>Total</b>	US\$ 6,328.70	US\$ 20,793.86	<b>US\$ 27,122.56</b>

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.3 Zonas de barrido de calles



Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque

### 3.5.3 Deficiencias detectadas en el servicio de recolección de desechos sólidos.

En este apartado, se revisan las deficiencias detectadas en el servicio de recolección de desechos sólidos de la Alcaldía municipal de Quezaltepeque, que actualmente es el único elemento de la gestión de desechos sólidos que la municipalidad ofrece a la población de forma directa.

Tabla 3.7 Deficiencias detectadas en el servicio de recolección de desechos sólidos.

Área	Deficiencias
Deficiencias de la cobertura de la plantilla.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de conciencia de uso del equipo de protección personal (EPP) por parte de los empleados.</li> <li>• Falta de revisiones medicas periódicas a los empleados del servicio de recolección de desechos</li> <li>• Falta de infraestructura básica para la higiene personal de los empleados del servicio de recolección de desechos (vestidores y duchas)</li> <li>• Falta de bodega para el resguardo de las herramientas y el EPP asignado a cada empleado.</li> </ul>
Deficiencias del servicio del tren de aseo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de mantenimiento preventivo a los vehículos.</li> <li>• Falta de herramientas útiles para una mejora del trabajo de recolección de desechos.</li> <li>• Uso de camiones recolectores (de volteo) en horas de servicio para tareas esporádicas no relacionadas con dichos servicios.</li> <li>• La basura depositada en las calles sin control son esparcidas por animales callejeros</li> <li>• No existe servicio de recolección específica para desechos industriales, comerciales y sanitarios.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tren de aseo se encarga de recoger residuos que no son de su competencia como animales muertos, poda y elementos voluminosos.</li> <li>• El trayecto al vertedero del último turno suele transportar pocos desechos.</li> </ul>
Deficiencias en el ámbito económico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La capacidad económica de la alcaldía no permite la dotación de la infraestructura necesaria para la prestación de condiciones higiénicas aceptables a los trabajadores.</li> <li>• Tasa por servicio de tren de aseo insuficiente.</li> <li>• Problemas en el cobro de las tasas y altos niveles de mora.</li> </ul>
Deficiencias del control del servicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencias en el control de la limpieza de las zonas por parte de los encargados</li> <li>• Falta de indicadores objetivos que ayuden a los controladores a determinar deficiencias en el servicio de recolección de desechos.</li> <li>• Falta de vehículos destinados al control del funcionamiento de los servicios de aseo</li> </ul>
Deficiencias en el servicio de barrido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El servicio de barrido se encarga únicamente de la zona central, dejando gran parte del municipio sin cubrir.</li> <li>• Falta de herramientas útiles para facilitar el trabajo de los barrenderos</li> <li>• Deterioro de los carretones usados para la recolección de los desechos sólidos</li> <li>• Peligro en el trabajo de los barrenderos del turno nocturno debido a los altos índices de delincuencia que existen en el municipio.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

**CAPÍTULO IV:  
ANÁLISIS DE  
ALTERNATIVAS PARA EL  
MANEJO INTEGRADO DE  
DESECHOS SÓLIDOS EN EL  
ÁREA URBANA DEL  
MUNICIPIO DE  
QUEZALTEPEQUE**

## **4.1 Consideraciones generales para el diseño**

Para realizar un diseño adecuado que se adapte a las necesidades de la población del municipio de Quezaltepeque, es necesario establecer una serie de condiciones y características propias de las cuales se mencionan las más importantes a continuación.

### **4.1.1 Factores Técnicos.**

Los factores técnicos a considerar para el diseño del sistema de recolección y tratamiento de desechos sólidos son las características físicas de la zona a atender y de los residuos producidos.

#### **Características de los residuos sólidos del área:**

La cantidad y composición de los residuos sólidos generados por las comunidades del área urbana de Quezaltepeque se consideran domiciliarias, ya que el principal rubro económico es el comercio, el cuál genera desechos muy similares a los domiciliarios en su composición pese a los datos presentados en la sección 3.2.4 del Capítulo III donde se presenta el estudio de composición de los DSU, ya que en los mercados de Quezaltepeque se efectúa la recolección de 0.8 Ton/día de material orgánico que se traslada a la planta de compostaje.

#### **Características físicas del área urbana a atender:**

Este parámetro es muy importante ya que la existencia de pendientes abruptas o barreras naturales afectará en gran medida el diseño del sistema de recolección y la extensión de la cobertura de este.

En el caso de Quezaltepeque, no existen zonas que reciban el servicio de recolección con pendientes elevadas, pero hay dos sectores que actualmente se encuentran con proyectos de desarrollo urbanístico cuyas rutas de acceso más inmediatas presentan tramos de carretera con pendientes superiores al 20 % y zonas con accesos estrechos que dificultarían el ingreso de los camiones recolectores con que cuenta actualmente la municipalidad. Estos sectores se encuentran ubicados al sur-oeste de la ciudad, en el cantón La Primavera y al nor-este, en el cantón Santa Rosa respectivamente (ver Figura 4.1, e imagen ampliada en Anexo 4), por lo que se debe considerar adecuar estas rutas o buscar rutas de acceso alternas a estos nuevos sectores para poder brindar el servicio en el futuro cercano.

Imagen 4.1



Fuente: alcaldía Municipal de Quezaltepeque

Otro de los problemas con el servicio de recolección en puerta que pretende desarrollar la municipalidad son las colonias con pasajes peatonales a los cuáles no tiene acceso el camión recolector y por lo que se debe esperar que los habitantes trasladen los DSU hasta

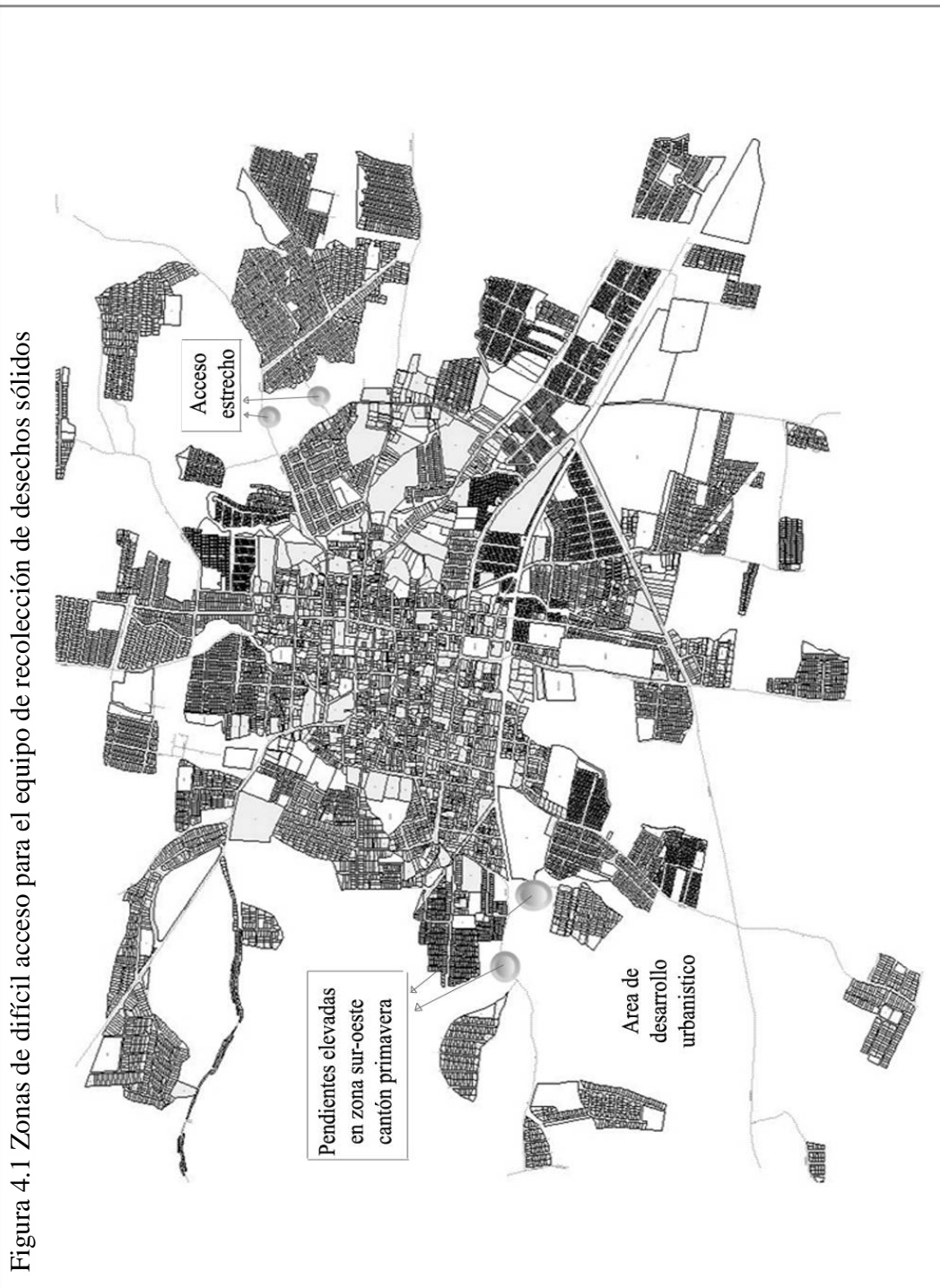


Figura 4.1 Zonas de difícil acceso para el equipo de recolección de desechos sólidos

Fuente: alcaldía Municipal de Quezaltepeque

las entradas de los pasajes volviendo más lento el servicio de recolección en estas colonias, por lo que se debe tomar en cuenta a la hora de diseñar las rutas de recolección.

Un criterio importante es el estado de las calles y/o vías de acceso que conducen a todas las comunidades pertenecientes al área urbana del municipio y residenciales circundantes, ya que el estado y el acabado de la capa de rodadura de éstas pueden afectar el diseño de las rutas de recolección, las calles seleccionadas para las rutas de recolección deben permitir el tránsito durante todo el año, además de tomar en cuenta el ancho de las calles.

#### **4.1.2 Factores Económicos**

Uno de los factores importantes a considerar para la realización de todo el diseño, es la disponibilidad de dinero para su implementación y mantenimiento, ya que puede ser que una comunidad necesite o requiera el servicio de recolección, pero que la municipalidad no cuente con los recursos para la compra del equipo ni la contratación del personal, también esto influirá para la revisión de las tasas municipales e incentivará la actualización catastral del municipio.

#### **4.5 Alternativas de disposición final de desechos sólidos**

Se tienen cuatro alternativas para el manejo de los desechos sólidos en el municipio, las alternativas que se evaluarán para seleccionar la mejor son las siguientes:

- Recolección y disposición de los desechos sólidos como se lleva a cabo actualmente.



- Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES.
- Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario propio.
- Recolección y disposición de los desechos sólidos (sin separación) por medio de un relleno sanitario propio.

A continuación se presentan todas las alternativas, y se describe brevemente en qué consiste cada una de ellas desde el punto de vista de un sistema de gestión de desechos sólidos para su posterior evaluación.

#### **4.2.1 Recolección y disposición de los desechos sólidos como se lleva a cabo actualmente.**

La primera opción que se evaluará es la alternativa de no hacer nada, es decir que el manejo de los desechos sólidos en el municipio de Quezaltepeque continúe como se ha llevado a cabo hasta ahora sin hacer ningún cambio, ampliación o mejora.

El servicio de recolección de los DSU cubre satisfactoriamente la demanda actual tanto en el número de unidades disponibles como las cuadrillas que laboran, pero éstas no

poseen una holgura que permita ampliar la cobertura a las nuevas urbanizaciones que están en proceso de construcción.

El municipio deposita actualmente sus desechos sólidos en el Relleno Sanitario de MIDES en el municipio de Nejapa donde cada equipo municipal de tren de aseo lleva los desechos sólidos para su deposición, el problema con este proceso radica en los altos costos en que incurre la municipalidad en concepto de disposición final y a las cláusulas contractuales que permiten a la empresa administradora del relleno sanitario el subir los costos sin necesidad de negociar con las municipalidades que hacen uso de las instalaciones.

En un período de 3 años los costos de disposición final por tonelada se han incrementado de \$ 17.25 en 2006 a \$ 20.55 en la actualidad.

Otro problemas que se vislumbra es la reducción en el tiempo de vida útil del relleno sanitario de MIDES, debido a la sobreutilización a la que ha sido expuesto en los últimos años y al notable deterioro de sus instalaciones, las cuales ya no brindan las condiciones óptimas de operación y que retrasan el proceso de descarga de las unidades.

Otro aspecto importante a considerar es que de cada US\$ 100.00 que la municipalidad paga a MIDES en concepto de disposición final, US\$ 60.00 son por tratamiento de materia orgánica que puede ser tratada en una planta de compostaje a un costo mucho menor, de igual forma cerca de US\$ 15.00 son por tratamiento de materiales reciclables.

Esta alternativa no se considera que sea integral, ya que los DSU luego de su generación solo se recolectan para su posterior disposición final en el relleno, no hay ningún tipo de

separación de los residuos. Vale la pena mencionar que sí se obtiene un beneficio ambiental ya que la implementación del relleno ayuda a controlar las enfermedades generadas por los botaderos de basura y a la disminución de la contaminación del agua.

#### **4.2.1.1 Generación y almacenamiento**

La generación y almacenamiento será efectuada como se lleva a cabo actualmente, es decir, sin separación en el origen y sin la utilización de recipientes especiales para el almacenamiento, cada lugar de generación se encargará de almacenar los DSU en los recipientes que tenga disponibles, y se encargará de tenerlos listos para la recolección los días que estén destinados para dicho fin.

#### **4.2.1.2 Recolección, transferencia y transporte de los DSU.**

La recolección se llevará a cabo tres veces por semana, en los camiones que las municipalidades tengan disponibles para este servicio, la transferencia será directa a través de un sistema de recolección casa por casa, tal y como se desarrolla en la actualidad.

En los mercados municipales se continuará con la separación de la materia orgánica producida, la cual se transportará de forma separada al terreno del rastro municipal donde funciona la actual planta de compostaje para su tratamiento.

Los desechos provenientes del barrido de calles, serán reunidos y almacenados en la bodega municipal donde se aparcan los camiones recolectores para su posterior carga a un camión de volteo y traslado a diario al relleno sanitario

El transporte será directamente al sitio de disposición final, es decir, que no habrá ningún lugar de transferencia de DSU, ya que el tamaño de la zona lo permite y por consiguiente la transferencia de los DSU no es necesaria.

#### **4.2.1.3 Separación y disposición final.**

Para esta alternativa no se considera necesaria la separación de los DSU, sólo se dispondrán los desechos en el relleno sanitario de acuerdo a la forma de operación del relleno sanitario operado por MIDES.

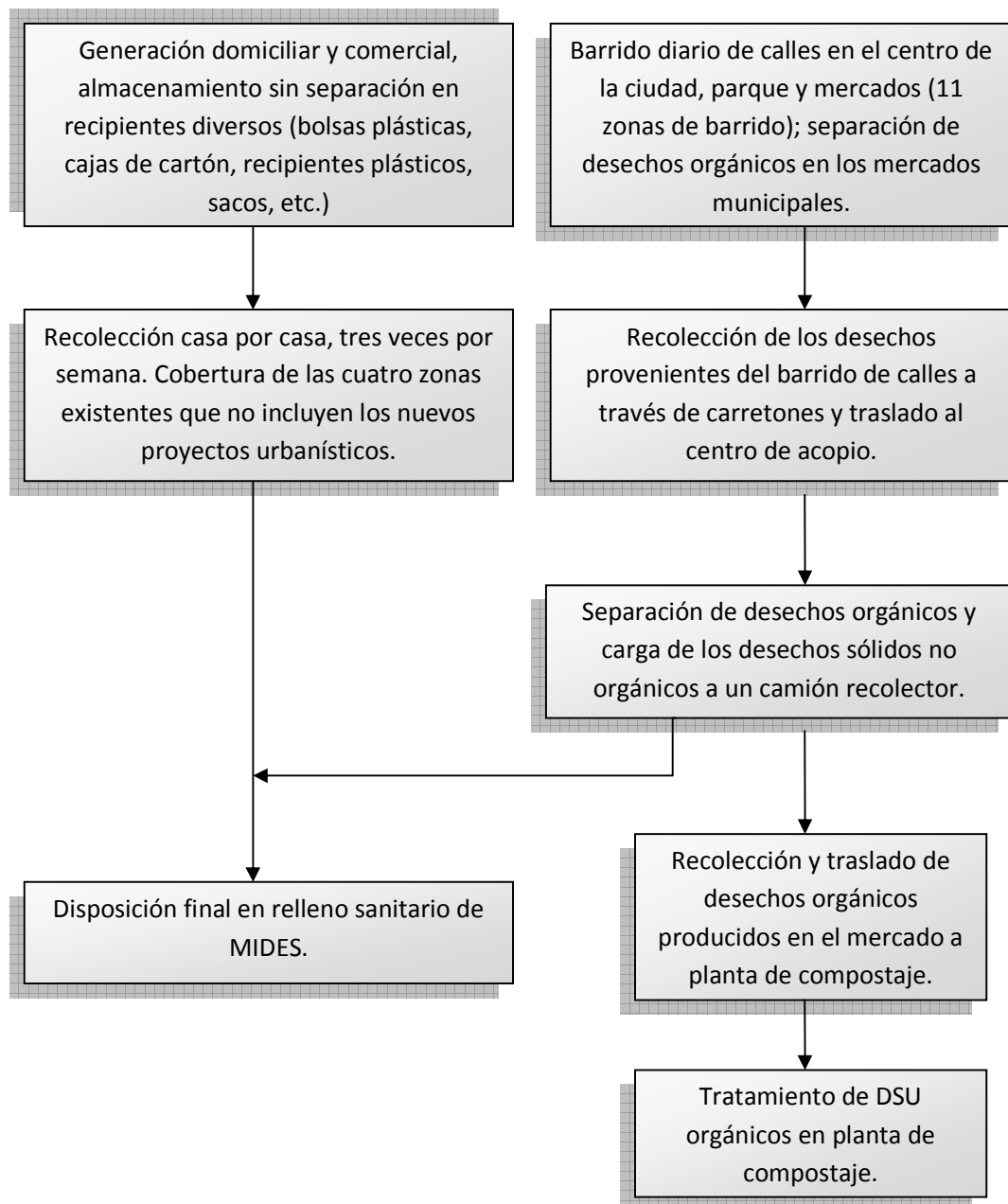
Las ventajas que este sistema presenta son:

- Simple de ejecutar
- Ecológicamente viable
- No requiere de procesos de separación ni clasificación de materiales.
- No requiere de la participación activa de la población.
- No requiere inversión de la municipalidad a corto plazo

Desventajas:

- Económicamente inviable en el mediano plazo.
- No prevé mejoras en el servicio ni la solución de los problemas actuales.
- Las nuevas urbanizaciones y lotificaciones no están incluidas en el área de prestación del servicio de recolección.

Fig. 4.2 Diagrama de flujo de la alternativa “Recolección y disposición de los desechos sólidos como se lleva a cabo actualmente” en el municipio de Quezaltepeque.



#### **4.2.2 Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES.**

Esta opción incluye el uso del relleno sanitario administrado por MIDES como en la alternativa anterior, pero incluye también la operación de una planta de compostaje y una unidad de reciclaje para el manejo de los desechos sólidos.

Se considera que esta alternativa es integral, ya que antes de la disposición final hay una separación de los DSU (orgánicos y no orgánicos) con lo que se obtiene un beneficio ambiental y económico de los DSU con la implementación de la planta de compostaje y la unidad de reciclaje.

Es importante recalcar que actualmente la municipalidad ya cuenta con una planta de compostaje donde se deposita en promedio 0.8 ton/día de materia orgánica proveniente principalmente de los mercados, el proceso utilizado actualmente es el método de pilas o montículos (o método Indore); el cual se seguirá utilizado para aprovechar la experiencia adquirida en el proceso durante los 7 años que tiene de funcionar dicha planta, además desde 2006 se han impulsado campañas de reciclaje en los centros escolares del municipio, dando excelentes resultados y cuya metodología se podría implementar a nivel domiciliar.

Beneficios de la creación de una planta de compostaje y de la unidad de reciclaje:

- Reducción en la cantidad de desechos sólidos que son dispuestos en el relleno sanitario.

- La municipalidad contará con un mejorador de suelos para utilizar en los jardines, zonas verdes y complejos deportivos que están bajo su cuidado.
- Excedentes de producción de compost que pueden ser vendidos a los agricultores del municipio.
- Reducción en los costos de disposición final de los desechos sólidos.
- Disminución del área de terreno requerida para la construcción de un relleno sanitario y prolongación de la vida útil de este.
- Beneficios económicos directos por la venta de los materiales reciclables.
- Reactivación de la industria local, a través de las empresas procesadoras de materiales reciclables.

#### **4.2.2.1 Generación y almacenamiento**

Como la alternativa considera que debe haber separación de la materia orgánica y los materiales reciclables antes de su disposición final en el relleno sanitario, esta se puede dar de dos formas:

##### **a. Generación y almacenamiento de DSU sin separación en el origen.**

La primera opción es mantener el proceso como se lleva a cabo actualmente, es decir, que no existe separación en el origen ni de materiales orgánicos ni de materiales reciclables, todos los desechos sólidos se mezclan en un único recipiente el cual es entregado al camión recolector.

Esta alternativa es mucho más práctica, debido a que no implica un cambio de hábito en los habitantes del municipio, pero es económicamente más costosa ya que la municipalidad deberá invertir en una planta de separación y clasificación donde se

efectúe la separación de los desechos sólidos orgánicos y reciclables del resto de desechos.

**b. Generación y almacenamiento de DSU con separación en el origen.**

La segunda opción es un proceso de separación en el origen, en donde se deben tener recipientes separados para la materia orgánica, para los materiales reciclables y para el resto de desechos.

La población en sus residencias deberá manejar al menos tres recipientes independientes:

- uno para la materia orgánica, principalmente los desechos producto de la jardinería y la hojarasca de los árboles circundantes.
- Uno para plásticos, vidrios, metales y latas reciclables.
- Uno para el resto de desechos producidos en el hogar o inmueble.

Un aspecto fundamental para la adecuada implementación de este modelo es la participación ciudadana, ya que la población del casco urbano del municipio tendrá que cambiar sus hábitos de generación, separación y disposición de los desechos sólidos en el hogar, lo que permitiría a la municipalidad obtener un importante ahorro en sus costos de operación.

**4.2.2.2 Recolección, transferencia y transporte de los DSU.**

La problemática a solucionar con el sistema de recolección actual es en 6 colonias, donde se ha determinado que cerca del 80% de las residencias permanecen vacías durante el día, lo que obliga a los habitantes dejar los



desechos sólidos en las aceras o en promontorios temporales, expuestos a los animales (principalmente perros callejeros).

Por la ubicación y distribución de estas colonias, se vuelve infactible el hacer una redistribución o reorganización de las rutas en base al horario actual, de forma tal que una de las soluciones viables es que el horario del servicio de recolección se amplíe.

Actualmente se brinda un servicio de 12 horas dividido en dos turnos, el horario de atención es de 6:00 a.m. a 6:00 p.m.; para solventar la problemática de estas colonias se deberá ampliar los horarios de recolección, de forma tal que estas colonias puedan ser atendidas en las primeras horas del día (5:00 – 7:00 a.m.) o en horas de la noche (6:00 – 8:00 p.m.), ampliando el horario de atención en dos horas, y garantizando que a esta hora el camión recolector ya se encuentre en ruta.

Otro aspecto a mejorar en el servicio de recolección será el mecanismo de convocatoria a la población para que entreguen los desechos a los empleados del servicio de aseo; actualmente los camiones cuentan con una campana artesanal la cual es tocada por uno de los empleados, mientras que el resto recolecta los desechos sólidos casa por casa.

Este mecanismo es ineficaz, debido a que el sonido de la campana no es lo suficientemente sónico para alertar a toda la población, por ello se recomienda la colocación en las unidades de una campana genuina, cuya capacidad sonora sea mejor que el producido por las campanas

improvisadas con las que se cuentan a la fecha. Otra opción es la colocación de un megáfono, a través del cual el motorista pueda notificar a la población de la presencia del camión recolector facilitando y agilizando el proceso de recolección de los DSU.

El proceso de recolección, transferencia y transporte de los DSU dependerá directamente de la alternativa de generación y almacenamiento que la municipalidad desee implementar, por lo que se presentará la propuesta para cada uno de las posibles alternativas:

**a) Recolección, transferencia y transporte de los DSU sin separación en el origen**

Para la alternativa de mantener el proceso de almacenamiento actual (sin separación en el origen), la recolección se llevará a cabo tres veces por semana, en los camiones que las municipalidades tengan disponibles para este servicio, los camiones recibirán la totalidad de los desechos sólidos generados por la población; en general y en la medida que las condiciones lo permitan, se pretende continuar con el sistema de recolección casa por casa con el objetivo de evitar la necesidad de los colectores temporales que en el pasado demostraron ser poco funcionales.

Para que este sistema sea sostenible en el tiempo, es necesaria la ampliación del horario de prestación del servicio, así como la creación de nuevas zonas y rutas de recolección donde se incluyan a los nuevos proyectos urbanísticos que actualmente se encuentra en ejecución y que al corto plazo pasarán a formar parte del casco urbano del municipio, la ampliación de los horarios permitirá dar un mejor

servicio a las 6 colonias donde el servicio de recolección casa por casa resulta ineficiente.

Otra opción es la fabricación o compra de contenedores móviles, estos serían distribuidos y custodiados por empleados de aseo público en las colonias que presentasen problemas con el servicio de recolección puerta por puerta, los contenedores serían colocados en estas colonias ya sea en la mañana o por la noche por un periodo de tiempo determinado (1 ó 2 horas), luego de recolectados los desechos domiciliarios un camión se encargaría de llegar a retirar el contenedor.

El transporte será de la zona o ruta de recolección a una unidad de separación y clasificación construida y administrada por la municipalidad, donde el personal existente deberá hacer la separación manual o semi mecanizado de los desechos sólidos, extrayendo de éste la materia orgánica que será trasladada a la planta de compostaje, el material reciclable que se colocará en una unidad de almacenamiento de materiales reciclables para su posterior comercialización y finalmente los desechos restantes serán trasladados al sitio de disposición final en el relleno sanitario administrado por MIDES.

**b) Recolección, transferencia y transporte de los DSU con separación en el origen**

Para la alternativa que implica separación en el origen, la municipalidad deberá crear los itinerarios de recolección de la materia orgánica y de los materiales reciclables y posteriormente comunicárselos a la población para que ésta pueda entregar de forma separada este tipo de desechos, este proceso deberá implementarse de forma gradual,

y para tal fin se deberá escoger dos comunidades para la prueba piloto antes de implementarse en todo el municipio.

La recolección se llevará a cabo tres veces por semana para los desechos inorgánicos no reciclables tal y como se efectúa en la actualidad, la recolección de los desechos orgánicos y los desechos reciclables se efectuará igual cantidad de veces por semana pero de forma separada.

El transporte será directamente al sitio de disposición final, es decir, que no habrá ningún lugar de transferencia de DSU ya que esta no es necesaria debido al proceso de separación en el origen; cada camión recolector tendrá un destino específico dependiendo del tipo de desecho que recolecte, la notable reducción en el volumen de desechos que se dirigirán al relleno sanitario permitirá alargar las rutas de recolección, dejando las unidades y el personal libres para la recolección de los desechos orgánicos y los reciclables.

En la medida de lo posible, se destinarán los camiones compactadores para los desechos inorgánicos, y los de volteo para la recolección de los desechos orgánicos y los materiales reciclables.

#### **4.2.2.3 Separación, transformación y disposición final.**

Una vez recolectados los desechos sólidos, estos se deben disponer de tal forma que no afecte al medio ambiente o a la salud de la población; la presente alternativa, cuenta con 3 procesos como parte de su sistema de disposición final: reciclaje, compostaje y disposición de desechos en un relleno sanitario.

A continuación se presentan las opciones de cómo se desarrollará esta alternativa de ser seleccionada, las opciones como en los apartados anteriores están en función del momento de su separación:

**a. Separación, transformación y disposición final sin separación en el origen**

Se llevará a cabo la separación de los materiales orgánicos y no orgánicos de los DSU en una unidad de transferencia a través de un sistema manual o semi mecanizado, la materia no orgánica pasará al relleno sanitario de MIDES para su disposición final, la materia orgánica es procesada en la planta de compostaje y los materiales reciclables serán vendidos a empresas recicladoras.

Debido al volumen actual de desechos sólidos de 21 ton/día, el proceso de separación se vuelve muy difícil de hacerlo 100% efectivo, y se considerará únicamente la recuperación de un 50% de los desechos orgánicos y de los desechos reciclables contenidos, sin embargo se recomendará que el diseño de la planta de compostaje sea diseñado para el 100% de los desechos orgánicos.

Los desechos sólidos inorgánicos no reciclables se trasladarán directamente al relleno sanitario de MIDES.

Los desechos orgánicos se trasladarán a la planta de compostaje, donde el equipo de recolección deberá llevar y descargar los residuos cerca del lugar donde se forma la pila, es importante hacer un proceso de separación de materiales inorgánicos antes de colocar los desechos orgánicos en la pila; el material grueso será picado y reducido a trozos pequeños que no excedan los 10 cm, (para realizar un buen

proceso de compostaje el material debe estar bien desmenuzado) y luego colocados en las pilas de compostaje para su tratamiento.

Finalmente todos los materiales reciclables se colocarán en la unidad de reciclaje donde serán clasificados por su naturaleza y tipo, los tres grandes grupos de separación serán metales, plásticos y vidrios; luego cada pila de material se clasificará y almacenará según su tipo para su posterior comercialización; el principal problema en esta área se da en los plásticos cuya gran diversidad dificulta el proceso de selección, clasificación y venta.

**b. Separación, transformación y disposición final con separación en el origen**

La segunda alternativa contempla separación en el origen, por lo tanto en esta etapa no será necesario un proceso de separación a gran escala. El procedimiento a seguir es el mismo que el desarrollado en la alternativa anterior posterior a su separación en la unidad de separación y clasificación.

Al crear una alternativa de transformación y disposición final que incluya el reciclaje, se suele pensar en la opción de construir una planta de reciclaje que procese los materiales, estas plantas requieren de una inversión inicial muy alta y suelen ser muy especializadas con el tipo de material con el que se trabaja.

El problema que se tiene con esta alternativa es que las cantidades de materiales reciclables (plástico, metales, vidrio, etc.) que se generan en el municipio, son pequeñas, y se tendría que esperar largos períodos de tiempo para llegar a tener cantidades de material suficientes para procesarlas en una planta de reciclaje administrada por la municipalidad, por lo que los desechos reciclables serán vendidos a empresas

recicladoras ya establecidas, que se encargarán de su procesamiento. La implementación de una planta de reciclaje en la municipalidad no sería factible, debido a la alta inversión que se requiere en este tipo de plantas, y por el bajo volumen de productividad que se generaría por la falta de materia prima (desechos reciclables adecuados) generada localmente.

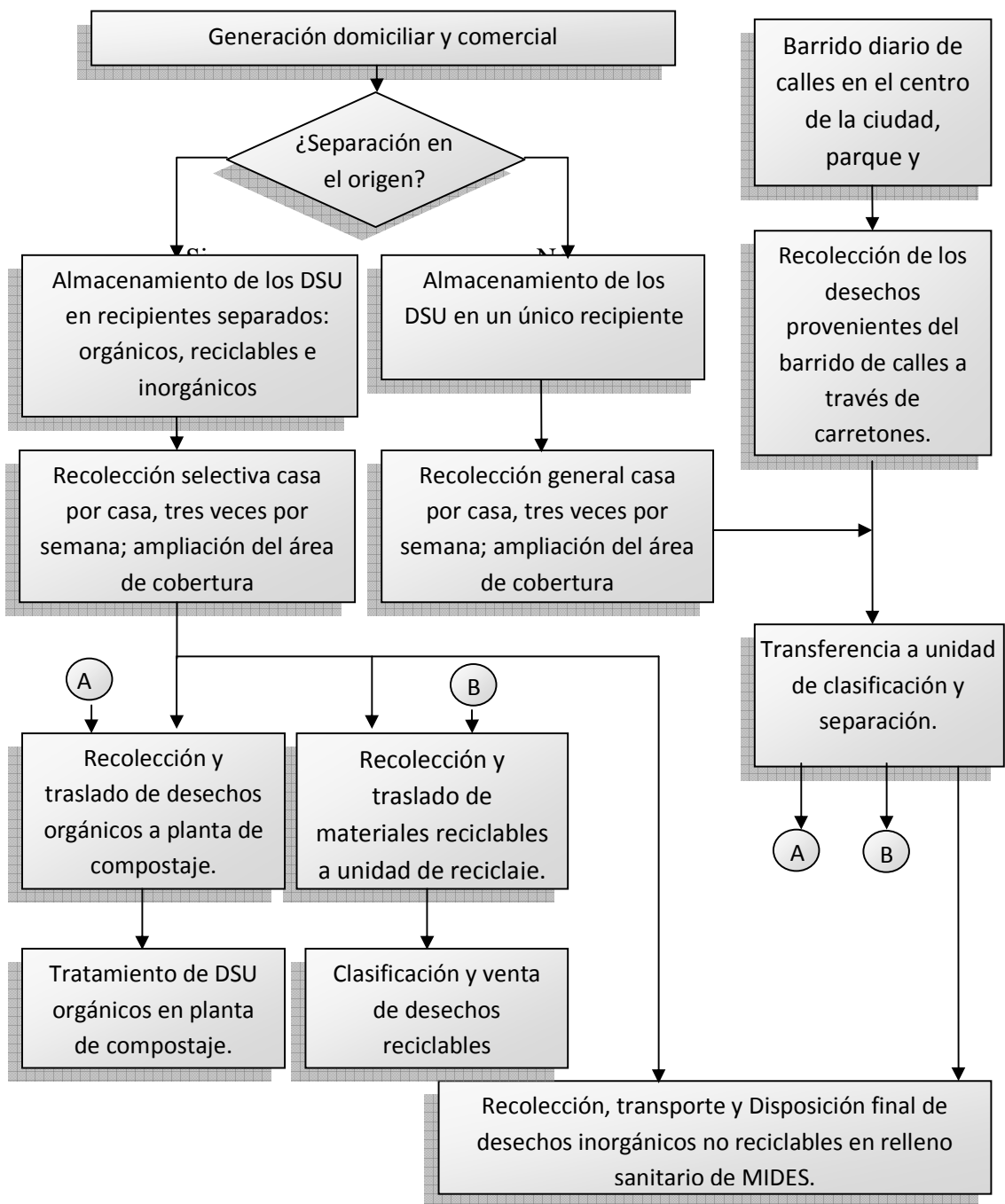
Las ventajas que este sistema presenta son:

- Económica y ecológicamente viable.
- Prevé mejoras en el servicio de recolección y ampliación del área de cobertura.
- Disminución del volumen depositado en el relleno sanitario de MIDES.

Desventajas:

- Requiere de procesos de separación y clasificación de materiales.
- Requiere de la participación activa de la población.
- Requiere inversión de la municipalidad a corto plazo.

Fig. 4.3 Diagrama de flujo de la alternativa “Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES” en el municipio de Quezaltepeque.





**4.2.3. Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario propio.**

Esta alternativa difiere de la anterior en un solo punto, la construcción de un relleno sanitario propio como alternativa para dejar de utilizar el relleno sanitario de MIDES.

Pretende además de la planta de compostaje de desechos orgánicos y de la unidad de reciclaje de materiales como vidrios, plásticos y metales, (los cuales tienen que ser separados para clasificarlos y posteriormente ser llevados a la o las empresas seleccionadas para el reciclaje), la implementación de un relleno sanitario administrado por la municipalidad.

Esta alternativa se considera la más integral, ya que los DSU luego de la generación, se recolectan y se separan la materia orgánica y los materiales reciclables del resto de desechos que serán dispuestos en un relleno sanitario administrado por la municipalidad y se trasladan a plantas o unidades específicas para su posterior transformación.

El administrar por completo el manejo y disposición final de los desechos sólidos en el municipio, permitirá a la municipalidad controlar de mejor forma los costos de operación; además se percibirán ingresos por la venta del compostaje y de los materiales reciclables, volviendo en el mediano plazo autosostenibles tanto la planta de compostaje como la unidad de reciclaje.

#### **4.2.3.1 Generación y almacenamiento**

Como la alternativa considera que debe haber separación de la materia orgánica y los materiales reciclables antes de su disposición final en el relleno sanitario, al igual que en la alternativa contemplada en el punto 4.2.2 esta se puede dar de dos formas:

##### **a. Generación y almacenamiento de DSU sin separación en el origen.**

Al igual que en la alternativa anterior, se desarrollará el proceso como se lleva a cabo actualmente, es decir, sin separación de materiales orgánicos ni de materiales reciclables en el origen, todos los desechos sólidos se mezclan en un único recipiente el cuál es entregado al camión recolector.

##### **b. Generación y almacenamiento de DSU con separación en el origen.**

Se desarrollará de la misma forma que en la alternativa 4.2.2.1-b *“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES” lit. b.*

En esta alternativa, la población también deberá manejar en sus residencias al menos tres recipientes independientes para la disposición de los desechos sólidos:

- uno para la materia orgánica, principalmente los desechos producto de la jardinería y la hojarasca de los arboles circundantes.
- Uno para plásticos, vidrios, metales y latas reciclables.
- Uno para el resto de desechos producidos en el hogar o inmueble.

#### **4.2.3.2 Recolección, transferencia y transporte de los DSU.**

Se desarrollará forma similar que en la alternativa 4.2.2.2 *“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES”*, pero esta presentará leves cambios en especial en el área de transporte de los DSU desde el punto de recolección hacia el punto de disposición final.

##### **a) Recolección, transferencia y transporte de los DSU sin separación en el origen**

Para la alternativa de mantener el proceso de almacenamiento actual (sin separación en el origen), la recolección se llevará a cabo forma similar que en la alternativa 4.2.2.2-a *“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES”*

El transporte será de la zona o ruta de recolección a una unidad de separación y clasificación construida y administrada por la municipalidad, donde el personal existente deberá hacer la separación manual de los desechos sólidos, extrayendo de este la materia orgánica que será trasladada a la planta de compostaje, el material reciclable que se colocará en una unidad de almacenamiento de materiales reciclables para su posterior comercialización y finalmente los desechos restantes serán trasladados al sitio de disposición final en el relleno sanitario municipal; para optimización de tiempo y recursos, se pretende que tanto la planta de compostaje, la unidad de reciclaje y el relleno sanitario estén ubicados en el mismo terreno.

**b) Recolección, transferencia y transporte de los DSU con separación en el origen**

Para la alternativa que implica separación en el origen, el proceso se desarrollará de la misma forma que en la alternativa 4.2.2.2-b *“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES”*.

**4.2.3.3 Separación, transformación y disposición final.**

La separación y transformación de los desechos sólidos se desarrollará forma similar que en la alternativa 4.2.2.3 *“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES”*, pero la disposición final de los desechos inorgánicos no reciclables se hará en un relleno sanitario administrado por la municipalidad.

**a) Separación, transformación y disposición final sin separación en el origen**

Se desarrollará forma similar que en la alternativa 4.2.2.3-a *“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES”*, con la diferencia que la disposición final de los desechos inorgánicos no reciclables se harán en un relleno sanitario municipal (por construir).

**b) Separación, transformación y disposición final con separación en el origen**

La segunda alternativa contempla separación en el origen, por lo tanto en esta etapa no será necesario un proceso de separación a gran escala. El procedimiento a seguir es el mismo que el desarrollado en la alternativa detallada en 4.2.2.3-b *“Recolección,*

*transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES”, posterior a su separación en la unidad de separación y clasificación.*

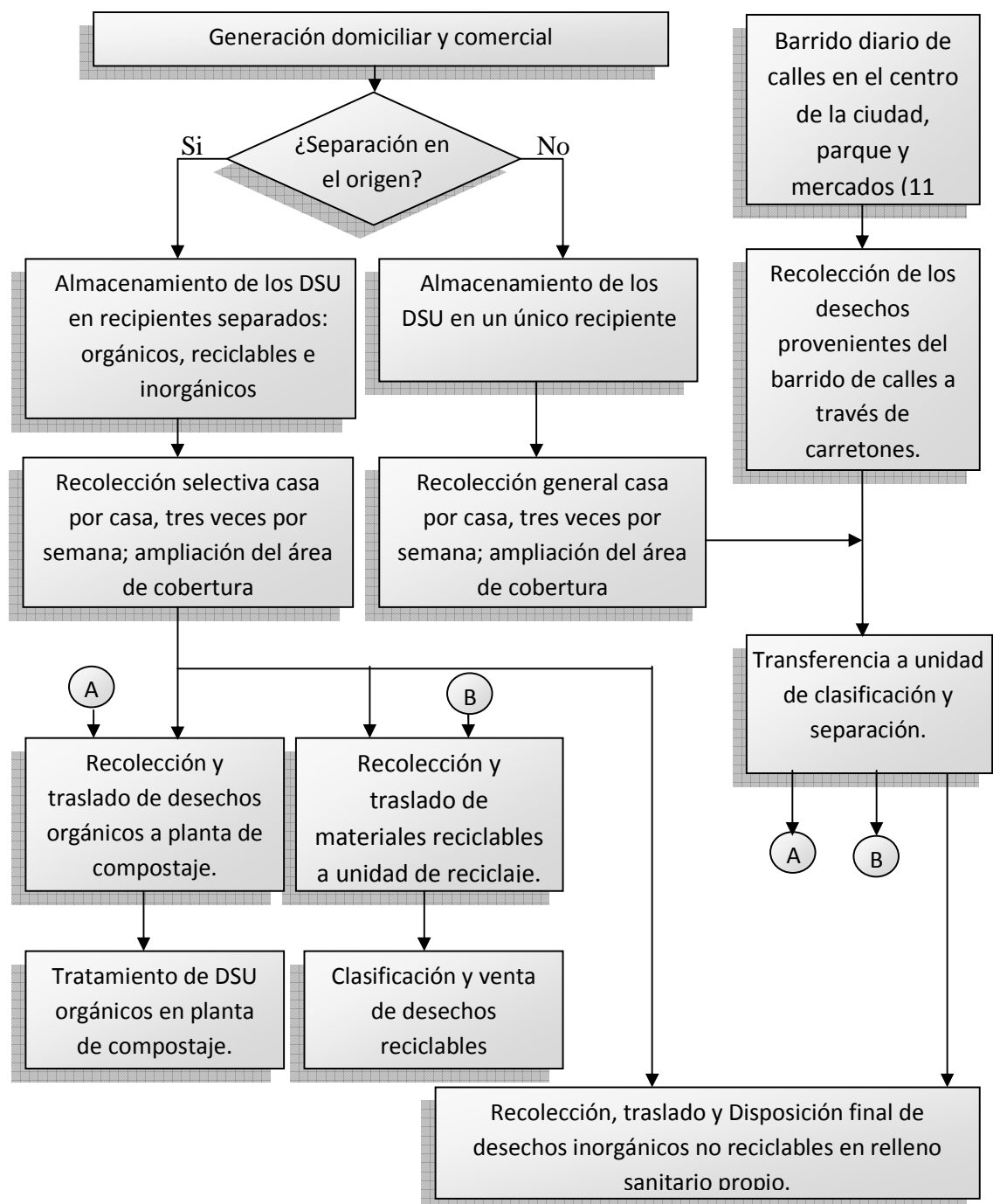
Las ventajas que este sistema presenta son:

- Económicamente y ecológicamente viable en el largo plazo
- Prevé mejoras en el servicio de recolección y ampliación del área de cobertura.
- Total control de los costos de operación
- Prevé alternativas de reducción de desechos, lo que incrementara la vida útil del relleno sanitario a construir.
- Gran producción de metano, utilizable para la producción de electricidad.

Desventajas:

- Gran producción de lixiviados.
- Requiere de procesos de separación y clasificación de materiales.
- Requiere gran inversión en el corto plazo.
- La forma “b” de esta opción requiere de la colaboración de la población.

Fig. 4.4 Diagrama de flujo de la alternativa “Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario propio” en el municipio de Quezaltepeque.



#### **4.2.4. Recolección, y disposición de los desechos sólidos (sin separación) en un relleno sanitario propio.**

Esta alternativa, en el corto plazo es mucho más económica y mucho más fácil de implementar, ya que no requiere del proceso de separación que complica las alternativas anteriores; la alternativa consiste en la recolección de los desechos sólidos y su posterior disposición final en un relleno sanitario manual o semi mecanizado propiedad de la alcaldía municipal.

##### **4.2.4.1 Generación y almacenamiento**

Se desarrollará de la misma forma que en procedimiento a) de la alternativa 4.2.2.1 *“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES”*.

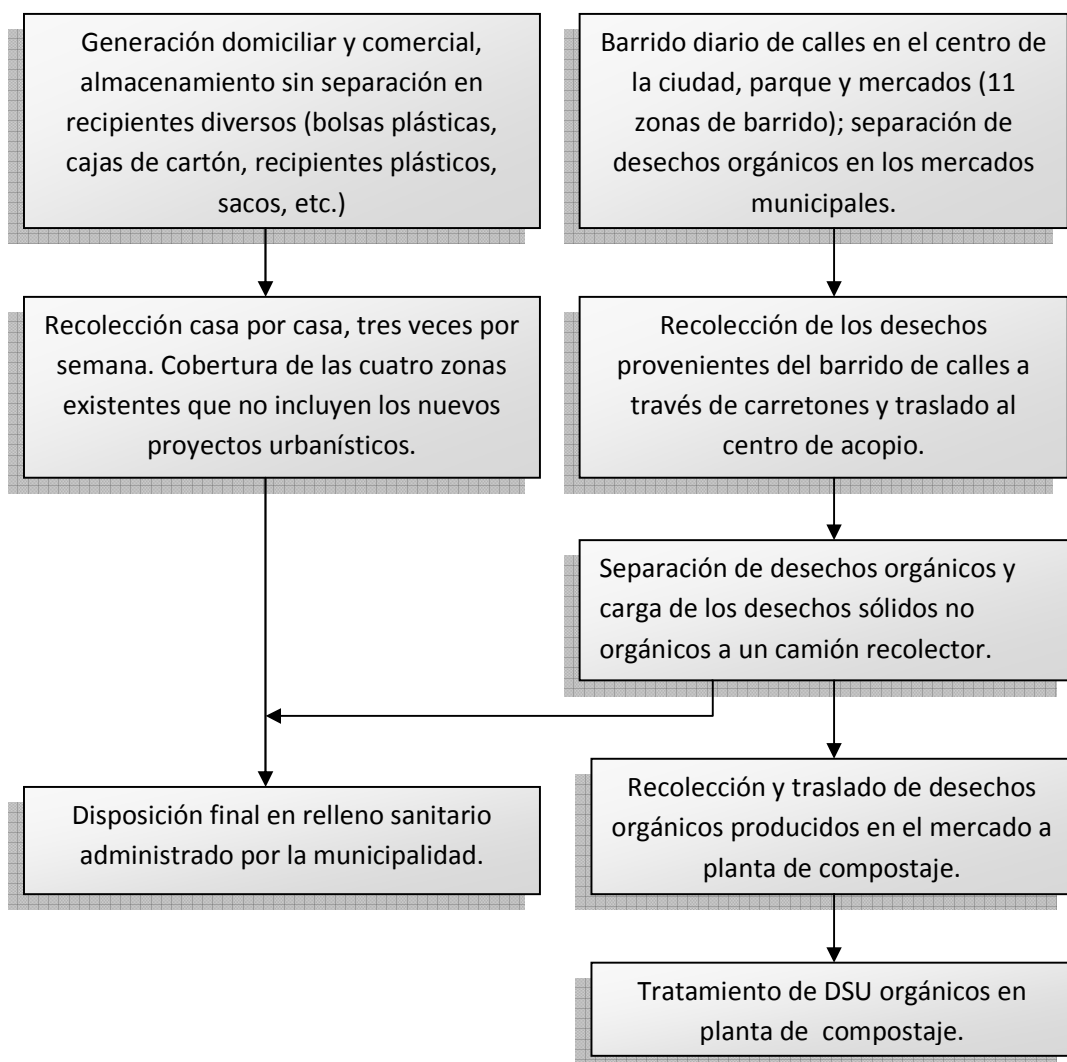
##### **4.2.4.2 Recolección, transferencia y transporte de los DSU.**

La parte de recolección y transferencia de los DSU, se desarrollará de la misma forma que en procedimiento a) de la alternativa 4.2.2.2 *“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario de MIDES”*, pero a diferencia de ésta, el transporte de los DSU se hará directamente al relleno sanitario en lugar de a una unidad de separación y clasificación.

#### 4.2.4.3 Separación, transformación y disposición final.

En esta alternativa no existe ningún tipo de separación o transformación, el 100% de los desechos sólidos domiciliarios recolectados es dispuesto en el relleno sanitario.

Fig. 4.5 Diagrama de flujo de la alternativa “Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (sin separación) por medio de un relleno sanitario propio” en el municipio de Quezaltepeque.





Las ventajas que este sistema presenta son:

- Simple de ejecutar
- Económicamente y ecológicamente viable
- No requiere de procesos de separación ni clasificación de materiales.
- No requiere de la participación activa de la población.
- Gran producción de metano, utilizable para la producción de electricidad.

Desventajas:

- Reducción de la vida útil del relleno sanitario por exceso de desechos.
- Gran producción de lixiviados.
- Costos de mantenimiento elevados por la extensión de las áreas requeridas.

### **4.3 Programa de educación ambiental**

Se pretende que el programa de educación ambiental se convierta en un proceso formativo, que ayude a modificar actitudes y conductas arraigadas a nuestra cultura con referencia al manejo de los desechos sólidos, y que a su vez, incremente los niveles de comprensión sobre el medio ambiente y el deterioro que éste sufre a consecuencia de la actividad humana.

Existe una serie de acciones que pueden ayudar a solucionar la problemática de los desechos sólidos, los cuales no pueden ser resueltos únicamente por las autoridades municipales y/o estatales, si no que se vuelve necesaria la participación ciudadana, por lo que el programa de educación ambiental se considera básico y de mucha importancia para el adecuado funcionamiento de un programa de gestión de desechos sólidos.

El componente principal del programa de educación ambiental debe ser el desarrollo de procesos educativos escalonados por jerarquía dentro de las comunidades: este componente se debe impulsar mediante programas de formación dirigidos a segmentos de población bien identificados en base a la siguiente jerarquía:

- a) Funcionarios de la alcaldía municipal.
- b) Unidad de salud
- c) Personal docente y administrativo de los centros escolares
- d) Miembros y directivos de las asociaciones de desarrollo comunal (ADESCO)
- e) Responsables del servicio de recolección, del manejo de las plantas de compostaje, unidades de reciclaje y del relleno sanitario.
- f) Población en general.

El contenido del programa de educación ambiental debe estar orientado a la concientización de la población en cuanto a los siguientes puntos:

- a) Exposición de la problemática de los desechos sólidos a nivel nacional y principalmente a nivel local.
- b) Concepto de desechos sólidos
- c) Efectos producidos por los desechos sólidos en la salud y el medio ambiente
- d) Alternativas de tratamiento de los desechos sólidos
- e) Reciclaje y separación de los desechos sólidos en el origen
- f) Elaboración de compost (residuo del proceso de compostaje)

#### **Acciones a desempeñar:**

El conjunto de acciones a desarrollar que a continuación se proponen han sido diagramadas para poder ser implementadas en el corto plazo y que a su vez permita el

cambio gradual de la mentalidad de las personas del municipio, y en las cuáles deben intervenir tanto las autoridades municipales como la población en general.

La reducción en la producción de desechos sólidos en los hogares es un requerimiento indispensable para resolver la problemática a mediano y largo plazo, ya que ésta es la mejor forma de solucionar el problema de los desechos sólidos.

**Acciones propuestas para reducción en la producción de desechos sólidos en el hogar:**

- Compra de productos reusables y disminución en el uso de artículos desechables (vasos, cubiertos, paltos, etc.)
- Compra de bebidas en embases retornables.
- Evitar la compra de productos con embalajes innecesarios o empaques con materiales no reciclables.
- Separación de los DSU en el origen extrayendo los materiales orgánicos y los reciclables y entregando éstos por separado.
- Participar activamente en la organización ciudadana para evitar los promontorios incontrolados de desechos sólidos y así garantizar un nivel de limpieza aceptable en la ciudad.

**Acciones propuestas para reducción en la producción de desechos sólidos en las escuelas:**

- Prohibición del uso de envases desechables en los cafetines situados en el interior de los centros escolares.
- Utilización adecuada de los cuadernos y utilización del papel en ambos lados
- Incentivar la separación de los materiales reciclables y orgánicos.
- Lanzar campañas de reciclaje de productos plásticos, papel y de latas.

- Que los maestros incluyan en sus planes de estudio, temas relativos al adecuado manejo y tratamiento de los desechos sólidos, explicando los perjuicios que se generan por un tratamiento inadecuado de estos, y combinando estas actividades con materiales gráficos y prácticas de campo sobre como elaborar compost a base de las hojas de los arboles, así como concursos que incentiven la creación de iniciativas sobre el manejo de los desechos sólidos.
- Realizar campañas de concientización pública para la disminución de la producción de desechos sólidos y la concientización ambiental de la comunidad en general para la aplicación de las 3R: Reducción en el origen, reutilización y reciclaje.

**Acciones propuestas para reducción en la producción de desechos sólidos a nivel de la Alcaldía Municipal:**

- Identificar las prioridades y las deficiencias del sistema de recolección de desechos sólidos en cada una de las comunidades.
- Involucramiento de los miembros del consejo municipal en el plan de gestión de desechos sólidos para que puedan generar los reglamentos y ordenanzas necesarios para su adecuada implementación.
- Creación de ordenanzas municipales que garanticen la viabilidad económica del programa de gestión de desechos sólidos.
- Promover campañas de limpieza en predios baldíos y espacios públicos.
- Convocar a los habitantes del área urbana de Quezaltepeque a que realicen actividades de protección ambiental que incluyan limpieza de zonas verdes y aceras de las colonias.
- Promoción de campañas de concientización en forma conjunta con los centros escolares para la reducción de la producción de DSU y de la aplicación de las 3R.

- Programación de charlas, en conjunto con autoridades de salud y ONG'S ambientalistas, dirigidas a la población del municipio en las que se discuta las implicaciones de los desechos sólidos en el deterioro de la salud de la población.

#### **4.4 Evaluación de alternativas**

De las diferentes alternativas propuestas se deben evaluar cada una de ellas según ciertos criterios que son considerados obligatorios. Dicha evaluación se realizará por medio de una tabla de decisión donde se toman en cuenta todos los criterios que debe cumplir la alternativa que se va a implementar.

##### **4.4.1. Criterios obligatorios**

Son aquellos criterios que para la implementación de una de las alternativas deben ser ineludibles, es decir, son características importantes que debe cumplir la opción que sea seleccionada para que se tome en cuenta su implementación.

Los criterios se presentan a continuación:

- **Integralidad de la alternativa**

La alternativa debe ser integral en el sentido de la funcionalidad de los elementos del sistema de gestión de los DSU, es decir, que cada elemento del sistema este interrelacionado. La alternativa seleccionada no debe limitarse a la generación, recolección y disposición final de los DSU.

- **Viabilidad para su implementación**

La alternativa seleccionada debe ser factible en cuanto su implementación dentro del municipio, es decir que ésta debe cumplir con diferentes condiciones que nos servirán de parámetro para saber si vale la pena llevarla a cabo, por ejemplo el equipo que se necesitará para llevarlo a cabo, saber si con las cantidades y composición de los DSU generados en el municipio vale la pena que la alternativa sea implementada. Una buena gestión de manejo de desechos sólidos necesita que los DSU generados sean aprovechados al máximo, el diseño de un sistema de gestión debe estar sujeto a las cantidades y caracterización de los DSU que se obtienen en el municipio.

- **Beneficios para el Municipio**

Este criterio está enfocado en el beneficio económico y ambiental para el municipio. Es importante saber si las alternativas existentes tienen el beneficio ambiental que se requiere, y además, también debe existir un beneficio económico. Para éste aspecto es importante evaluar las cantidades y clases de desechos que se generan y seleccionar la opción que mejor satisfaga dicha necesidad.

- **Disponibilidad de área específica**

Para llevar a cabo una opción se necesita un terreno disponible en el cual se puedan colocar los desechos generados y poder llevar a cabo su tratamiento, por ejemplo para un relleno sanitario o para una planta de compostaje (este análisis no se llevará a cabo en este documento, pero si se darán las dimensiones de los terrenos necesarios tanto para la planta de compostaje como para un relleno sanitario).

Tabla 4.1 Evaluación de alternativas

CRITERIOS	OPCIONES DISPONIBLES											
	Recolección y disposición de los desechos sólidos como se lleva a cabo actualmente		Planta de compostaje, unidad de reciclaje y relleno sanitario MIDE\$		Planta de compostaje, unidad de reciclaje y relleno sanitario municipal		Recolección, y disposición de los desechos sólidos en relleno sanitario propio					
	Inf.	Nivel de aceptación	plazo	Inf.	Nivel de aceptación	plazo	Inf.	Nivel de aceptación	plazo	Inf.	Nivel de aceptación	plazo
Obligatorios (ineludibles, medibles, realista)	Es integral	Alto	corto	Es integral	Alto	Largo	Es integral	Alto	Largo	Es integral	Alto	Mediano
Viabilidad del proceso	Es viable	Alto	Corto	Es viable	Alto	Largo	Es viable	Alto	Largo	Es viable	Alto	Mediano
Beneficio para el municipio	Sólo Ambiental	Bajo	Corto	Ambiental/ Económico	Medio	medio	Ambiental/ Económico	Alto	Largo	Ambiental/ económico	Medio	Mediano
Disponibilidad de terreno	No aplica	N/A	N/A	Existe terreno	Alto	Corto	Existe terreno	Alto	Corto	Existe terreno	Alto	Corto

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.1 se presenta la evaluación de cada criterio para todas las alternativas presentadas. Se puede observar que para la selección de la mejor alternativa, se evaluaron los criterios obligatorios de forma cualitativa, es decir, si cumple o no dicho criterio.

Basándonos en los resultados de la tabla anterior, vemos que la opción más viable es la de *“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario propio”*, esta propuesta posee dos alternativas o variantes, las cuales serán evaluadas de igual forma y bajo los mismos criterios para seleccionar la más viable para el municipio.

Tabla 4.2 Evaluación de las variantes de la propuesta seleccionada.

<b>CRITERIOS</b>	<i>“Recolección, transformación y disposición de los desechos sólidos (con separación) con planta de compostaje, unidad de reciclaje y disposición final en relleno sanitario propio”</i>					
	<b>Con separación en el origen</b>			<b>Con separación en unidad de clasificación</b>		
<b>Obligatorios (ineludibles, medibles, realista)</b>	<b>Inf.</b>	<b>Nivel de aceptación</b>	<b>plazo</b>	<b>Inf.</b>	<b>Nivel de aceptación</b>	<b>plazo</b>
Integralidad de la alternativa	Es integral	Alto	Largo	Es integral	Alto	Largo
Viabilidad del proceso	No es viable	Bajo	Largo	Es viable	Alto	Largo
Beneficio para el municipio	Ambiental/ Económico	Alto	Largo	Ambiental/ Económico	Alto	Largo
Disponibilidad de terreno	Existe terreno	Alto	Corto	Existe terreno	Alto	Corto

Fuente: elaboración propia.

Debido a que en la alternativa de separación en el origen, se requiere de la total colaboración de la población en general, se considera poco viable en el corto plazo, y que posee un nivel de aceptación bajo por la población ya que requiere un mayor esfuerzo de su parte para aplicarlo; por lo que la separación se hará en una unidad de clasificación y separación de los DSU.



**CAPÍTULO V:**  
**MODELO DE MANEJO**  
**INTEGRADO DE**  
**DESECHOS SÓLIDOS EN**  
**EL ÁREA URBANA DEL**  
**MUNICIPIO DE**  
**QUEZALTEPEQUE.**

### 5.1 Descripción del modelo

En el capítulo anterior se seleccionó como mejor alternativa para implementar, el modelo que incluye el relleno sanitario, la unidad de reciclaje y la planta de compostaje en conjunto, para fines del presente trabajo se tomará como opción la separación de los DSU en una unidad de separación y clasificación contigua a la planta de compostaje y relleno sanitario, por su practicidad y facilidad de implementación a corto plazo. De igual forma, a solicitud de la municipalidad se desarrollará un apartado con recomendaciones para la implementación de este sistema con separación en el origen que es el objetivo de la municipalidad a largo plazo.

El relleno sanitario servirá para disponer todos los tipos de desechos generados en la zona que no sean orgánicos o reciclables, ya que para éstos desechos se diseñará la planta de compostaje y una unidad de reciclaje donde se almacenarán para su posterior comercialización respectivamente. El relleno consiste en enterrar de manera ordenada y compacta los residuos sólidos para minimizar los impactos negativos al ambiente y a la población de la zona. Un relleno sanitario no permite que las personas estén en contacto con los desechos sólidos generados por ellos mismos, a su vez provee la posibilidad de dar tratamiento a los lixiviados que producen estos desechos.

La planta de compostaje es una de las técnicas más conocidas y se basa en la separación de la materia orgánica para su posterior tratamiento con el fin de obtener el compost o humus que sirve como abono y alimento al suelo. Existen diferentes tipos de compostaje, pero el que utilizaremos es el llamado “Compostaje de pilas o montículos” (método Indore) y se basa en la construcción de una pila formada por las diferentes materias primas, y en el que es importante mantener las condiciones óptimas para su buen

funcionamiento. Dichas condiciones son temperatura, pH, humedad, además de estar realizando un buen mezclado de los montículos para mantenerles la aireación necesaria para que los microorganismos actúen descomponiendo la materia orgánica.

El tercer componente es una unidad de reciclaje, en esta unidad no se le dará ningún tipo de tratamiento al material recolectado, únicamente se separarán los materiales y se clasificarán según su tipo y composición para ser posteriormente vendidos a las plantas procesadoras, para el manejo de esta unidad se requiere de personal capacitado que pueda identificar los diferentes tipos de materiales –especialmente entre los plásticos- para su correcta separación.

## **5.2 Aspectos administrativos**

Para un buen funcionamiento del sistema de gestión para el manejo de los desechos sólidos en el municipio, es necesario que los departamentos y/o unidades involucradas estén organizadas. La municipalidad debe considerar si tiene la capacidad de financiar totalmente el proyecto o si se debe conformar una sociedad de economía mixta en conjunto con los inversionistas privados, que se encargue de velar por el buen funcionamiento del sistema, además de darle el mantenimiento necesario al relleno sanitario y a la planta de compostaje.

Es importante la participación e involucramiento de personas que representen a diferentes sectores de la sociedad civil para una mayor colaboración de ésta en el desarrollo de todo el plan, y colocar el personal necesario para darle el mantenimiento operativo tanto al relleno sanitario como a la planta de compostaje.

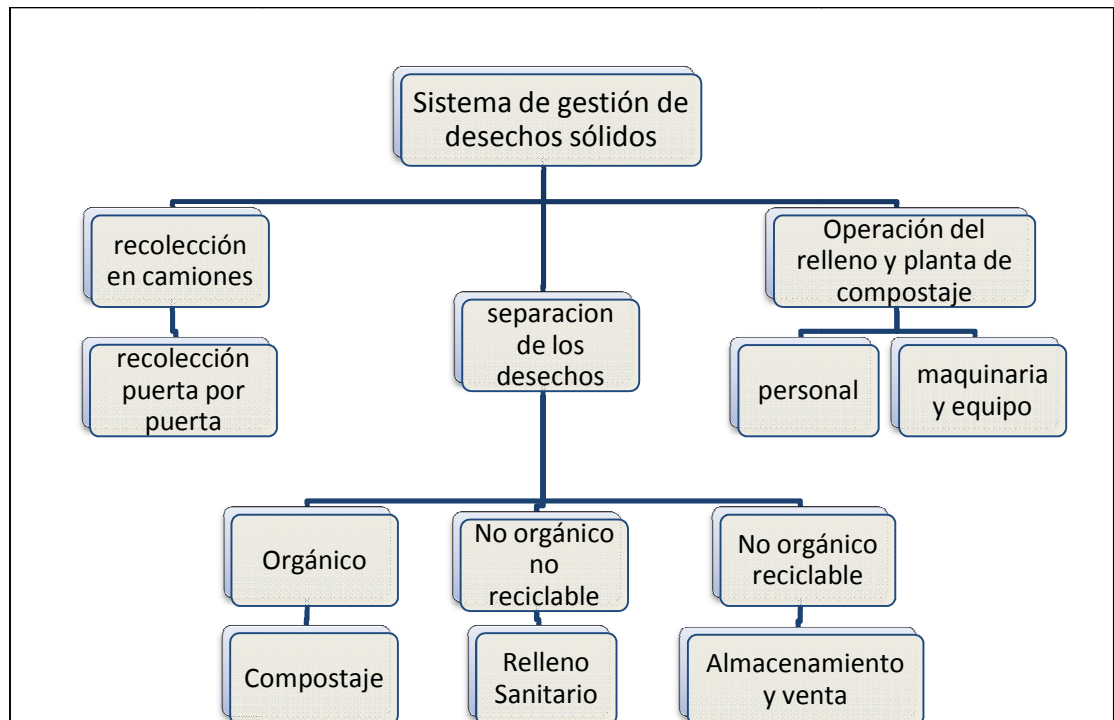
### **5.2.1 Funciones de la municipalidad para la Gestión de Desechos Sólidos.**

Dentro de las funciones que la municipalidad debe tener están:

- Velar porque la recolección se realice con el número de camiones estipulados con sus respectivos motoristas y sus ayudantes, los horarios establecidos y el número de veces por semana que se recolectará, además de asegurarse que los desechos sean transportados y depositados en el lugar indicado entre el relleno sanitario y la planta de compostaje para su posterior tratamiento.
- Asegurarse que la separación de los desechos orgánicos y no orgánicos se realice de una manera efectiva. Para ello es necesario un número de personas determinadas para dicha separación para luego transportar los desechos hacia las áreas de tratamiento respectivas. Estas personas necesitan del equipo adecuado para clasificar los desechos en orgánicos y no orgánicos.
- Como tercer función, es la operación y el mantenimiento del relleno sanitario y la planta de compostaje. Para la planta de compostaje es necesario un número de personas determinadas, para formar los montones de desechos, homogenizarlos y mezclarlos periódicamente para que exista la aireación necesaria. Para el relleno sanitario, es necesario tener personal encargado de colocar los desechos en las zanjas, compactarlos y rellenarlos con las capas de tierra necesaria (formación de celdas).

En la figura 5.1 se presenta un diagrama con las funciones de la municipalidad en cuanto a la gestión de los desechos sólidos conformada por las diferentes gerencias y/o unidades involucradas.

Figura 5.1 Funciones del sistema de gestión de desechos sólidos



FUENTE: Elaboración Propia

### 5.2.2 Personal necesario para el sistema

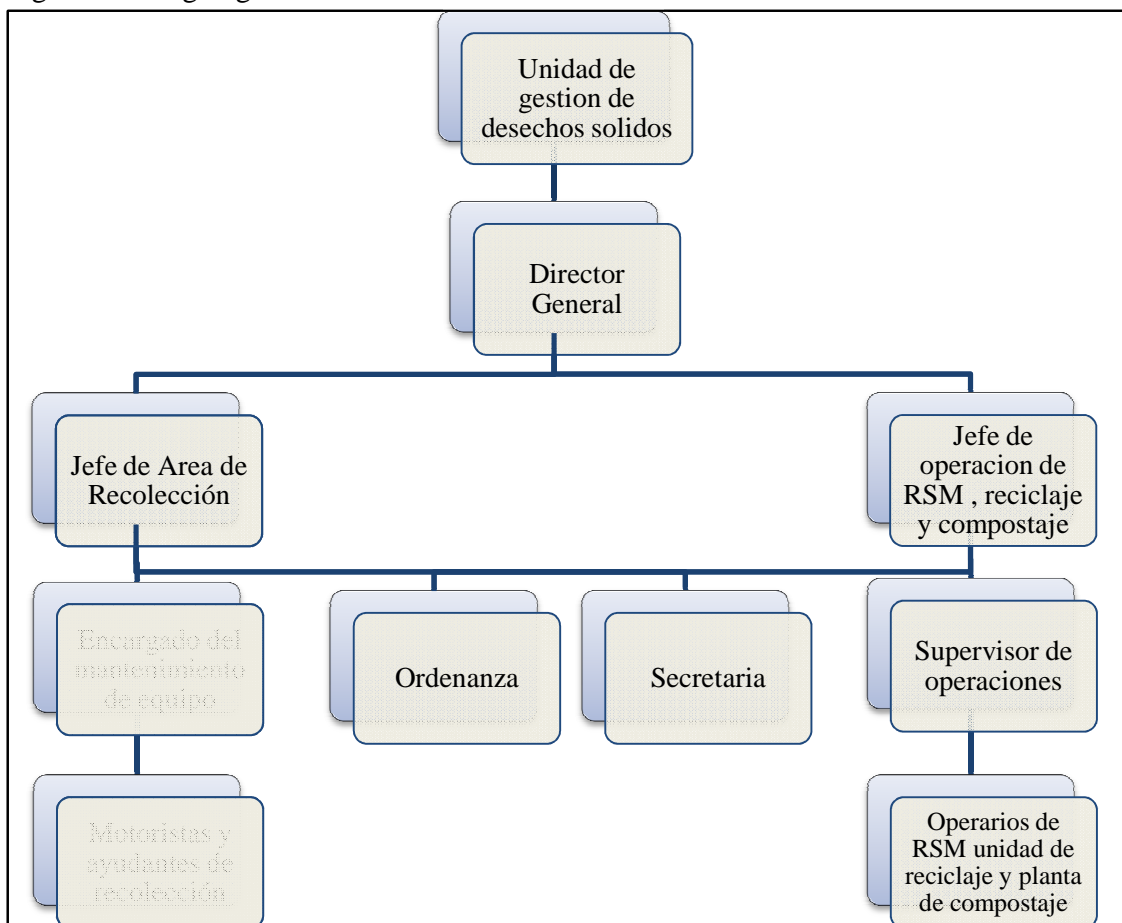
Es importante saber la cantidad necesaria de trabajadores encargados del funcionamiento de todo el sistema (ver cálculo de personal requerido en tabla 5.2). La unidad de gestión de desechos debe estar conformada por personas encargadas de coordinar y supervisar toda la operación, debe haber un número de personas necesarias encargadas de la recolección, dentro de ellos están los motoristas de los camiones y los ayudantes respectivos de cada uno.

Debe haber un personal capacitado encargado del funcionamiento y mantenimiento de la planta de compostaje y del relleno sanitario, además de las personas encargadas de

realizar la separación de los desechos y el supervisor encargado de dirigir y organizar a dicho personal. Además es importante definir los días laborales de las personas y sus horarios respectivos.

En la Figura 5.2 se presenta el organigrama propuesto para la nueva unidad de gestión de desechos sólidos, también se encuentra el personal que conformará a todo el departamento de Gestión de Desechos Sólidos y a continuación se describe brevemente las funciones de cada uno de ellos.

Figura 5.2 Organigrama de la Unidad de Gestión de Desechos Sólidos



FUENTE: Elaboración propia

- **Director General:** Encargado de organizar y dirigir toda la operación y mantenimiento del sistema, cubriendo las áreas de recolección, mantenimiento de equipos, operación del relleno sanitario y planta de compostaje. Este director debe tener contacto directo con el jefe de recolección y el jefe de operación; además tiene la función de ser la persona de contacto con la alta gerencia de la municipalidad para discutir algún problema en cuestión.
- **Jefe del área de recolección:** su función es de organizar y dirigir el sistema de recolección, las rutas de los camiones, los horarios y de velar por el buen mantenimiento de los camiones usados para la recolección. Esta persona debe tener contacto directo con el encargado del mantenimiento de los equipos.
- **Jefe de Operación de Planta de Compostaje, unidad de reciclaje y Relleno Sanitario:** Su función es la de dirigir toda la operación desde la separación de los desechos hasta el tratamiento respectivo del material orgánico y no orgánico, además de velar por que todos los trabajadores de las plantas tengan el equipo y material necesario para realizar dicha labor. Esta persona debe tener contacto directo con el supervisor de la planta de compostaje y del relleno sanitario.
- **Encargado del mantenimiento de equipos:** Su función es darle el mantenimiento respectivo a los camiones de recolección, para esto cada camión tendrá un día específico a la semana para su respectiva revisión.
- **Supervisor de operación:** Su función es la de dirigir y supervisar que la operación se realice de acuerdo a los procesos de trabajo del relleno sanitario y de la planta de compostaje.

- **Motoristas y Ayudantes:** son los encargados específicos de hacer la recolección de todos los desechos sólidos en el área urbana del municipio.
- **Secretaria:** Su función es la de llevar el control de los informes y las bitácoras, reclamos y diversos trabajos administrativos.
- **Ordenanza:** Encargado de la limpieza de oficinas, compras de material para las mismas, distribuir correspondencia, etc.
- **Operarios de la planta de compostaje, unidad de reciclaje y relleno sanitario:** Son los encargados de realizar la separación de los desechos en el área específica, de la separación de los DSU en orgánicos, inorgánicos reciclables e inorgánicos no reciclables, de la formación de los montones e hileras en la planta de compostaje, además del volteo y homogenización y de la formación de las celdas del relleno sanitario, además de su compactación y su recubrimiento.

La tabla 5.1 indica la escala probable de los requerimientos de mano de obra en rellenos sanitarios en América Latina para diferentes cantidades de población, con un valor de producción per cápita determinado.

La tabla 5.1 es un ejemplo de los requerimientos de personal en rellenos sanitarios para poblaciones determinadas, con un valor de producción per cápita de 0.5 kg / hab.\*día. En el caso del municipio de Quezaltepeque se tiene una población servida estimada de aproximadamente 37,662 habitantes y un valor per cápita de 0.59 kg / hab.\*día, que son datos similares a la tabla 5.1. Podríamos concluir que la mano de obra necesaria es de 8 personas encargadas del mantenimiento y funcionamiento del relleno sanitario, en la



colocación de las capas de basura, su compactación y en la colocación de las capas de recubrimiento.

Tabla 5.1 Requerimientos de mano de obra para rellenos sanitarios en Latinoamérica

<b>Población</b>	<b>Ton / día Valor de Producción Per Cápita de 0.5 kg / hab.*día</b>	<b>Personal Necesario</b>
20,000 habitantes	10	4
50,000 habitantes	25	10
100,000 habitantes	50	19

FUENTE: cepis.ops-oms

Para la planta de compostaje, se necesitan cuatro personas encargadas de su mantenimiento, para la formación de los montones en sus hileras respectivas, el volteo y aireación de los mismos. Es importante mencionar que se necesitan cuatro personas adicionales en el área donde se hará la separación de los desechos para luego ser trasladados hacia el área de la planta de compostaje y del relleno sanitario. Además será necesario tener a un Supervisor como persona capacitada de dirigir la operación en las áreas de trabajo de separación, planta de compostaje y relleno sanitario.

Para la recolección, también es necesario un número de personas determinadas, éstas son los motoristas y sus respectivos ayudantes, dicho cálculo se demuestra detalladamente más adelante. Además se requiere de vigilancia en el área de trabajo para evitar cualquier tipo de problema con personas ajenas al lugar que no estén autorizadas de ingresar a la zona de la planta de compostaje y del relleno sanitario. En la tabla 5.2, se presenta el personal necesario para cada área de trabajo, además de los días laborales y los horarios respectivos.

Tabla 5.2 Personal necesario en cada área de trabajo

<b>Área de Trabajo</b>	<b># Personas</b>	<b>Supervisor</b>	<b>Días Laborales</b>	<b>Horas Laborales</b>
Área Administrativa	1	1	6 días	8 horas
Recolección	37		6 días	8 horas
Planta Compostaje	4	2	6 días	8 horas
Relleno Sanitario	8		6 días	8 horas
Área de Separación	4		6 días	8 horas
Vigilancia	2		6 días	8 horas

FUENTE: Elaboración propia

### 5.3 Aspectos técnicos/operativos

#### 5.3.1 Generación

En los datos proporcionados por la municipalidad de la cuantificación y el estudio realizado de la caracterización de los desechos sólidos en el municipio, se determinó a partir de los resultados obtenidos, una producción per cápita de basura promedio de 0.59 kg/hab.\*día y también se obtuvo que un promedio de 66.88 % de los desechos generados por la población son orgánicos, un 27.81 % de plástico, vidrio, metales y otros materiales reciclables, y el resto es un bajo porcentaje de materiales inorgánicos no reciclables.

Dentro del diseño de la planta de compostaje, la unidad de reciclaje y el relleno sanitario no se tomarán alguna alternativa de reducción en la generación de los desechos por parte de los pobladores ni algún tipo de separación de los desechos en las viviendas. Dicho diseño está en base a las cantidades cuantificadas en los registros de deposición en el relleno sanitario de MIDES que posee la municipalidad y a la caracterización que se

llevó a cabo; de ésta manera se calcularán las áreas de trabajo para cada alternativa y el personal necesario para el mantenimiento y la operación de cada una de ellas.

En la tabla 5.3 se presentan las estimaciones de generación de DSU para el municipio de Quezaltepeque para los próximos 20 años

Tabla 5.3 estimación de población y generación de DSU para Quezaltepeque.

Año	Población estimada (hab.)	Producción Hab./día	Prod. diaria estimada (Ton/día)	Fracción orgánica (Ton/día)
2007	36166	0,59	21,34	14,27
2008	36658	0,59	21,63	14,46
2009	37156	0,59	21,92	14,66
2010	37662	0,59	22,22	14,86
2011	38174	0,59	22,52	15,06
2012	38693	0,59	22,83	15,27
2013	39219	0,59	23,14	15,48
2014	39753	0,59	23,45	15,69
2015	40293	0,59	23,77	15,90
2016	40841	0,59	24,10	16,12
2017	41397	0,59	24,42	16,33
2018	41960	0,59	24,76	16,56
2019	42530	0,59	25,09	16,78
2020	43109	0,59	25,43	17,01
2021	43695	0,59	25,78	17,24
2022	44289	0,59	26,13	17,48
2023	44892	0,59	26,49	17,71
2024	45502	0,59	26,85	17,95
2025	46121	0,59	27,21	18,20
2026	46748	0,59	27,58	18,45
2027	47384	0,59	27,96	18,70
2028	48029	0,59	28,34	18,95
2029	48682	0,59	28,72	19,21
2030	49344	0,59	29,11	19,47

Fuente: Elaboración propia

### **5.3.2 Almacenamiento en el origen**

El tipo de almacenamiento de los desechos sólidos que se realiza en las viviendas de los pobladores de la zona no se modificará para el sistema que se pretende implementar. Ésto es debido a que los camiones recolectores se llevarán todos los desechos generados hacia un punto en común de donde se separarán y se clasificarán para ser transportados a su sitio respectivo de tratamiento.

Los recipientes que se utilizarán serán básicamente los mismos que actualmente se utilizan, por ejemplo bolsas plásticas, recipientes plásticos, recipientes metálicos, sacos, y otros. El almacenamiento que se da usualmente en las casas es en los patios de una forma aislada para evitar malos olores y en espera a que pase el camión recolector respectivo para cada una de las zonas en las que se ha dividido el área urbana del municipio.

Otro aspecto a considerar en este punto es la educación ambiental de la población en el largo plazo, se requerirá de la participación ciudadana para cambiar sus hábitos de generación, separación y disposición de los desechos sólidos en el hogar.

### **5.3.3 Transferencia**

Se entenderá como transferencia el proceso de recolección y traslado de los desechos sólidos desde su punto de almacenamiento domiciliar hacia el camión recolector.

En general y en la medida que las condiciones lo permitan, la transferencia de los desechos sólidos se pretende continuar bajo el sistema de recolección casa por casa con el objetivo de evitar la necesidad de los colectores temporales que en el pasado demostraron ser poco funcionales.

La problemática a solucionar con este sistema de recolección es en 6 colonias en las cuales se ha determinado que cerca del 80% permanecen vacías durante el día, lo que obliga a los habitantes dejar los desechos sólidos producidos en las aceras expuestas a los animales (principalmente perros callejeros).

Por la ubicación y distribución de estas colonias se vuelve infactible el hacer una redistribución de las rutas de forma tal que el servicio de recolección se dé más temprano en estas.

Se tienen dos opciones para solventar esta problemática: ampliar los horarios de recolección, de forma tal que estas colonias puedan ser atendidas en las primeras horas del día (5:00 – 7:00 a.m.) o en horas de la noche (6:00 – 7:00 p.m.), ampliando el horario de atención en dos horas, ya que el horario actual es de (6:00 a.m. a 6:00 p.m.) y garantizando que a esta hora el camión recolector ya se encuentre en ruta.

La segunda opción es la fabricación o compra de contenedores móviles que serían distribuidos y custodiados por empleados de aseo público, los cuáles serían colocados en estas colonias ya sea en la mañana o por la

noche por un periodo de tiempo no mayor a dos horas por día en cada localidad, manteniendo la frecuencia de servicio en 3 veces por semana; luego de recolectados los desechos domiciliarios, un camión se encargaría de llegar a retirar el contenedor.

### **Equipamiento:**

Para cada empleado del servicio de aseo público se le deberá brindar el siguiente equipamiento: 5 uniformes, 2 capa para lluvias, 6 pares de guantes, 4 par de zapatos y 12 mascarillas, por año; cuyos costos serán absorbidos en su totalidad por la municipalidad y los cuales se detallan en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Costos de equipamiento del personal de limpieza.

<b>Concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>N° de trabajadores abastecidos</b>	<b>Coste Dólares/unidad</b>	<b>Frecuencia de entrega</b>	<b>Coste Anual</b>
Zapatos	Par	30	\$ 40.00	4 pares al año	\$ 4,800.00
Capas de lluvia	Traje de 2 piezas	37	\$ 20.00	2 trajes al año	\$1,480.00
Uniformes	Traje de 2 piezas	37	\$ 35.00	5 trajes al año	\$ 6,475.00
Guantes	Par	30	\$12.00	6 pares al año	\$ 2,160.00
Mascarillas	Unidad	37	\$ 1.00	12 al año	\$ 444.00

Fuente: Elaboración propia

Además los camiones recolectores deben poseer una campana que anuncie a los habitantes de las zonas atendidas, la presencia de este para que

saquen y entreguen los DSU al camión recolector así como 1 pala pequeña redonda con mango corto, 1 escoba pequeña de fibra natural o plástica.

**Personal:**

El personal necesario para brindar el servicio de recolección se tendrá que ver incrementado en la medida que se agreguen las nuevas zonas de recolección determinadas.

Se propone continuar con la distribución actual de empleados en los camiones recolectores de un motorista y dos mozos para los camiones compactadores y un motorista y tres mozos para los camiones de volteo.

A corto plazo, la municipalidad no tiene la intención de incrementar las áreas de barrido de calles, y ha solicitado que éstas se mantengan únicamente en el casco urbano antiguo (centro histórico y barrios de la ciudad).

El personal de recolección se tendrá que incrementar a 40 empleados, adicionando un grupo de recolección extra para atender a las 2 zonas que han sido creadas, quedando de la siguiente forma: 1 supervisor, 1 encargado del área administrativa, 1 mecánico, 14 barrenderos, 7 motoristas y 16 mozos; mientras que el personal del relleno sanitario constara de 22 integrantes conformados de la siguiente manera: 4 encargados de la planta de compostaje, 4 encargados de la separación de DSU y unidad de reciclaje, 8 encargados del relleno sanitario, 2 supervisores, 2 vigilantes, una secretaria y un ordenanza.

Todo el personal deberá poseer los beneficios del seguro social, garantizando el acceso a las consultas médicas y a la indemnización de 75% por incapacidad médica, queda a discreción de la municipalidad la implementación de revisiones periódicas de la salud de sus empleados de aseo.

Todo el personal de la sección de aseo está sujeto a variaciones en sus horarios de jornada laboral y días de descanso, dada las características propias del trabajo que con ellos se ejecuta.

#### **5.3.4 Recolección y separación**

Dentro de la gestión de DSU, la recolección constituye la fase de mayor envergadura y en algunos aspectos la más importante. Es el proceso más familiar para la mayoría de los habitantes, la actividad que más afecta a la población si deja de funcionar y suele representar un 70-90% de los costes de la gestión completa de los desechos. En Quezaltepeque, la recolección de desechos es la única parte que se lleva a cabo dentro de la gestión y representa aproximadamente el 25% del presupuesto municipal.

#### **Prioridad de mejoras de las deficiencias en la recolección de DSU**

Los criterios de prioridad para la mejora de las deficiencias observadas en el servicio de recolección de desechos sólidos, se establece según el tiempo de ejecución previsible y la urgencia de mejora del servicio que los ciudadanos perciben.



#### **5.3.4.1 Determinación de las nuevas zonas e itinerarios de recolección de desechos sólidos.**

Teniendo ya determinado el equipamiento y el personal necesario para dar cobertura a las nuevas comunidades, es necesario el determinar las nuevas zonas a atender, como se observó en el capítulo III actualmente Quezaltepeque está dividido en 4 zonas de recolección, la presente tesis recomendará la creación de las nuevas zonas a atender.

En el Anexo 5 se señalan las actuales y nuevas zonas de recolección de desechos sólidos, escogidas en base a los proyectos urbanísticos aprobados y en base a las comunidades actuales que no reciben el servicio de recolección de desechos sólidos.

El detalle de las nuevas rutas no se tocará a fondo por ser un proceso de prueba y error que requiere cierta experiencia y sobre todo tiempo para su optimización e implementación, además del hecho que la construcción de algunos proyectos urbanísticos aun no se ha iniciado y sus planos finales aun no se han agregado al mapa del municipio, pero sin embargo para su diseño se puede definir algunos criterios generales que se tienen que tomar en cuenta:

- Aprovechamiento de la capacidad de los vehículos recolectores.
- Aprovechar al máximo la jornada de trabajo del personal.
- Las rutas deben ser trazadas de tal manera que el último recipiente o contenedor de la ruta esté ubicado lo más cerca posible del sitio de disposición final.
- Se debe cubrir a toda la población que habita la zona que se está atendiendo.

- De ser posible trazar las rutas de tal forma que estas inicien y terminen cerca de arterias principales, utilizando barreras topográficas y naturales como límites de la ruta.
- Reducir al mínimo los periodos improductivos sin recolección.
- En áreas con topografía accidentada, las rutas deben de comenzar en el punto más alto y luego comenzar a bajar.

La actual propuesta es incrementar a 6 zonas de recolección de desechos sólidos en el municipio como se detalla en la figura 5.3 (ver en Anexo 5 el mapa ampliado), en cada zona se debe efectuar un estudio para la diagramación general de la ruta de recolección y luego efectuar subdiagramas para cada barrio o colonia atendido; por motivos de tiempo, en este documento sólo se dará el orden general de la ruta de recolección en cada una de las 6 zonas.

Tabla 5.5 Horarios de recolección domiciliar propuestos para el nuevo sistema

<b>ZONA</b>	<b>DIAS DE RECOLECCION</b>	<b>HORARIO DE RECOLECCION</b>
# 1	LUNES, MIERCOLES Y VIERNES	12:00 m a 07:00 pm
# 2	MARTES, JUEVES Y SABADO	12:00 m a 07:00 pm
# 3	LUNES, MIERCOLES Y VIERNES	05:00 am a 12:00 m
# 4	MARTES, JUEVES Y SABADO	05:00 am a 12:00 m
# 5	LUNES, MIERCOLES Y VIERNES	05:00 am a 12:00 m
# 6	MARTES, JUEVES Y SABADO	05:00 am a 12:00 m

Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque, adaptado por Br. Mario Herbert Echeverría

Cada zona contendrá los asentamientos que ya existen, pero se adecuarán para agregar aquellos que actualmente cuentan con permiso de desarrollo, pero que aún no han sido iniciados.

En la sección recolección de desechos sólidos se tendrán 2 horarios para desarrollar la jornada laboral:

1°= 05:00 a.m. a 12:00 m.

2°= 12:00 m a 07:00 p.m.

Las tablas 5.6 y 5.7 muestran el orden primario de las rutas de recolección propuestas, cada zona ha sido estudiada y diagramada de la forma más eficiente posible tomando en cuenta diversos aspectos tales como sentido de las calles y/o avenidas, centros educativos en la zona de atención, etc. y se ha representado en una tabla tomando como guía de la ruta el orden correlativo que se ha dispuesto para cada una de las 6 zonas a atender.

Las zonas 1, 2, 3 y 4 son las ya establecidas, mientras que las zonas 5 y 6 son las que se desarrollarían, las comunidades ahí descritas son las ya existentes o en proceso de construcción, pero en ambas áreas geográficas existen proyectos futuros, los cuales ya cuentan con los permisos ambientales y municipales, y por tanto deberán ser agregados a su debido tiempo.

Tabla 5.6 Rutas primarias de recolección de DSU de las zonas 1, 2 y 3.

N°	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3
	RUTA	RUTA	RUTA
1	Alcaldía Municipal	Alcaldía Municipal	2ª calle poniente
2	Av. 3 de mayo	7º Calle oriente	10ª avenida sur
3	5ª Calle poniente	Valle El Quetzal	6ª calle poniente
4	7ª calle Poniente	Colonia San Ramón	10ª Avenida norte
5	9ª Calle Pte. (1ª parte)	Kínder Nacional	Bachillerato
6	Cementerio General	Pasaje Escalante	Urbanización Primavera
7	Esc. José D. Larreynaga	Boulevard Mons. Romero	Colonia Torres (1ª pate)
8	Avenida Delgado	Gasolinera Shell	6ª Avenida sur
9	7ª Calle poniente	Urb. Villa palmeras	9ª calle poniente
10	1ª Av. Norte	Res. Florida	4ª avenida sur
11	9ª calle Oriente (final)	Urbanización Las Palmeras	Col. Torres (2ª parte)
12	Col. El Lirio N° 3	Urb. El Rosal II	6ª Av. Sur
13	Col. 21 de Nov.	Rosal IV	8ª Av. sur y norte
14	Col. Las Crucitas	Urbanización La Esperanza	9ª calle poniente
15	Pje. las crucitas	Colonia El Huerto	7ª calle poniente
16	Calle CA1-A	Calle los Naranjos	Colonia Santa Emilia
17	Col. Las palmiras	Calle San Judas (Ppal.)	Pasaje Palacios
18	Residencial el parque	Residencial el Paraíso	Col. Sta. Cristina II
19	Av. 3 de mayo (2ª parte)	Pasaje El Lirio	Col. Valenzuela (5ª c. Pte.)
20	Avenida Delgado	Residencial El Lirio	Colonia San José
21	Avenida Independencia	Col. El Quetzal	Colonia Las Brisas
22	1ª Av. Norte	Calle Los Pepetos	Colonia Santa Bárbara
23	6ª calle oriente	Calle los Amates	Esc. Emilia Mercher
24	3ª Av. Norte	Calle CA1-A	Parcelaciones Villa Linda
25	4ª calle Ote.	Gasolinera Texas Gas	Calle Urrutia
26	1ª Avenida Norte	Colonia San Felipe	1ª calle poniente
27	1ª Avenida Sur	Res. Bella Granada	
28	Calle Emilia Mercher	Colonia San Judas	
29	Calle vieja		
30	2ª calle oriente		
31	2ª calle poniente		
32	Calle Urrutia		
33	2ª Av. Sur		
34	1ª calle pte. y 1ª Calle Ote.		
35	1ª Av. Sur		
36	3ª Calle Ote. y 3ª Calle Pte.		
37	1ª calle poniente		
38	4ª Av. Sur		
39	5ª calle Oriente		
40	Unidad de Salud		

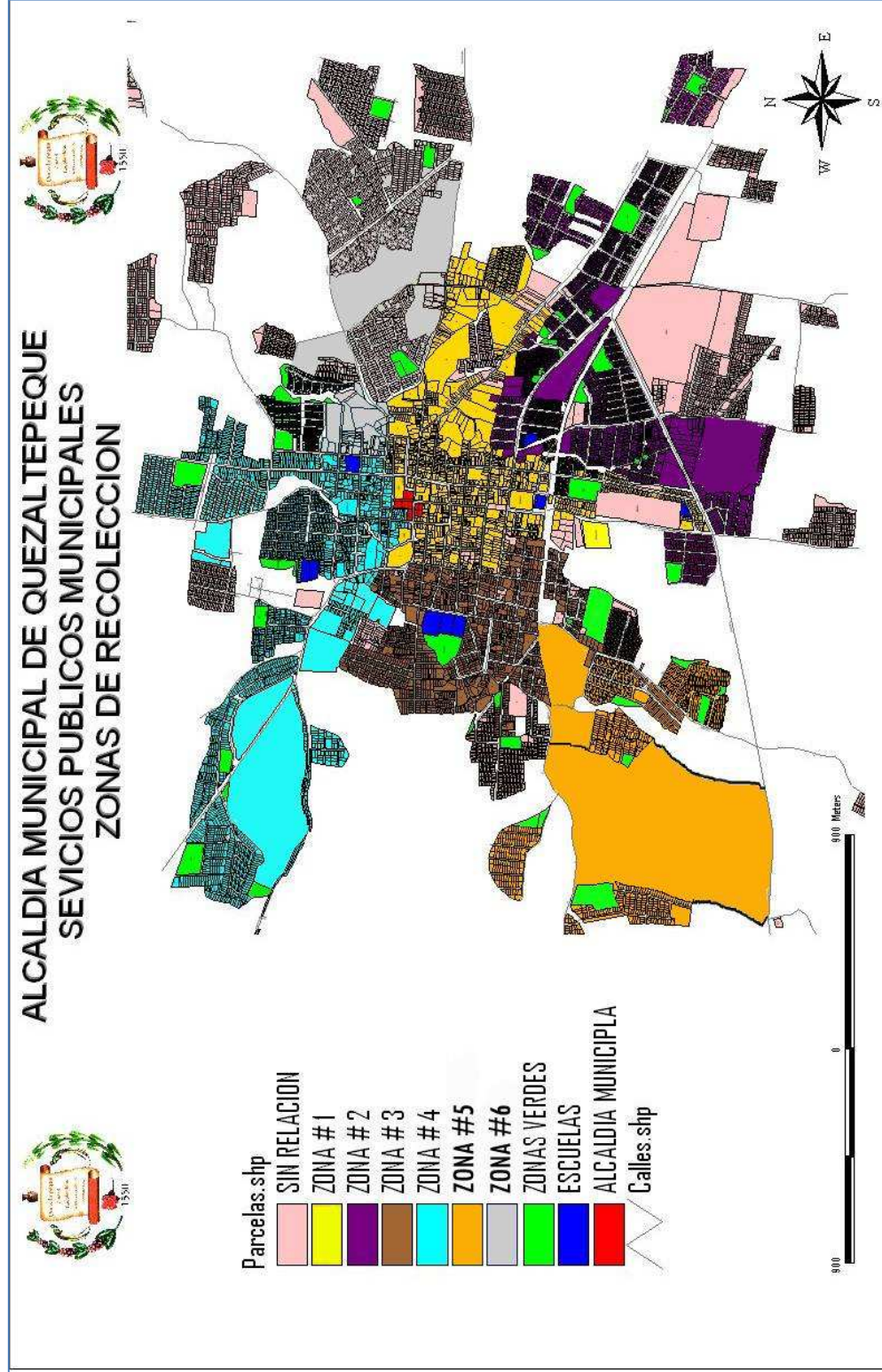
Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

Tabla 5.7 Rutas primarias de recolección de DSU de las zonas 4, 5 y 6.

N°	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6
	RUTA	RUTA	RUTA
1	2ª Av. Sur	Av. Independencia	Calle a Primavera (Arenera)
2	6ª calle poniente	14ª Calle Poniente	Calle a la Ceiba de la Chin
3	6ª Av. norte	Colonia Los Girasoles	Urb. Bosques del Valle
4	10ª calle poniente	Colonia Las Palmas	Primavera Abajo
5	Pasaje Quezaltepec	Colonia Morell	Villa Pamplona
6	2ª Av. norte	Colonia Santa Cruz	Res. Salazar Romero
7	8ª calle poniente	Calle a Girón	Lot las Azucenas
8	Pje. Herrera	Colonia San Felipe	Lot ferrocarril
9	Av. nueva	Col. Los Izotes	Calle Antigua
10	10ª calle pte. y 10ª C Ote.	Col. El Rosal	Col. San Rafael II
11	12ª calle ote. y 12ª calle Pte.	Pje. los Almendros	Col Santa María
12	1ª Av. Norte	Col. El Bosque	
13	Colonia San José	2ª Calle Oriente (Final)	
14	8ª calle oriente	Santa Rosa	
15	Av. Independencia	Santa Rosita	
16	12ª calle poniente	Calle Principal (Sta. Rosa)	
17	Avenida Nueva	Col. La Esperanza	
18	Colonia San Jacinto	Calle Saúl Díaz (Penal)	
19	Pasaje Quezaltepec	Lot San Francisco	
20	Esc. Miguel Ángel García		
21	Escuela Nueva		
22	Colonia Murillo		
23	Colonia San José		
24	Colonia Estanzuela I		
25	Colonia Estanzuela N° II		
26	Col. Sta. Mónica		
27	Esc. Sta. Mónica		
28	Caserío San Fernando		
29	Lotificación el Trébol		
30	Lotificación Antonieta		

Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepec, adaptado por Br. Mario Herbert Echeverría

Figura 5.3 zonas de recolección de DSU propuestas



Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque, adaptado por Br. Mario Herbert Echeverría López

### **Pasos para el trazado de rutas.**

Para iniciar el diseño de las rutas es conveniente dividir la ciudad o área de interés en zonas, las zonas en sectores y los sectores en rutas de recolección, los pasos a seguir son:

- Preparar los mapas del área de interés mostrando datos e información relativa a las fuentes de generación.
- Análisis de los datos y preparación de cuadros resumen de la información.
- Trazado preliminar de rutas.
- Comparación de las rutas preliminares y el desarrollo de las rutas balanceadas por prueba y error.

#### **5.3.4.2 Control y monitoreo del sistema de recolección**

No basta con diseñar un buen sistema de recolección, si no hay que tener en cuenta un buen sistema de control que garantice la operación de acuerdo a lo estipulado, que permita detectar y corregir problemas cuando estos ocurren, responder adecuadamente a las emergencias y dar un servicio de calidad a los usuarios. Para ello es necesario que se controlen algunos factores que afectan al servicio:

- Cobertura diaria del servicio.
- Carga del vehículo.
- Tiempo
- Costos.

**Cobertura diaria del servicio:** Es necesario verificar que se cumple con el programa de rutas diario. Para ello es necesario que exista un supervisor de rutas que verifique que se está dando la cobertura estipulada y en caso de emergencia (reparación de calles,

instalación de tuberías, construcción de calles, etc.) diseñar rutas alternas, además que garantice el mantenimiento periódico a las unidades para evitar desperfectos mecánicos.

**Carga del vehículo:** Otro parámetro que hay que controlar es la carga del vehículo recolector. Si el vehículo al final de su ruta de recolección no está completamente lleno se debe rediseñar la ruta de recolección para hacer uso de toda su capacidad de carga.

**Tiempo:** Es importante controlar el tiempo empleado durante todo el proceso de recolección para reducir las ineficiencias y los tiempos de no recolección que son causados por falta de responsabilidad de los operarios.

**Costos:** El responsable del sistema de recolección deberá tener un control sobre los costos de la operación del mismo y detectar posibles problemas y sugerir cambios en la operación del sistema.

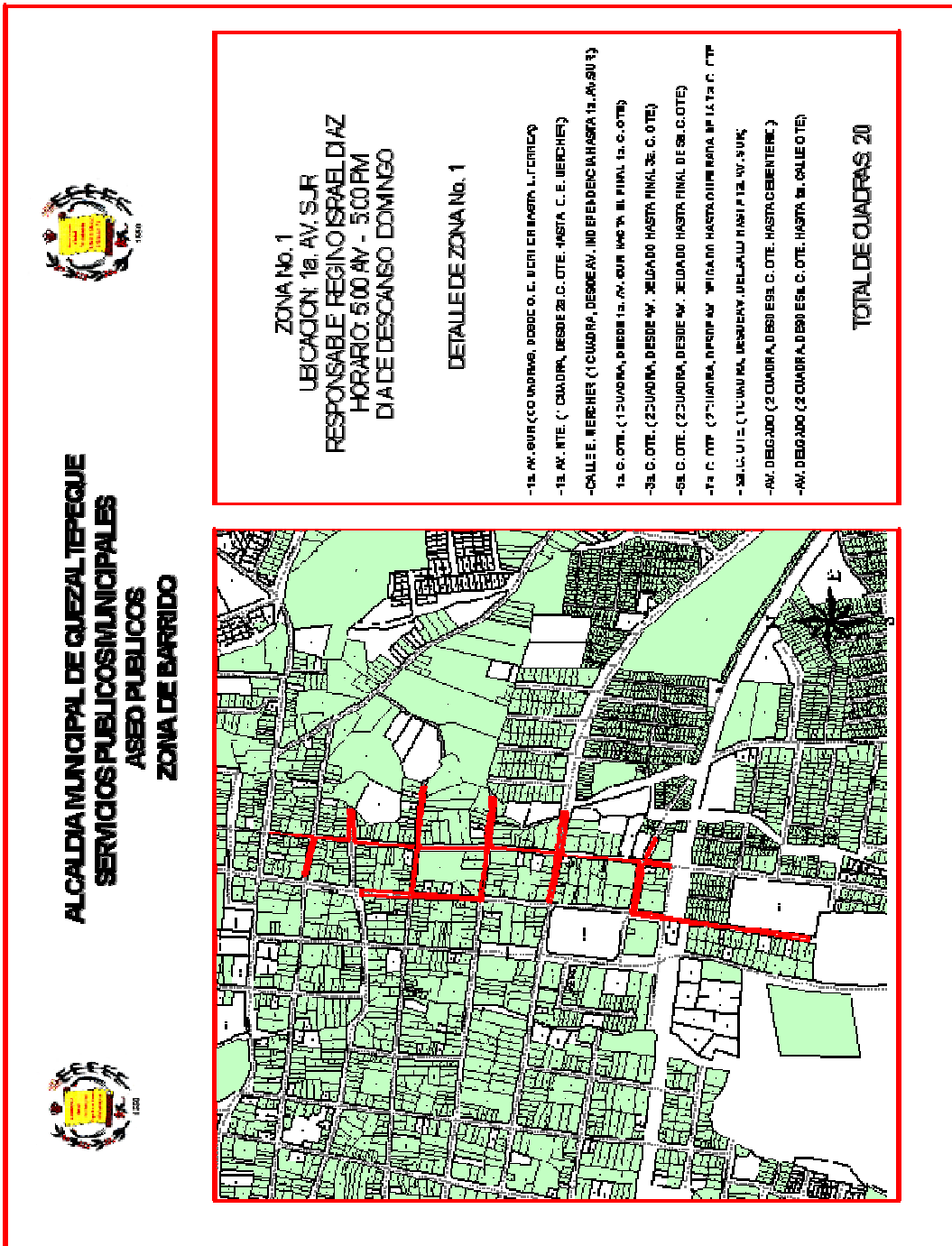
#### **5.3.4.3 Barrido de calles**

Por solicitud de la municipalidad, no se pretenderá la ampliación de áreas de barrido de calles, ya que esto incrementaría los costos de operación de la municipalidad agravando la ya crítica situación de déficit presupuestario que posee el área de aseo público.

Se tendrán 12 zonas de barrido de calles, incluyendo el “Parque Norberto Morán” y el “Mercado Municipal”, las figuras 5.4 – 5.15 muestran el mapa de barrido general y presentan en detalle cada una de las zonas atendidas.

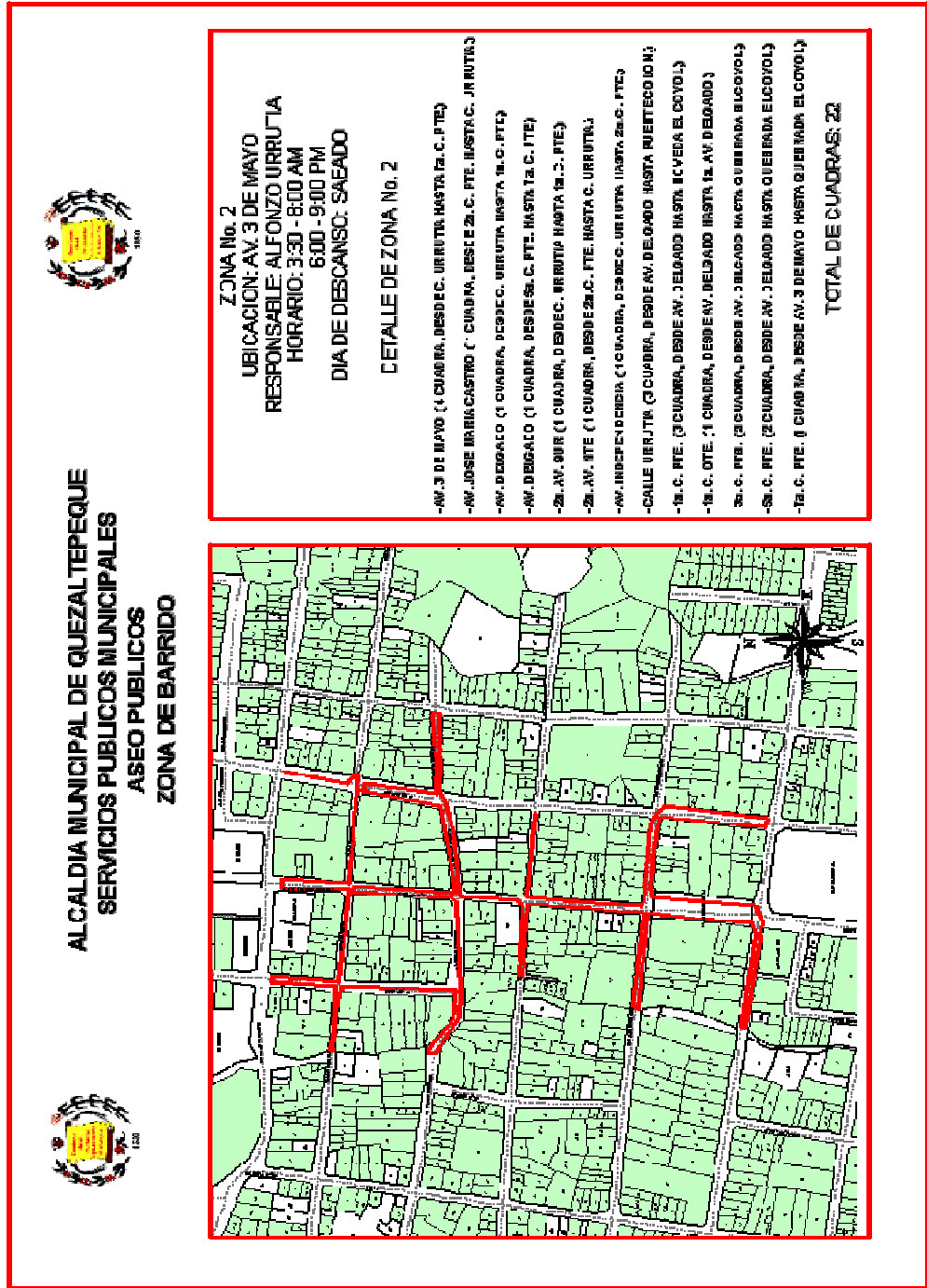


Figura 5.4 zona 1 de barrio de calles.



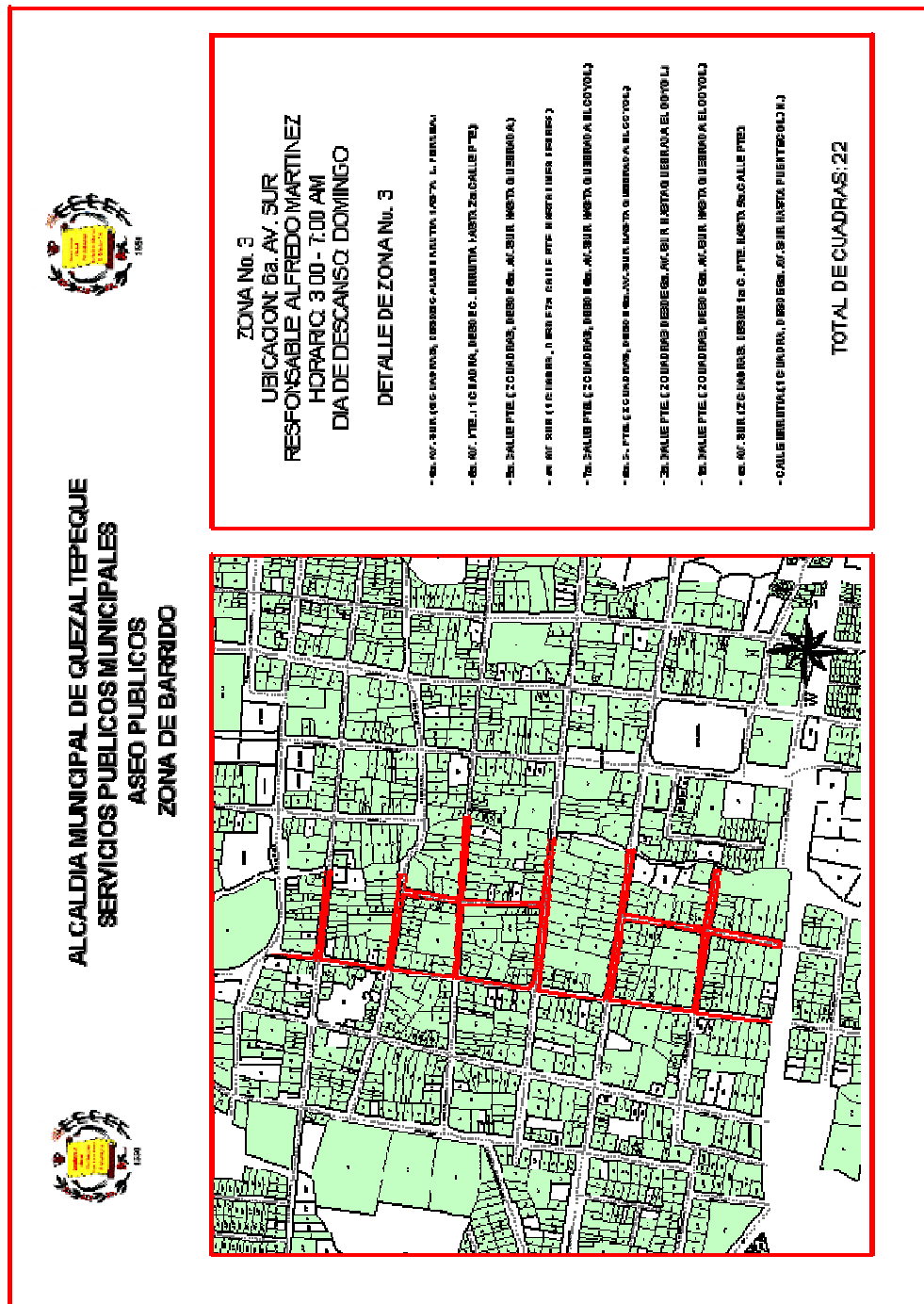
Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

Figura 5.5 zona 2 de barrio de calles.



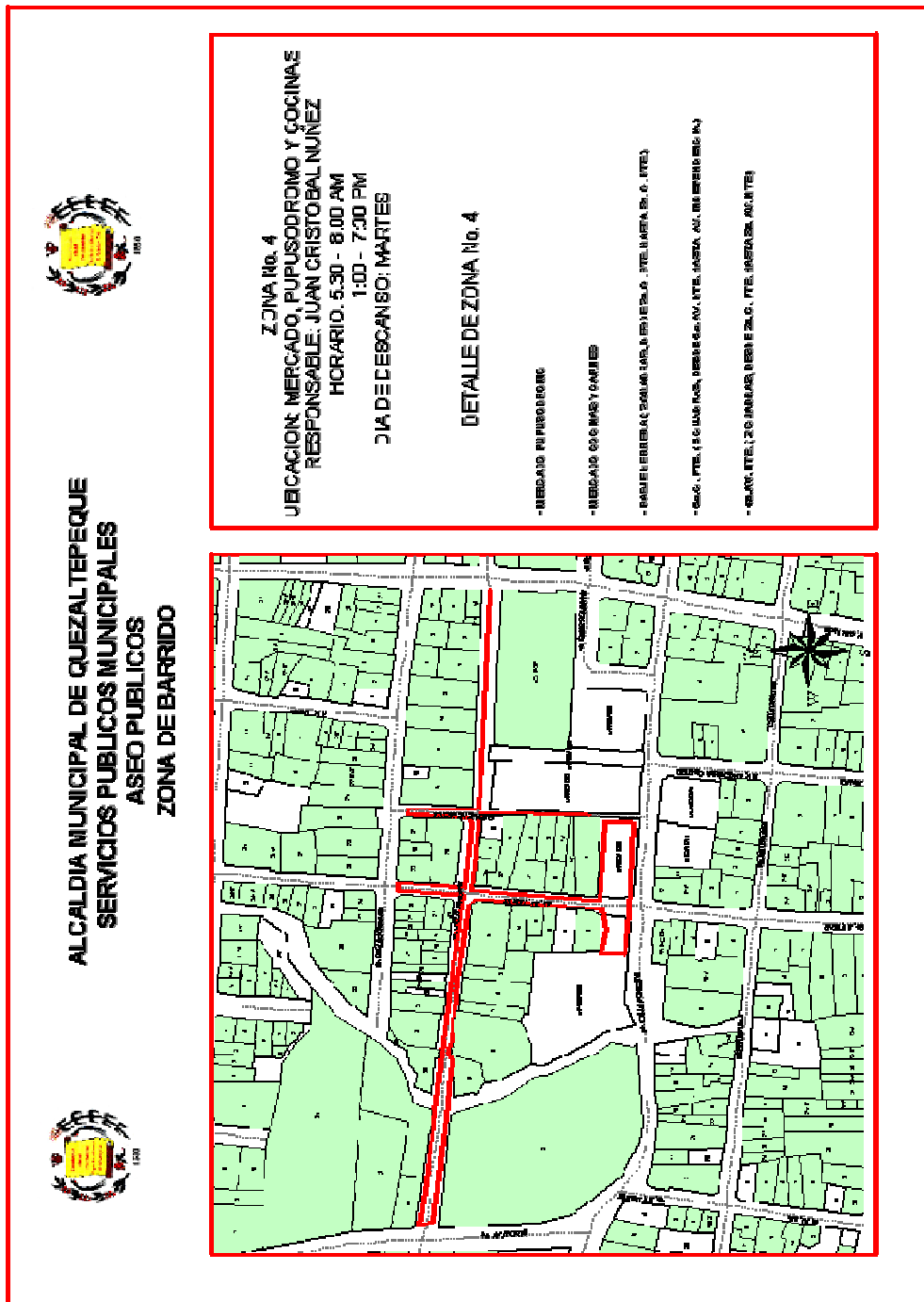
Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

Figura 5.6 zona 3 de barrio de calles.



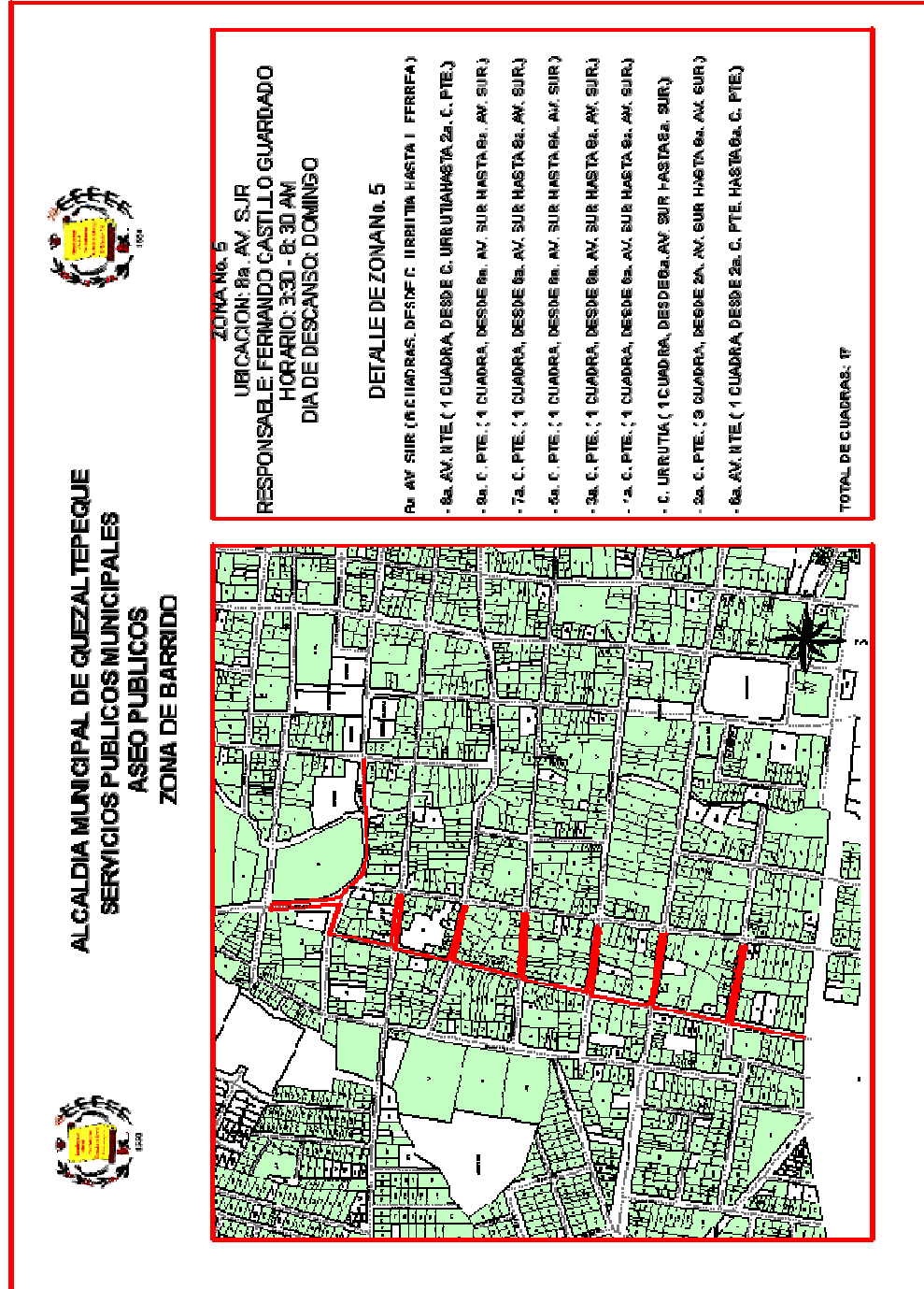
Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

Figura 5.7 zona 4 de barrio de calles.



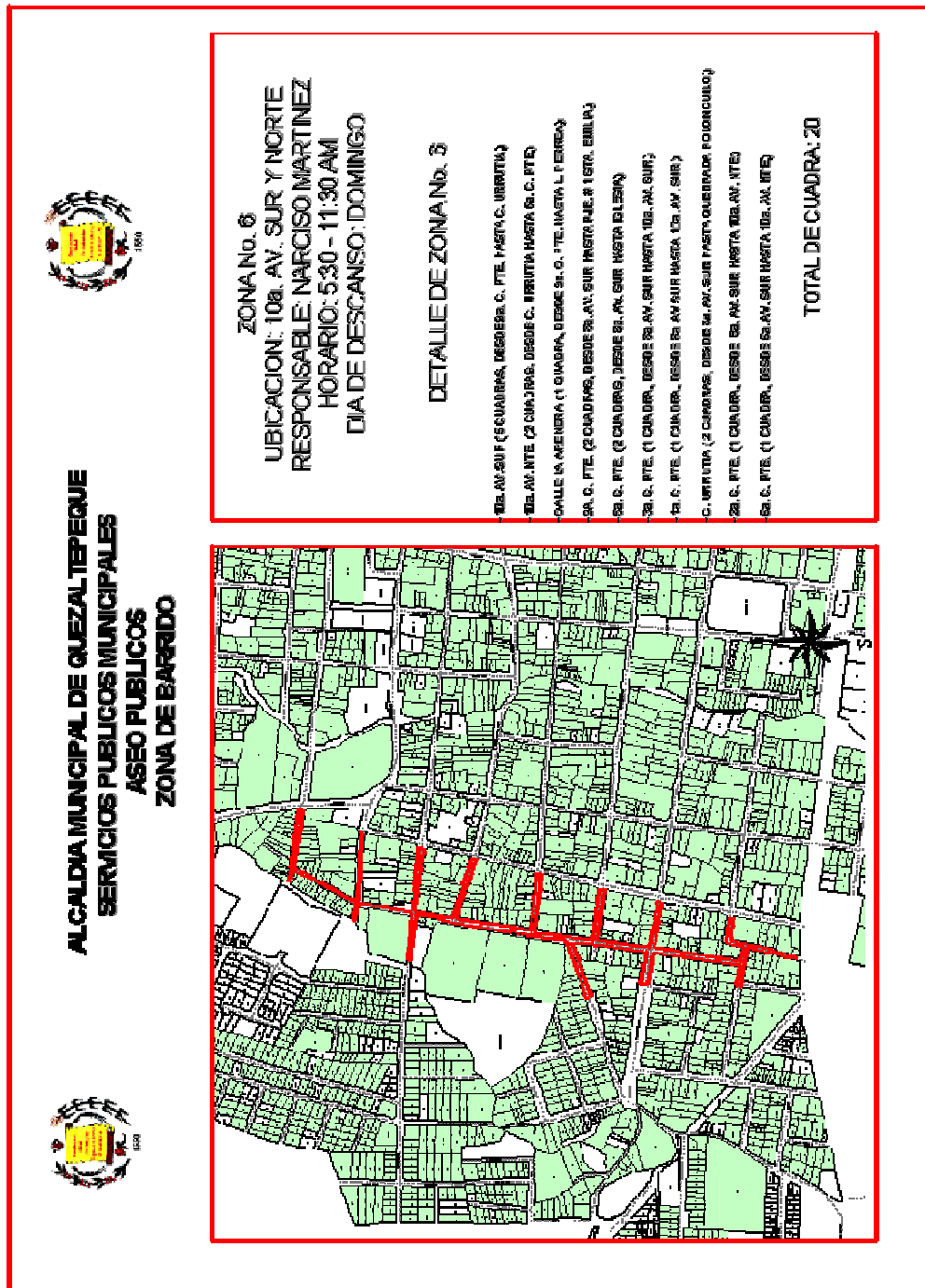
Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

Figura 5.8 zona 5 de barrio de calles.



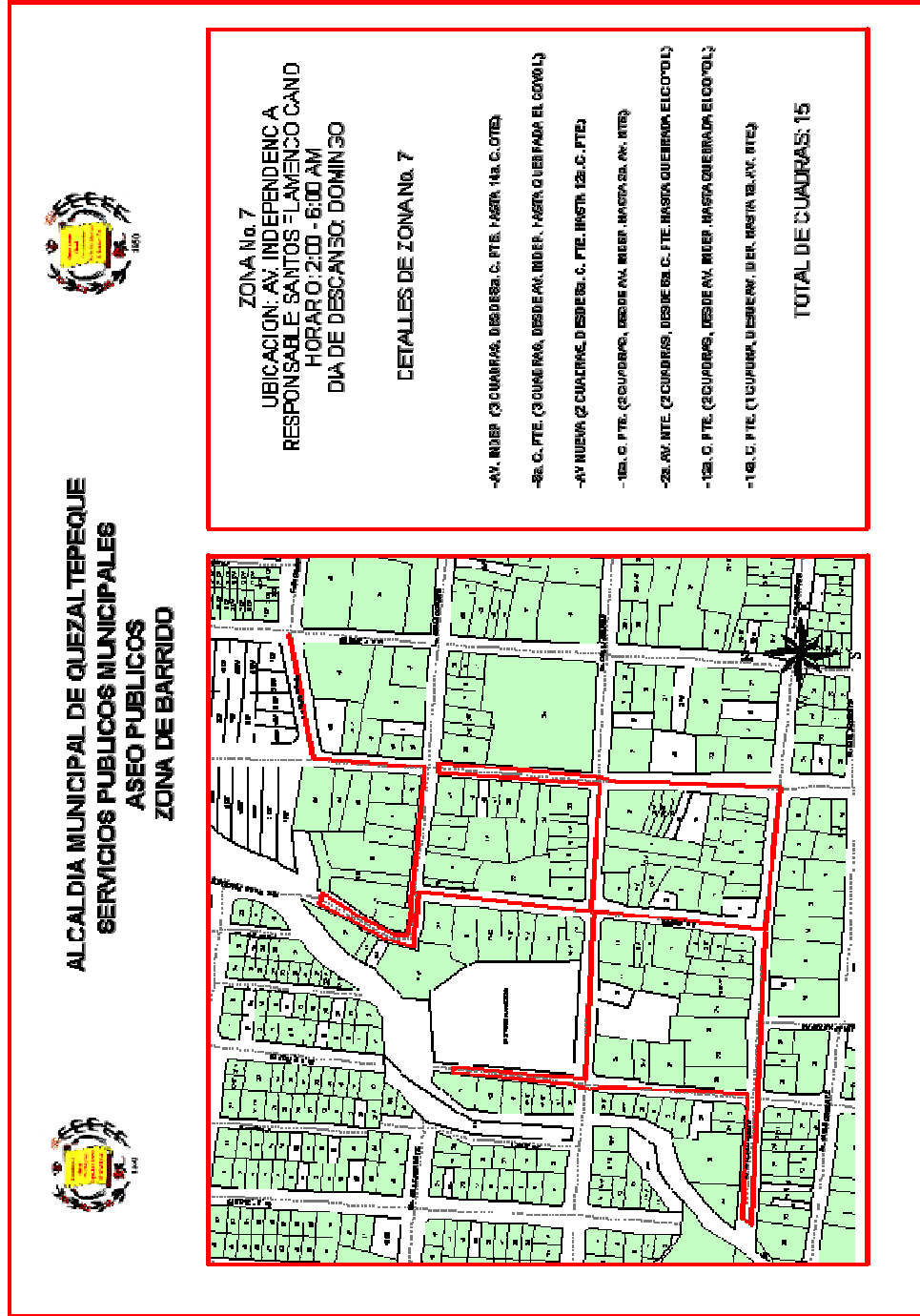
Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

Figura 5.9 zona 6 de barrio de calles.



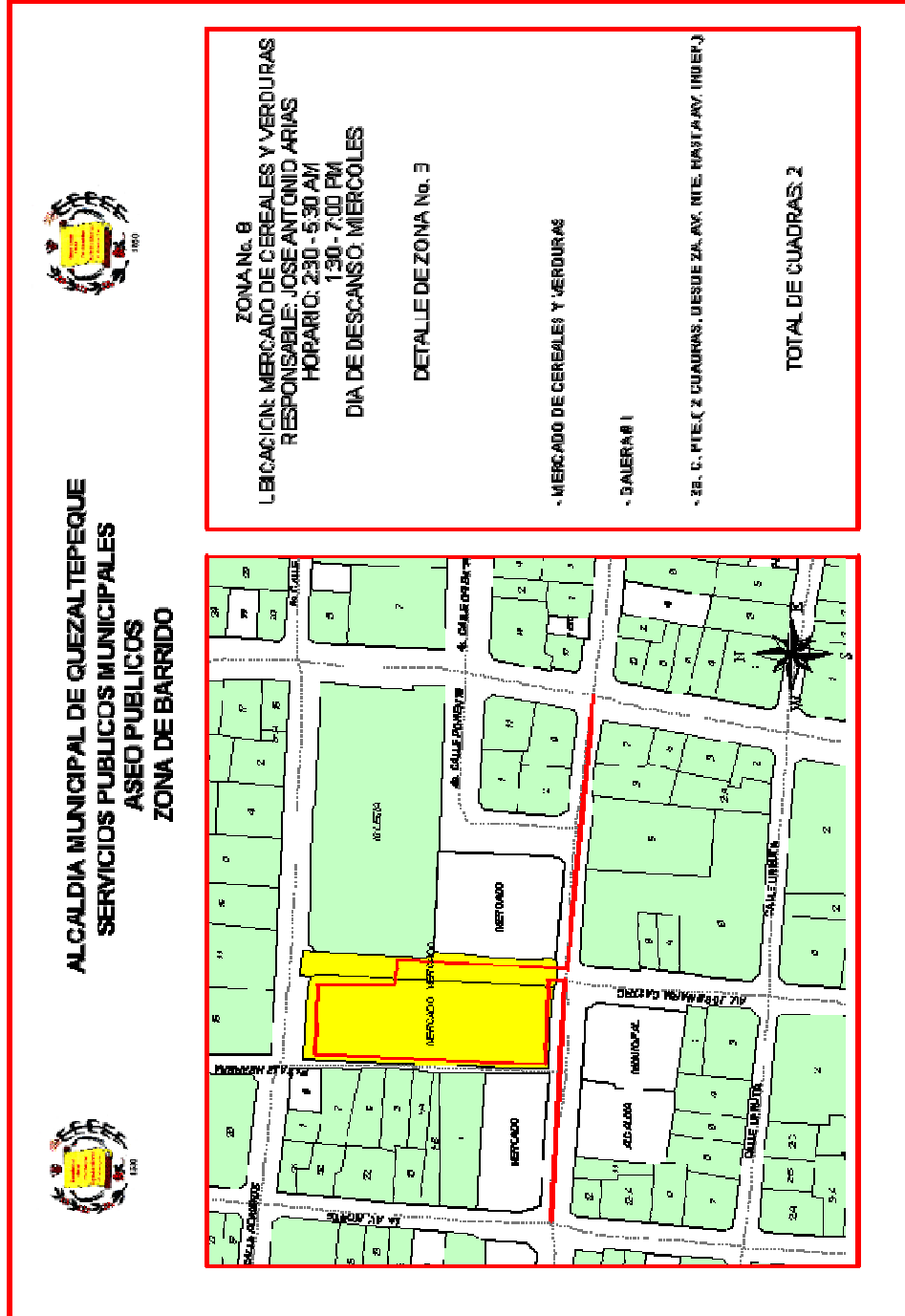
Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

Figura 5.10 zona 7 de barrio de calles.



Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

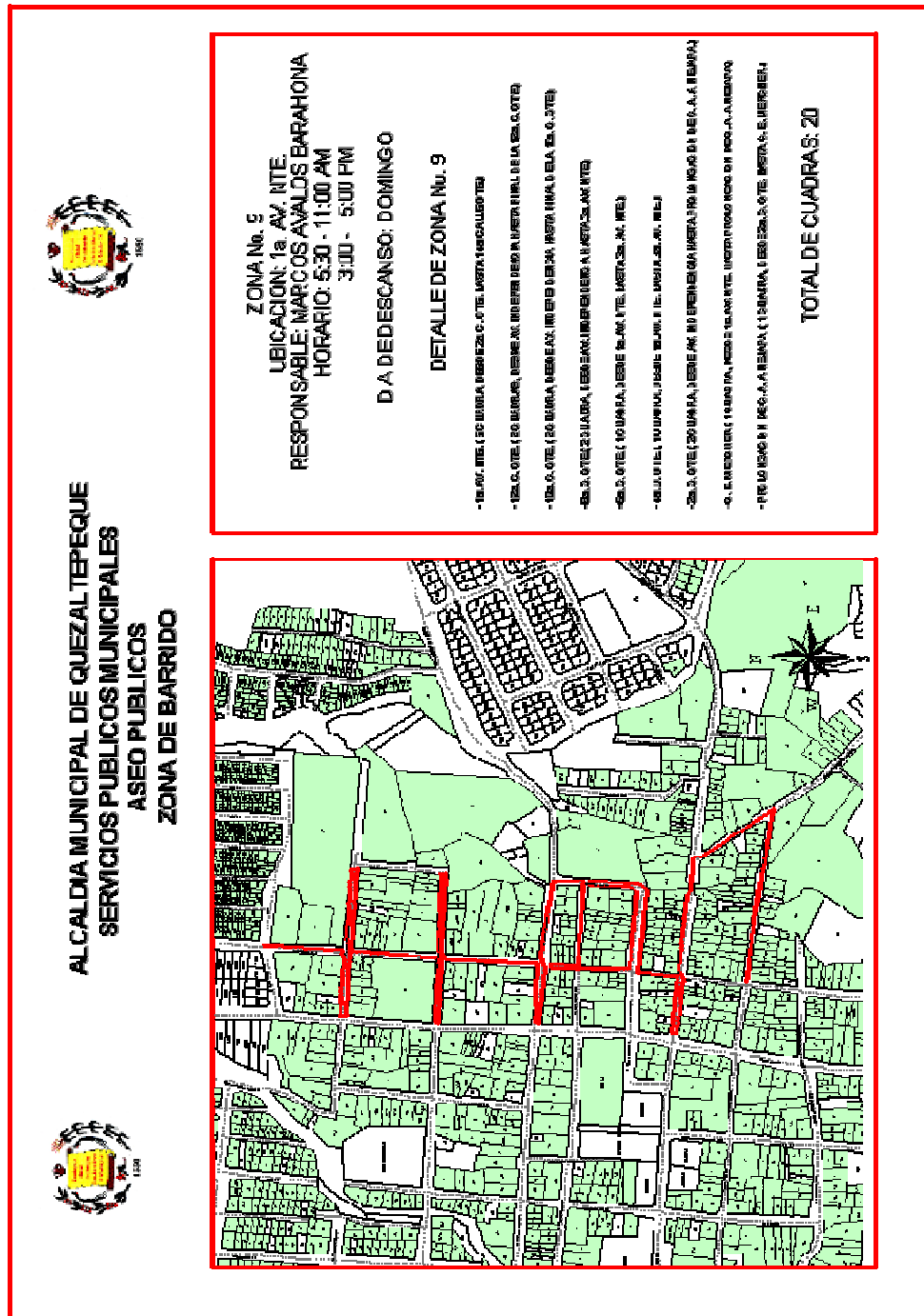
Figura 5.11 zona 8 de barrio de calles.



Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

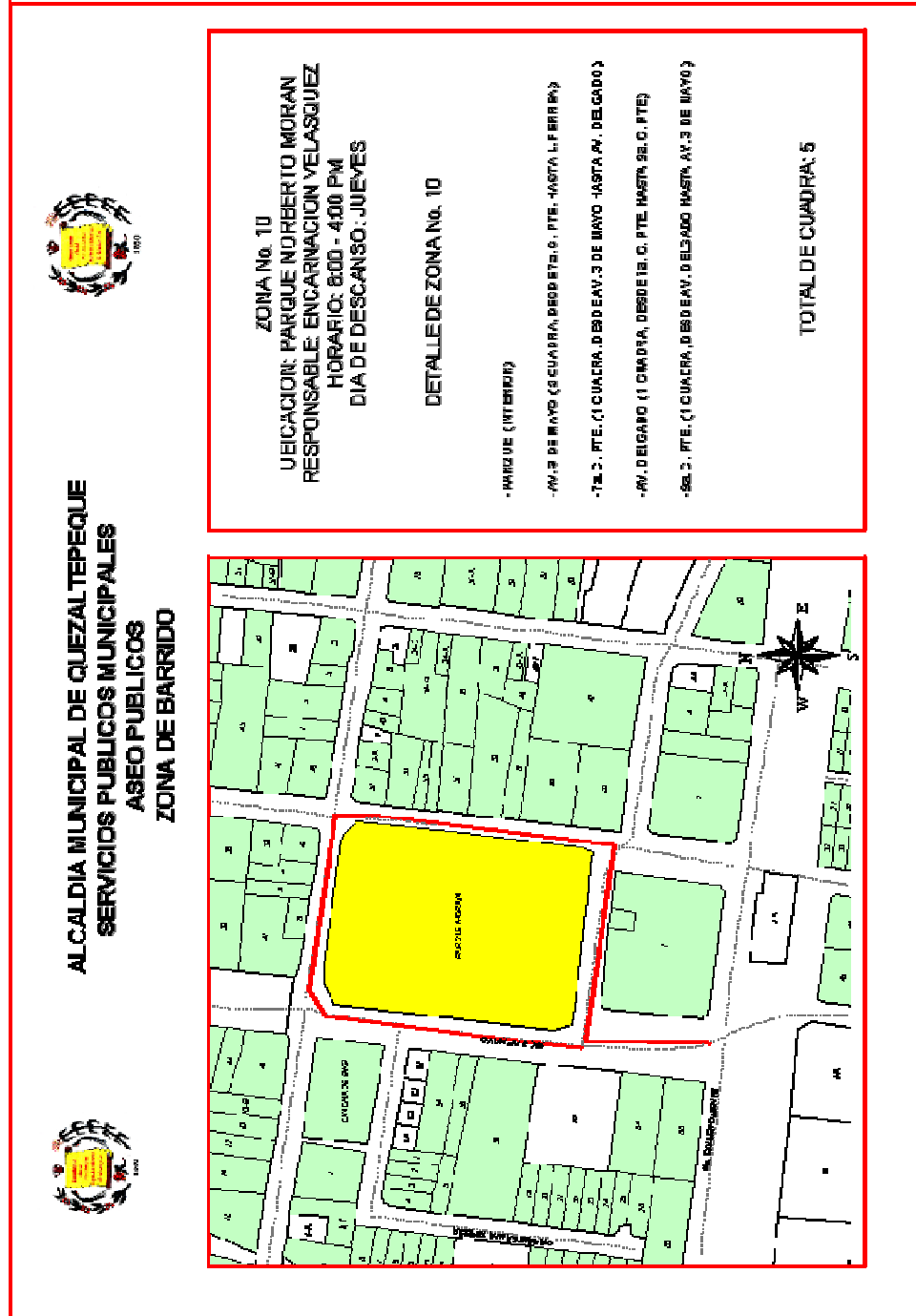


Figura 5.12 zona 9 de barrio de calles.



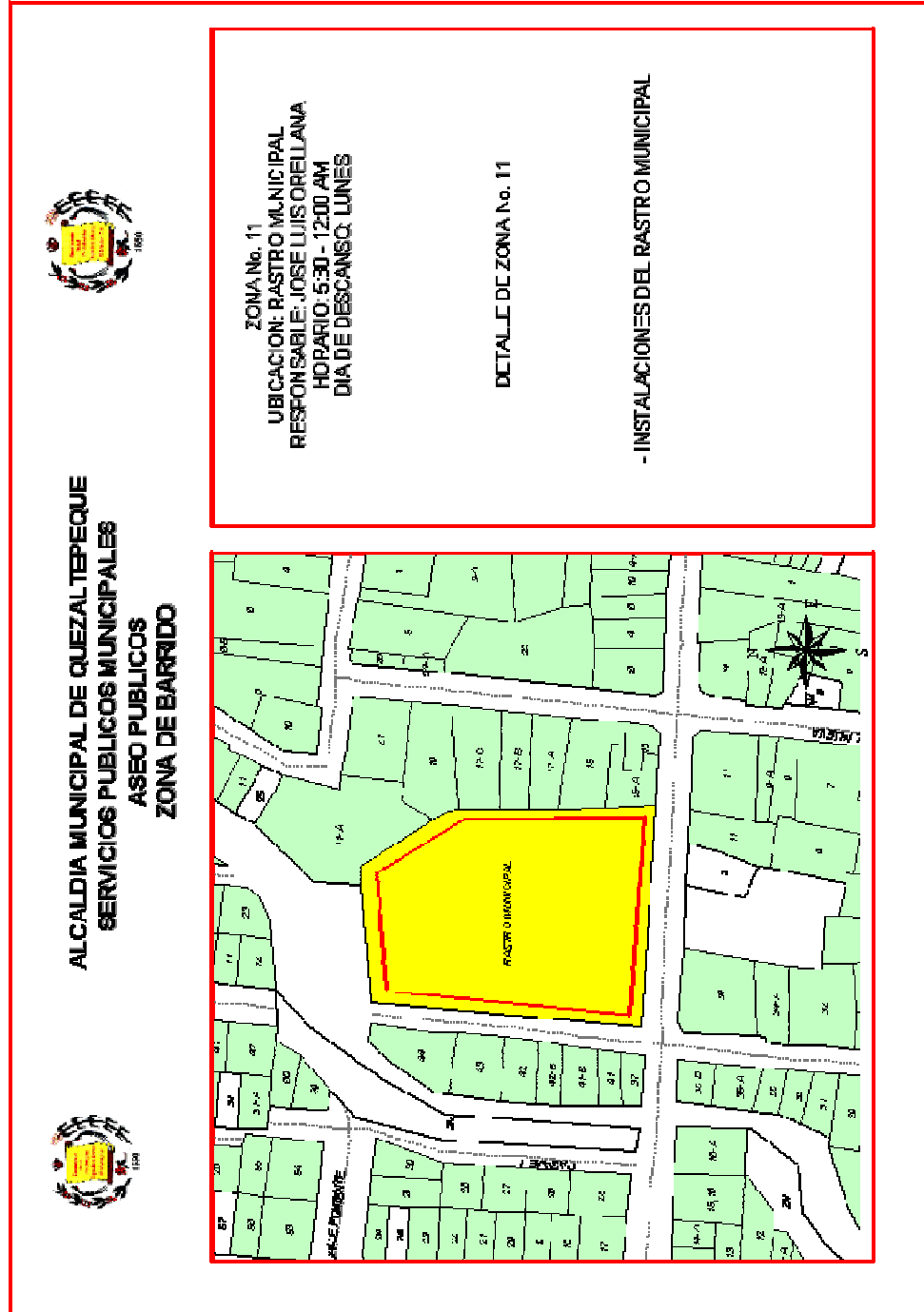
Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

Figura 5.13 zona 10 de barrio de calles.



Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.

Figura 5.14 zona 11 de barrio de calles.



Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque.



### **5.3.5 Tratamiento y disposición final**

Para el nuevo sistema que se pretende implementar, la municipalidad debe adquirir un terreno donde se pueda construir un relleno sanitario, una unidad de reciclaje, una planta de compostaje y una unidad de separación de los desechos sólidos. Este lugar será el sitio de disposición final de los desechos generados por el municipio y donde se les dará su tratamiento respectivo.

Para la construcción de la planta de compostaje, del relleno sanitario y la unidad de reciclaje, es necesario realizar el cálculo de las áreas respectivas de trabajo y operación de cada una de las opciones, este cálculo debe estar de acuerdo a las cantidades de desechos generados por la población y los porcentajes destinados para compostar, reciclar y para su disposición final en el relleno sanitario.

#### **5.3.5.1 Unidad de separación de los DSU.**

La unidad de separación de los DSU, tendrá como función principal recibir la totalidad de los desechos recolectados durante el día y separarlos en orgánicos, inorgánicos reciclables e inorgánicos no reciclables, además de trasladarlos a los recintos destinados para cada tipo de desechos, donde el personal pertinente se encargará de dar el procesamiento respectivo.

Como se detalla en la tabla 5.2, habrá 4 empleados destinados a esta unidad, quienes se encargarán de hacer la separación de los DSU además

de manejar la unidad de reciclaje en donde se separarán metales, vidrios y plásticos.

Para el diseño del área necesaria se debe proyectar las cantidades de material a recibir al final de la vida útil de la unidad, y se asumirá que el tiempo de retención máximo será de 1 día ya que se desea que la separación y procesamiento de los DSU sea constante.

Datos:           Vida útil de la planta de compostaje: 20 años  
                   Desechos sólidos totales actuales: 21 toneladas/ día  
                   Desechos sólidos totales proyectados:  
                   20 años: 29.11 toneladas/ día  
                   Peso volumétrico promedio de los DSU: 195.8 kg/m<sup>3</sup>

$$V_{t-20 \text{ años}} = (29,110/195.8) = 148.67 \text{ m}^3$$

Donde  $V_{t-20 \text{ años}}$ : volumen diario recolectado al final de la vida útil del relleno sanitario.

Si consideramos que la altura máxima aceptable de DSU sin separar es de un metro, tenemos:

$$A_t = V_{t-20 \text{ años}} / h$$

$$A_t = 148.67 \text{ m}^3 / 1 \text{ m}$$

$$A_t = 148.67 \text{ m}^2$$

Donde  $A_t$ : área requerida para separación de los DSU al final de la vida útil del RSM.

Para el proceso de separación se requiere de la existencia de un área de trabajo y de tránsito por lo que esta área se duplicará para estos fines.

$$Af = 148.67 \text{ m}^2 \times 2 = 297.34 \text{ m}^2$$

$$Af = 300 \text{ m}^2$$

Donde Af: área requerida para unidad de separación de los DSU.

Imagen 5.1 Proceso de separación de DSU



### 5.3.5.2 Unidad de Reciclaje

En la unidad de reciclaje se busca extraer la mayor cantidad posible de latas, cobre, aluminio, botellas plásticas, vidrio y materiales férricos con el fin de reutilizarlos y/o reciclarlos.

Esta etapa se deberá efectuar en dos partes, una en que se separan los materiales reciclables del restos de los DSU y la segunda parte que consta en la separación selectiva de cada material según su tipo y/o composición, almacenamiento y posterior venta a las diversas plantas procesadoras.



Imagen 5.2 Separación de materiales reciclables en plásticos, vidrios y metales.

Imagen 5.3 Separación selectiva y almacenamiento de los materiales a reciclar según su tipo y/o composición.



Para la unidad de reciclaje se asignara un área estimada de 300 m<sup>2</sup> donde se aglomerarán los desechos recuperados para ser clasificados, subdivididos y almacenados temporalmente para su posterior venta a diversas fábricas que se dedican al procesamiento de materiales reciclables.

Para determinar el área requerida no se ha efectuado ningún cálculo, ya que esta unidad no dará ningún tipo de procesamiento, los operarios se



limitarán a comercializar los productos almacenados en ella cuando se haya utilizado al menos un 85% de su capacidad total.

### **5.3.5.3 Planta de compostaje.**

Existen importantes variables en el proceso que se deben considerar en el diseño y operación de las instalaciones de compostaje, incluyendo el tamaño de las partículas en el material que se va a fermentar, el horario necesario de mezcla/volteo, las necesidades totales de oxígeno, el contenido de humedad, la temperatura y control de temperatura, el ph, el grado de descomposición, la tasa de respiración y el control de patógenos, por lo que a continuación se presentan algunas variables a considerar para la elaboración del compostaje.

Es importante recalcar que actualmente la municipalidad ya cuenta con una planta de compostaje donde se deposita en promedio 0.8 ton/día de materia orgánica proveniente principalmente de los mercados, el proceso utilizado actualmente es el método de pilas o montículos (o método Indore, ver imagen 5.4), el cual se seguirá utilizado para aprovechar la experiencia adquirida en el proceso durante los 7 años que tiene de funcionar dicha planta.

La materia orgánica tiene que ser colocada de tal forma que la materia orgánica fresca se adhiera a la pila del día anterior, formando así hileras largas, con este proceso la transformación de los desechos orgánicos en compost dura alrededor de 3 meses si las condiciones son óptimas, durante ese tiempo los desechos deben tener un mantenimiento, de tal forma que luego de este tiempo los residuos orgánicos se hayan convertido en compost.



Imagen 5.4 Planta de compostaje operada manualmente.

Para un adecuado funcionamiento del sistema y para la obtención de un producto de calidad se deben cuidar de los siguientes aspectos:

**Limpieza del lugar para la colocación de las pilas de compostaje:**

Se debe determinar con absoluta precisión la distribución general de las pilas así como el espacio entre éstas, además se debe tener el cuidado de limpiar el lugar de piedras u otros materiales que puedan afectar negativamente al proceso.

Para evitar la contaminación del suelo con lixiviados, lo más recomendable es elaborar una plancha de concreto que cubra toda el área destinada para las pilas de compostaje, esta plancha de concreto debe presentar una leve inclinación para drenaje de los lixiviados y de las aguas lluvias en el invierno, además debe elaborarse una canaleta de protección alrededor de esta para evitar en la medida de lo posible la sobresaturación de las pilas.

Imagen 5.5 Recepción, trituración de materia orgánica y elaboración de pilas de compostaje.



#### **Recepción de residuos:**

El equipo de recolección debe llevar y descargar los residuos cerca del lugar donde se forma la pila, es importante hacer un proceso de separación de materiales inorgánicos antes de colocar los desechos orgánicos en la pila.

#### **Selección del material inorgánico:**

Se debe separar el metal, plástico, vidrio, tela y material orgánico con largo tiempo de descomposición como el cartón, papel, cuero y madera; las ramas no muy robustas a pesar de tardar en descomponerse ayudan a la aireación de las pilas, por lo que no es necesario su extracción ya que al final del proceso quedarán retenidas en el proceso del tamizado.

#### **Diseño físico de las pilas de compostaje:**

Para el diseño del área necesaria se debe proyectar las cantidades de material a recibir al final de la vida útil de la planta y el tiempo de retención de los desechos que será de 12 semanas.

Datos: Vida útil de la planta de compostaje: 20 años  
Desechos sólidos totales actuales: 21 toneladas  
Desechos sólidos totales proyectados:  
5 años: 23.77 toneladas/ día  
10 años: 25.43 toneladas/ día  
15 años: 27.21 toneladas/ día  
20 años: 29.11 toneladas/ día  
Peso volumétrico promedio de los DSU: 195.8 kg/m<sup>3</sup>  
Fracción orgánica de los DSU diaria: 66.88 %

Previo a esta investigación, la municipalidad elaboró 3 estudios de composición realizados en 2002, 2006 y 2009, los resultados obtenidos en las diferentes ocasiones no tuvieron una variación significativa en su composición, además se logró determinar que alrededor del 50% del material orgánico recolectado proviene de los desechos producto de la jardinería, poda y hojarasca de los arboles.

Tomando en cuenta que nuestro país no posee una cultura de separación de los DSU y que un proceso de educación de las personas es lento y sus frutos se obtienen a largo plazo, se considera viable el desarrollar el proceso de compostaje únicamente con esta fracción ya que generalmente estos desechos son recolectados de forma separada y no suelen ir mezclados con cantidades significativas de materiales inorgánicos, además se tomará como base 1 ton/día proveniente de los mercados municipales.

Por tanto el diseño de la planta compostaje se elaborará en base a las siguientes cantidades de desechos sólidos:

Desechos sólidos utilizables proyectados

$$5 \text{ años: } 7.95 + 1 = 8.95 \text{ toneladas/ día}$$

$$10 \text{ años: } 8.51 + 1 = 9.51 \text{ toneladas/ día}$$

$$15 \text{ años: } 9.10 + 1 = 10.10 \text{ toneladas/ día}$$

$$20 \text{ años: } 9.74 + 1 = 10.74 \text{ toneladas/ día}$$

Volumen de la materia orgánica/día:

$$V = M/D$$

$$V = 10.74/195.8 = 54.85 \text{ m}^3$$

Donde:

D: Densidad de la materia orgánica en Kg/m<sup>3</sup>

M: Desechos orgánicos putrescibles en (Kg/día)

V: volumen de desechos sólidos orgánicos/día

Para el diseño de las pilas se tomarán como parámetros básicos una altura H= 1.50 m y un ancho A= 1.25 m, (valores de H y A asignados por el operario de la planta) con estos datos y el volumen de la materia orgánica a tratar se puede determinar la longitud de la pila con la siguiente fórmula:

$$L = V / (0.5 * H * A)$$

$$L = 55 / (0.5 * 1.5 * 1.25) = 58.67 \text{ m/día}$$

Donde:

L: largo de la pila en m/día.

V: volumen de los desechos sólidos orgánicos en m<sup>3</sup>/día.

H: altura de la pila de compost en metros.

A: ancho de la pila de compost en metros.

El tiempo estimado del proceso es 90 días, y para determinar el área necesaria para el proceso de compostaje se calculan los metros lineales de pila después de 90 días se debe considerar un trabajo de 6 días a la semana:

El área para las pilas se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A_p: (\text{Largo después de 90 días} * A * 1.5)$$

$$A_p: (4577 * 1.25 * 1.5) = 8,582. \text{ m}^2$$

La constante de 1.5 se debe a la consideración de un 50% del área de la pila para volteo.

Además de estas consideraciones, se debe tomar en cuenta el área para circulación de las persona encargadas del compostaje, por lo tanto el área total de la planta de compostaje para diferentes tiempos de la vida de útil diseñada tenemos:

$$\text{Para 20 años: } 10,400 \text{ m}^2$$

Considerando la extensión de terreno necesaria para colocar las pilas de compostaje será necesario un área de 140 m x 100 m para la construcción de esta planta, con el crecimiento urbanístico actual, no es posible encontrar un terreno de tales dimensiones en el área inmediata a la ciudad por lo que se recomienda buscar alternativas de terreno en la zona norte del municipio.

**Personal y equipo:**

Para el proceso de compostaje se necesita de un mínimo de 4 personas debidamente capacitadas y asesoradas para que lleve a cabo bien el proceso.

Para la elaboración de las composteras en el transcurso de un año se necesitaría un equipo mínimo: 4 palas, 4 azadones, 2 carretillas, 2 zaranda, 1 manguera, plástico negro según necesidad, 16 juegos de guantes, 4 cascos y 48 mascarillas, además de otros equipos a utilizar en diferentes actividades a desarrollar durante el proceso de compostaje.

En la tabla 5.8 se presenta las herramientas y equipos que se pueden utilizar para las actividades específicas que comprende la planta de compostaje.

Tabla 5.8 Herramientas y equipos utilizados en la planta de compostaje

<b>Actividad</b>	<b>Herramientas Utilizadas</b>
Separación	Palas, Rastrillos, Guantes y Mascarillas
Trituración	Cortadora y Rastrillos
Mezclado	Palas
Transporte	Carretillas manuales
Formación de los montones e hileras	Palas, Guantes y Mascarillas
Volteo	Palas

FUENTE: Elaboración propia

Para llevar a cabo un monitoreo adecuado del proceso de compostaje y garantizar un producto de calidad a los 90 días, se debe llevar un cuadro de registro de cada fila de compostaje (ver modelo en Anexo 6).

### **Operación completa de la planta de compostaje**

El proceso que se lleva a cabo para la planta de compostaje comienza con la recolección de los desechos según la calendarización presentada en la tabla 5.5, luego tienen que ser llevados a la zona destinada para la separación de los mismos que estará ubicada entre el relleno sanitario y las hileras de los montones de compostaje. La separación como se dijo anteriormente es muy importante para el buen funcionamiento del sistema, para ésta actividad es necesario contar con personal adecuado que pueda separar el material orgánico para el compostaje, como se detalló en la tabla 5.2 se utilizarán cuatro personas en ésta área, las cuales deben utilizar las herramientas necesarias que les faciliten el trabajo.

Al tener la separación completa la cual se hará a diario, el siguiente paso es triturar el material orgánico con una cortadora especial de ser posible, todo esto para que el material tenga la dimensión adecuada de menos de cinco centímetros. Luego de la trituración es necesario realizar un mezclado para que el material se encuentre homogéneo antes de formar los montones.

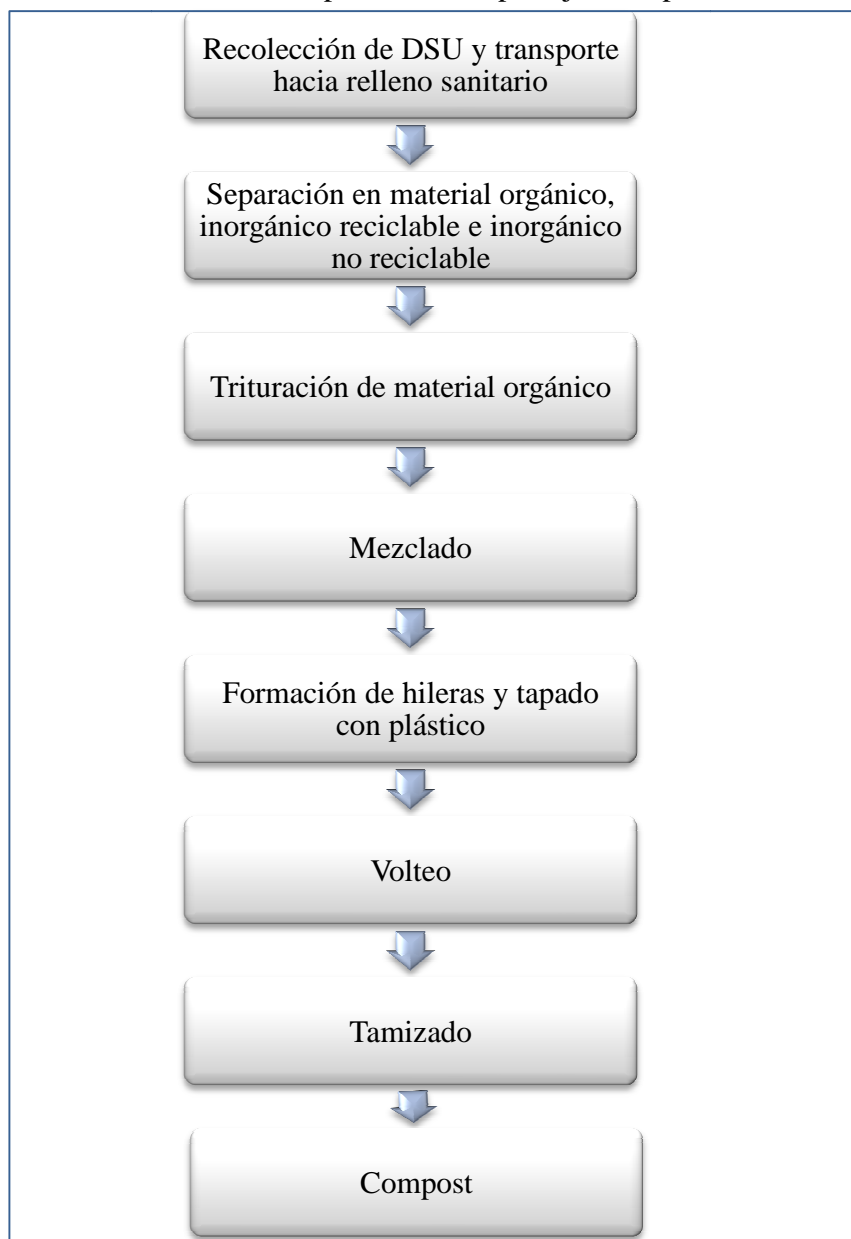
Al tener los desechos orgánicos ya mezclados y homogenizados se empiezan a formar los montones que deben tener el suficiente volumen para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación, éstos deben estar en contacto directo con el suelo. Con la formación de varios montones se empiezan a construir las hileras que son filas de montones acumulados.

El primer volteo se realiza a los quince días de formado luego a la quinta semana y luego a la octava semana, hasta llegar de ésta manera a los noventa días que dura el ciclo para



la obtención del compost. En la figura 5.16 se presenta un diagrama de flujo del proceso operativo del compostaje.

Figura 5.16 Funcionamiento de la planta de compostaje con operación manual



Fuente: Elaboración propia

Imagen 5.6 Plantas de compostaje en funcionamiento



Cada uno de los montones que forman las hileras se tienen que voltear periódicamente para darle la oportunidad de una buena aireación y que la acción descomponedora de los microorganismos sea efectiva, en ésta área de la planta de compostaje se necesitarán cuatro personas para realizar dichas labores.



Imagen 5.7 Tamizado del compost luego de 90 días

#### 5.3.5.4 Relleno Sanitario

El relleno sanitario es el destino final de los desechos sólidos cuando no se les ha encontrado un tratamiento alternativo. Se debe distinguir entre un botadero a cielo abierto y un relleno sanitario con todos los sistemas de control para evitar contaminar el

suelo, posibles acuíferos, ríos y aire. La vida de un relleno sanitario tiene tres fases diferenciadas. La fase de apertura, la de operación y la de clausura.

### **Apertura del relleno sanitario:**

La fase de apertura incluye:

- Buscar una ubicación adecuada al relleno sanitario en función de: la distancia a poblaciones, de la composición del terreno (impermeabilidad), topografía del terreno (valle, llanura...), presencia de acuíferos en el subsuelo.
- Impermeabilizar el suelo
- Prever el sistema de canalización de los lixiviados hacia una planta de tratamiento.
- Prever un sistema de canalización de las aguas de lluvia para evitar la infiltración de estas en el relleno sanitario.

### **Operación del relleno sanitario:**

Las fases de operación del relleno incluyen:

- Deposición de los desechos en celdas (compartimiento que contiene una cierta cantidad de desechos)
- Construcción de la canalización de gas generado en las celdas
- Cobertura paulatina con tierra de las celdas a medida que se van rellendo.

### **Clausura del relleno sanitario:**

La clausura incluye:

- Cobertura de la superficie del relleno sanitario mediante una capa impermeable.
- Cobertura de la capa impermeable con una superficie de tierra cultivable.

- Construcción de una canalización de gas hacia una estación de tratamiento.
- Adecuar el terreno dándole un nuevo uso (parque, bosque, instalaciones deportivas, etc.).

Esta sería resumidamente la gestión adecuada de un relleno sanitario. A veces por dificultades de encontrar el emplazamiento más adecuado y por falta de recursos, no se cumplen la mayoría de los conceptos antes mencionados.

Un relleno mal gestionado o incontrolado genera los siguientes problemas:

- Proliferación de enfermedades.
- Contaminación de acuíferos.
- Polución del aire (producción de malos olores...).
- Contaminación del suelo
- Peligros de incendios y explosiones

### **Reglamentos y requisitos para la construcción de un relleno sanitario.**

El resumen de los aspectos legales presentados como requerimiento principal en el reglamento para la construcción de rellenos sanitarios manuales establecidos por el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales). A continuación se presenta la tabla 5.9 que indica las características que necesitan las áreas destinadas para la construcción de rellenos sanitarios manuales según el reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos establecido por el MARN.

Tabla 5.9 Características que necesitan las áreas destinadas para la construcción de rellenos sanitarios manuales.

Características	Requisitos del ( M.A.R.N )
Zona de recarga de acuíferos y fuentes de abastecimiento de agua potable.	Estar ubicado a una distancia que garantice que las zonas de recarga de acuíferos o de fuentes de abastecimiento de agua potable, estén libres de contaminación.
Permeabilidad	Que el suelo reúna características de impermeabilidad, aceptando un coeficiente máximo permisible de infiltración $10e-7$ cm/s que posea características adecuadas de remoción de contaminantes.
Material de cobertura.	Contar con suficiente material térreo para la cobertura diaria de los desechos sólidos depositados durante la vida útil.
Zonas de inundación, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural.	Estar ubicado a una distancia no perjudicial para las zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua, zonas de drenaje natural.
Núcleos poblaciones.	Estar ubicado a una distancia de 500 metros de los núcleos poblaciones y con un fácil acceso por carretera o por caminos transitables en cualquier época del año.
Áreas naturales protegidas y servidumbre de paso.	Estar ubicado fuera de las áreas naturales protegidas o de los ecosistemas frágiles, así como de la servidumbre de paso de acueductos, canales de riego, alcantarillados y líneas de conducción de energía eléctrica.
Fallas Geológicas.	Estar ubicado a una distancia mínima de 60 metros de fallas que hayan tenido desplazamiento reciente.

Fuente: Grupo de Tesis y Reglamento del M.A.R.N.

## **Exclusión de Zonas no aptas para la construcción de un relleno sanitario**

### **Criterios Generales de Exclusión.**

a) Zonas de inundación.

Esto puede provocar un alto grado de contaminación, puesto que las aguas arrastrarían todos los lixiviados y parte de los desechos sólidos en su recorrido a los cuerpos de agua y/o contaminación de acuíferos subterráneos con lixiviados. En el Decreto 42 [año 2000: Pág. 88]<sup>10</sup> también las excluyen.

b) Uso de suelos.

Se deben eliminar las zonas de potencial turístico, con el propósito de proteger la belleza escénica del entorno. De igual forma se pretende proteger los bosques para proteger la biodiversidad, las zonas urbanas para proteger espacios vitales para el desarrollo de las actividades económicas y sociales y por último en los cuerpos de agua para evitar la contaminación de los mantos freáticos.

c) Zonas de recarga acuífera.

Por la capacidad de infiltración de estas zonas, es importante conservarlas libres de contaminantes, ya que son una potencial fuente de abastecimiento de agua.

---

<sup>10</sup> Diario Oficial 101, tomo 347, año 2000

d) Áreas de protección natural.

Estas áreas están protegidas por el Decreto 42 [año 2000: Pág. 88]<sup>11</sup> que establece que todo relleno sanitario debe estar ubicado fuera de estas áreas con el fin de proteger la flora y fauna autóctona y el equilibrio ambiental de la zona.

e) Terrenos con pendiente abruptas.

Estos se excluyen con el objeto de evitar altos costos en el proceso constructivo, debido a problemas de estabilidad y problemas de control de erosión.

f) Zonas propensas a deslizamientos.

Estas zonas no son adecuadas porque pueden llegar a provocar el colapso de la infraestructura del relleno.

### **Cálculo del área para el Relleno Sanitario**

El cálculo del área donde estará el relleno es muy importante, porque depende de la cantidad de desechos sólidos generados por la población, de la clase de desechos que formarán parte del relleno, la proyección que se haga del crecimiento poblacional y de la producción per cápita de desechos. Para el cálculo de ésta área se han hecho estimaciones del período de vida para cinco años, para diez años, para quince años y para veinte años.

El relleno sanitario en cuestión, lo formará una mezcla de material orgánico y material que no es orgánico como papel, textiles, plásticos no reciclables, etc., ya que solo el

---

<sup>11</sup> Diario Oficial 101, tomo 347, año 2000

50% de los desechos orgánicos serán tratados en la planta de compostaje como se describió anteriormente. El material que no es orgánico constituye un aproximado de 33.12% de los desechos generados en el municipio (ver grafico 3.1) y de estos el 10.9% se ha considerado como material reciclable que se puede extraer (80% de los plásticos, vidrios y metales contenidos en los DSU).

A continuación se detalla el cálculo de dicha área:

Partiendo de la proyección de crecimiento poblacional, la producción per cápita de DSU y la fracción de residuos no orgánicos, se obtiene la producción diaria de residuos que serán procesados en el relleno sanitario (ver tabla 5.10).

Para calcular el área del relleno sanitario se necesita:

- Proyectar la producción total en kilogramos por día de residuos sólidos el cual se puede realizar para cinco años, diez años, quince años o hasta veinte años.
- Convertir esta información a unidades de volumen utilizando un factor de conversión de 300 a 450 kilogramos por metro cúbico; este factor de conversión es la densidad de los residuos sólidos que se compactan en un RSM, para el diseño de éste relleno se utilizará una densidad de 450 kilogramos por metro cúbico.
- Estimar el volumen total requerido considerando que 20% del volumen será ocupado por material de cobertura (tierra) y el restante 80% por los residuos sólidos enterrados.



Tabla 5.10 Estimación del volumen total de DSU a disponer en relleno sanitario

Año	Prod. diaria estimada (Ton/día)	Fracción orgánica compostada (Ton/día)	Fracción no orgánica Reciclada (Ton/día)	Prod. diaria estimada para relleno sanitario (Ton/día)	Prod. anual estimada (Ton)
2007	21,34	7,14	2,60	11,60	4233,75
2008	21,63	7,23	2,64	11,76	4291,32
2009	21,92	7,33	2,67	11,92	4349,69
2010	22,22	7,43	2,71	12,08	4408,84
2011	22,52	7,53	2,75	12,24	4468,80
2012	22,83	7,63	2,79	12,41	4529,58
2013	23,14	7,74	2,82	12,58	4591,18
2014	23,45	7,84	2,86	12,75	4653,62
2015	23,77	7,95	2,90	12,92	4716,91
2016	24,10	8,06	2,94	13,10	4781,06
2017	24,42	8,17	2,98	13,28	4846,08
2018	24,76	8,28	3,02	13,46	4911,99
2019	25,09	8,39	3,06	13,64	4978,79
2020	25,43	8,51	3,10	13,83	5046,50
2021	25,78	8,62	3,15	14,01	5115,14
2022	26,13	8,74	3,19	14,20	5184,70
2023	26,49	8,86	3,23	14,40	5255,21
2024	26,85	8,98	3,28	14,59	5326,69
2025	27,21	9,10	3,32	14,79	5399,13
2026	27,58	9,22	3,36	14,99	5472,56
2027	27,96	9,35	3,41	15,20	5546,98
2028	28,34	9,48	3,46	15,40	5622,42
2029	28,72	9,60	3,50	15,61	5698,89
2030	29,11	9,74	3,55	15,83	5776,39
Total 2010-2030 (Ton)					106331,47

Fuente: Elaboración propia

Para el desarrollo de la tabla 5.9 se tomaron las siguientes consideraciones:

- Se considero que solo se iba a poder separar satisfactoriamente el 50% de la materia orgánica (ver sección 5.3.3)

- Se considero que solo se podrá separar satisfactoriamente el 80% de los plásticos, vidrios y metales (materiales a reciclar)

Desechos sólidos proyectados a depositar en el Relleno Sanitario

Año 5: 4,716.91 toneladas/año

Año 10: 5,046.50 toneladas/año

Año 15: 5,399.13 toneladas/año

Año 20: 5,776.39 toneladas/año

Total al final del periodo (2010-2030) = 106,331.47 toneladas

En el anterior resumen solo se muestran los datos proyectados para el año 5, 10, 15 y 20 de funcionamiento, asumiendo que 2010 será el año cero del proyecto.

Utilizando una densidad comprimida de 450 Kg/m<sup>3</sup>, tenemos que para los 20 años de vida útil, el relleno sanitario requiere el siguiente volumen

$$V = (106331.47 * 1000) / 450 = 236.292.2 \text{ m}^3$$

Considerando que esto es volumen neto de basura equivalente al 80% del volumen total del relleno, tenemos:

$$V_t = 236,292.2 / 0.80 = 295,365.25 \text{ m}^3$$

El relleno sanitario funcionará a partir de dos tipos diferentes: para los primeros 10 años un relleno sanitario de fosa o trinchera, y para los restantes 10 años un relleno superficial o de área, ya que se considero una vida útil de 20 años para el relleno sanitario.

Por tanto se considerará que cada celda tendrá una altura total de 7 metros, y el área superficial requerida se calcula a continuación

$$A_t = 295,365.25/7 = 42,195 \text{ m}^2$$

Para obtener el área calculada se requiere un terreno con una dimensión aproximada de 210 m x 210 m, en esta área ya se ha agregado un factor de seguridad para la construcción de canales y accesos.

La sección transversal de cada tipo de relleno se ve en la Fig. 5.17, la configuración espacial del relleno sanitario de fosa se muestran en la Fig. 5.18 y la configuración espacial del relleno superficial en la Fig. 5.19.

Figura 5.17. Sección transversal de relleno sanitario de fosa y el relleno sanitario superficial

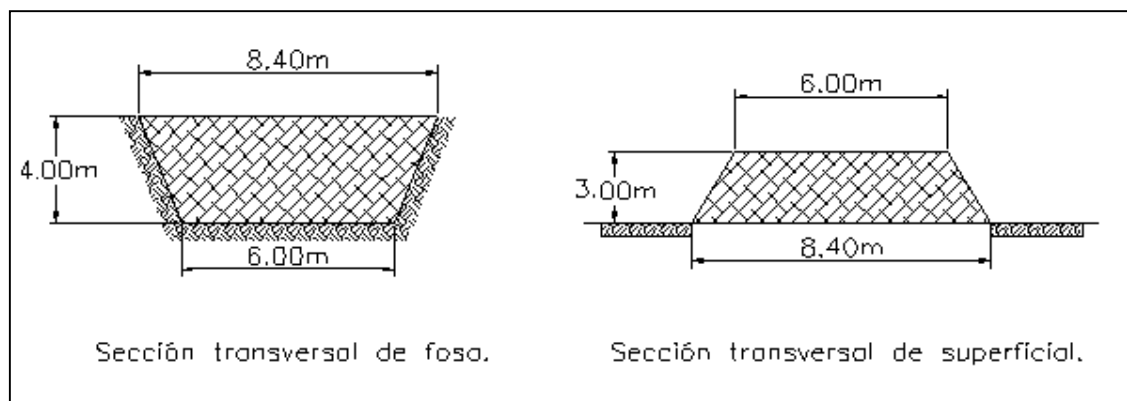


Figura. 5.18. Configuración de la celda del relleno sanitario de fosa.

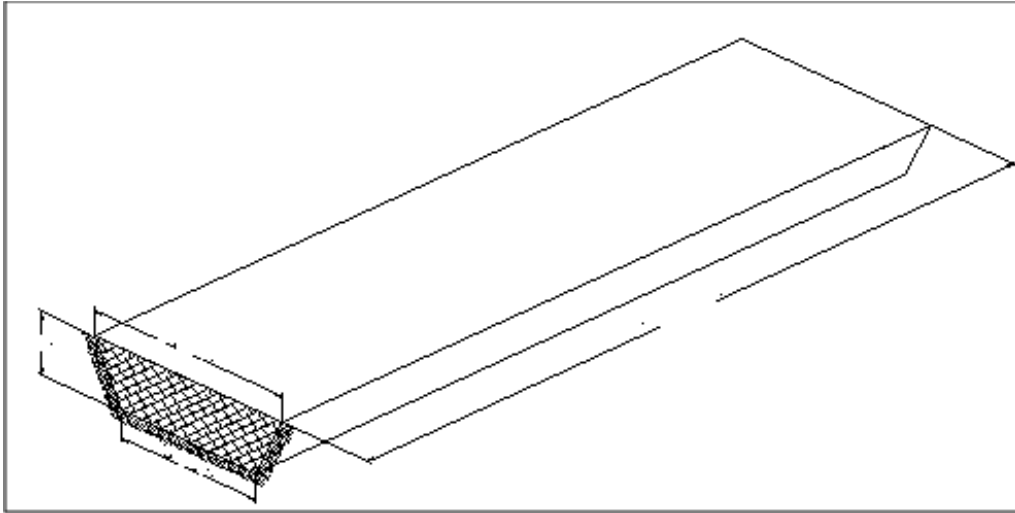
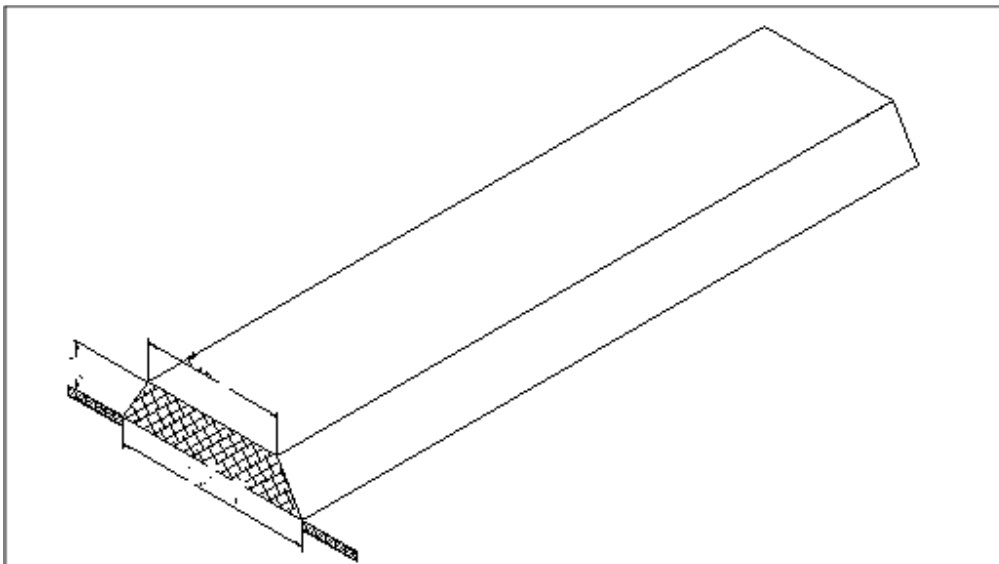


Figura. 5.19. Configuración espacial del relleno sanitario superficial.



### **Construcciones a realizar**

Para el buen funcionamiento del relleno sanitario será necesario realizar algunas construcciones importantes. La parte más importante del relleno es la zanja en la cual se depositarán todos los desechos y donde serán rellenados con capas de tierra, la profundidad de dicha zanja será de aproximadamente tres metros y con las dimensiones requeridas de todo el relleno.

La construcción de canales perimétricos es fundamental para la captación de aguas lluvias, las cuales pueden ser drenadas y desviadas a otro lugar. Además las paredes longitudinales deben de tener algún ángulo de reposo, para evitar de ésta manera el desbordamiento de dichas paredes.

Otra construcción importante para el relleno sanitario es la colocación de un cerco perimetral para evitar la dispersión de papeles y bolsas hacia el exterior del relleno, para elaboración de éste cerco no es necesario el uso de material costoso, sino que se puede utilizar material como palos y bambú. También es necesaria la construcción de una caseta o bodega para el almacenamiento de herramientas y ropa de trabajo del personal, además de una caseta de vigilancia permanente en el lugar que cubra al relleno sanitario y a la planta de compostaje.

### **Componentes de un Relleno Sanitario.**

#### 1. Caseta de control.

La construcción de una caseta es importante para ser usada como: portería, lugar para guardar herramientas, instalaciones sanitarias, cocina para calentar alimentos y resguardo para trabajadores.



Imagen 5.8 Portón y caseta de control de un relleno sanitario

## 2. Instalaciones sanitarias.

El sitio debe contar con instalaciones mínimas que aseguren la comodidad y bienestar de los trabajadores, para conseguir lo anterior, se debe tener servicios sanitarios; como mínimo se requiere una letrina.

## 3. Acceso interno.

Para entregar los DSU en frente del área de trabajo, se acepta como vía interna una pequeña carretera de 6 m de ancho, con sus drenajes, la cual debe mantenerse en buenas condiciones durante todo el año.

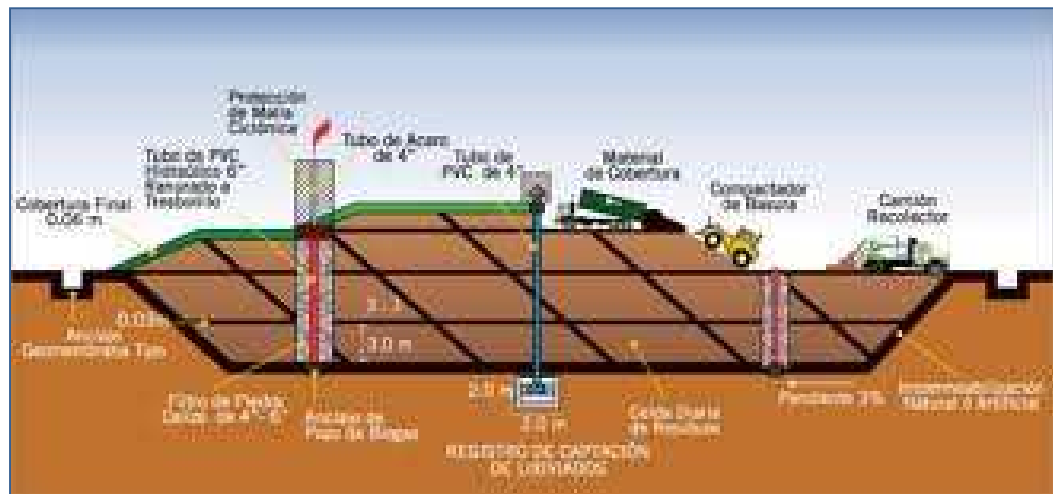
Imagen 5.9 Instalaciones sanitarias y vía de acceso interno de un relleno sanitario manual.



#### 4. Área para celdas del relleno sanitario.

Es el área destinada a la disposición final de los desechos sólidos, debe planearse de tal manera que se pueda orientar y controlar su avance, de acuerdo con el diseño y el uso futuro proyectado. Para un relleno sanitario manual las terrazas pueden tener una altura de tres metros y seis de ancho. Así mismo se pueden combinar los métodos de trinchera y de área para aprovechar mejor el terreno.

Imagen 5.10 perfil típico de una celda de relleno sanitario



#### 5. Laguna de lixiviados.

El manejo de los lixiviados es uno de los mayores problemas de un relleno sanitario, por ello el tener un lugar de deposición de los mismos es una de las formas de tratar este problema. La condición del líquido de lixiviado se realiza por medio de un sistema de drenaje por gravedad capaz de transferir todo el lixiviado hasta las lagunas con el fin de estabilizar el líquido en un solo lugar y ser desalojado por camiones cisterna ó tratados en el lugar.



Imagen 5.11 Laguna de lixiviados

#### 6. Sistema de drenaje pluvial.

En áreas con alto índice de precipitación, el sistema de drenaje de aguas lluvias cobra mayor importancia, debido a que es necesario tener un control adecuado de la escorrentía superficial, la canalización adecuada de la misma es vital, para lo cual se utiliza un canal abierto.



Imagen 5.12 sistema de drenaje típico de un relleno sanitario

#### **Equipo y Maquinaria a utilizar**

Para el mantenimiento y operación del relleno sanitario no es necesario el uso de equipo sofisticado. El equipo más común que le servirá al personal para realizar su trabajo son palas, azadones, piochas, que les servirán para compactar, separar y rellenar. Además el uso de las carretillas es importante para el transporte de los desechos del lugar de la separación hacia el relleno en cuestión.



En la tabla 5.11 se presenta las herramientas y equipos que se pueden utilizar para las actividades específicas que comprende la planta de compostaje.

Tabla 5.11 Herramientas utilizadas para el Relleno Sanitario

<b>Actividad</b>	<b>Herramientas a utilizar</b>
Separación	Palas, Rastrillos, Guantes y Mascarillas
Transporte	Carretillas manuales
Colocación de Zanjas	Palas, Azadones y Barras
Compactación para formar celda	Rastrillos y Apisonador de mano para compactar
Colocación de tierra de recubrimiento	Palas y Apisonador de mano para compactar

FUENTE: Elaboración propia

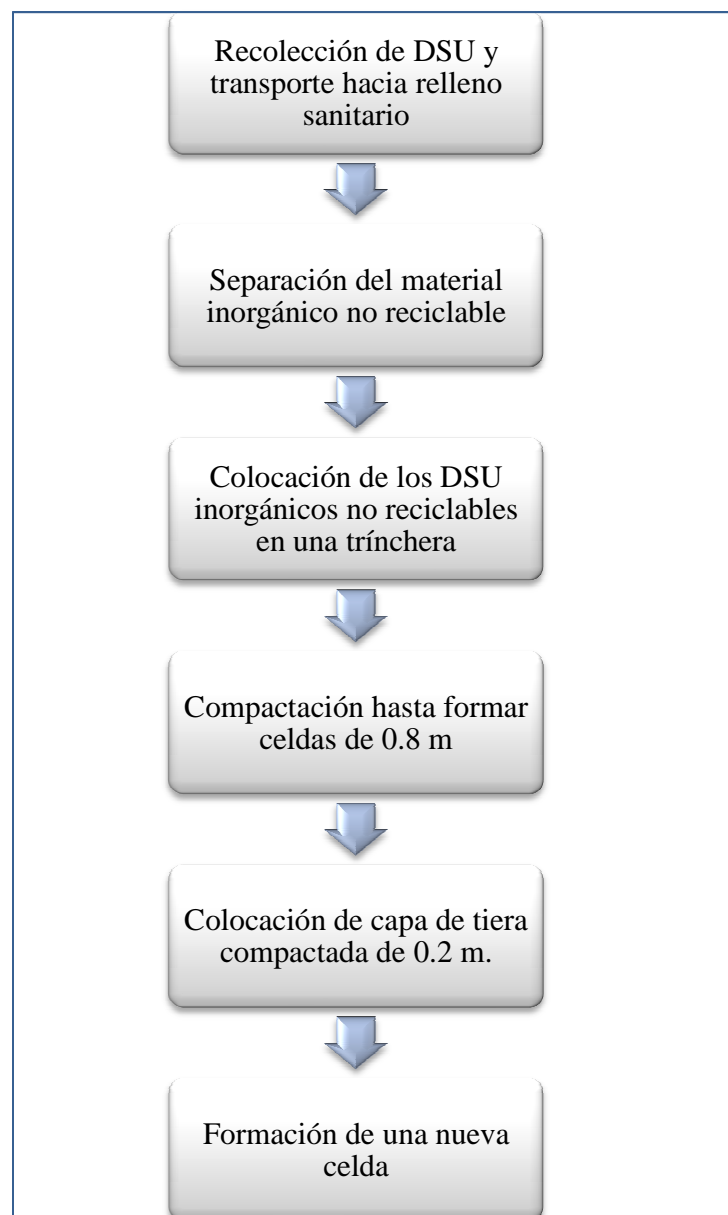
### **Operación completa del Relleno Sanitario**

La operación y el mantenimiento del relleno sanitario es más sencillo que la del compostaje. El proceso comienza con la recolección de los desechos en los camiones, luego la efectiva separación de la materia orgánica con destino a la planta de compostaje, los materiales reciclables a la unidad de reciclaje y luego el material no orgánico que va dirigido hacia el relleno sanitario.

Después se transporta al lugar del relleno y se coloca en forma extendida y no en forma de montones. Luego de ser colocada en la zanja del relleno se comienza a compactar, luego de tener cierto espesor la compactación (de aproximadamente 80 cm), se le coloca una capa de tierra encima de aproximadamente 20 cm, para que posteriormente se agregue otra capa de material y así sucesivamente. A cada capa de material se le llama celda; para la operación del relleno sanitario se utilizarán dos personas realizando las labores descritas anteriormente.

En la figura 5.20 se presenta un diagrama de flujo que detalla el funcionamiento del relleno sanitario.

Figura 5.20 Funcionamiento del relleno sanitario



Fuente: Elaboración propia

En el anexo 7 se detallan los diferentes tipos de diseño para los rellenos sanitarios. Vale la pena mencionar que para éste diseño no se ha considerado chimeneas para los gases producidos ya que éste relleno sanitario no contendrá material orgánico que es el causante de dichos gases.

### 5.3.6 Dimensionamiento del terreno requerido

Para optimizar los recursos y disminuir el tiempo de traslados, se ha optado por ubicar los diferentes componentes del modelo de gestión de desechos sólidos en un mismo terreno, los requerimientos de terreno para cada unidad se detallan en la tabla 5.12.

Tabla 5.12 dimensiones de terreno requerido para construcción de un RSM con planta de compostaje y unidad de reciclaje para el municipio de Quezaltepeque.

<b>Unidad</b>	<b>Área requerida ( m<sup>2</sup>)</b>
Unidad de Separación	300
Unidad de Reciclaje	300
Planta de Compostaje	10,400
Relleno Sanitario Manual	44,100
<b>Total</b>	<b>55,100</b>

Fuente: Elaboración propia

Adicional a estas dimensiones se debe calcular el área requerida para las casetas de vigilancia, instalaciones sanitarias y vías de acceso, cuyo

cálculo se deberá hacer en el momento del diseño del Relleno Sanitario; en el anexo 8 se presenta una propuesta de configuración del terreno.

#### 5.4 Aspectos financieros/económicos

La financiación del servicio de recolección de los desechos sólidos, se obtiene mediante una tasa que los ciudadanos receptores del servicio deben abonar en la Alcaldía.

La tasa para este servicio se aplica en función del área de la propiedad predial del usuario y está estructurada como se muestra en la tabla 5.13

Tabla 5.13 tasas municipales por servicio de recolección de desechos sólidos.

<b>Tarifas</b>	<b>Importe (\$/m<sup>2</sup>)</b>
Doméstica	0.018
Comercial e industrial	0.024

Fuente: Alcaldía Municipal de Quezaltepeque

La Alcaldía municipal de Quezaltepeque no cuenta con datos exactos del área catastrada como domiciliar y comercial, ya que en la actualidad el cobro se realiza mediante un programa de cómputo el cuál asigna el monto correspondiente según la clasificación de cada inmueble, pero este no provee el número de inmuebles con una clasificación específica.

Por lo tanto para estimar los ingresos se trabajará a partir del caso más desfavorable, es decir se efectuará el cálculo para el área total catastrada con el cobro de tasa domiciliar.

Tabla 5.14 Ingresos Teóricos de la Alcaldía municipal de Quezaltepeque por tasación de servicio de recolección de desechos sólidos.

Área cubierta por el servicio	2,492,709 m <sup>2</sup>
Tarifa aplicada	\$ 0.018/ m <sup>2</sup> /mes
Ingresos Teóricos por recolección de DSU	\$ 44,868.76/ mes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.15 se presenta una estimación de los gastos de la municipalidad para el funcionamiento del servicio de recolección de DSU en el área urbana del municipio de Quezaltepeque según la propuesta aquí realizada.

Tabla 5.15 estimación de gastos para el servicio de recolección de DSU.

<b>Rubro</b>	<b>Monto (US \$)</b>
Mano de Obra	20,918.90
Materiales y suministros	3,250.00
Equipamiento	1,280.00
Gastos Indirectos	11,741.33
<b>Total</b>	<b>37,190.23</b>

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar los ingresos teóricos son suficientes para cubrir los gastos incurridos para el suministro del servicio de recolección de DSU proyectado con las dos nuevas zonas; para que esta proyección sea real, la municipalidad deberá crear mecanismos de cobro de las tasas municipales que permitan la recaudación de al menos el 95% de los fondos durante el año y deberá actualizar constantemente el registro catastral para garantizar que todas las zonas servidas estén debidamente registradas.

Actualmente se cobra una tasa de US\$ 0.01/ m<sup>2</sup> / mes, en concepto de disposición final de desechos sólidos, estos fondos son destinados al pago del relleno sanitario de MIDES, en el momento que entre en funcionamiento el relleno sanitario manual administrado por la municipalidad, se deberá hacer un análisis económico que incluya los costos de construcción, mantenimiento, operación y clausura del relleno sanitario, y en función de este determinar la tasa impositiva a cobrar a la población.

Otra alternativa es que la municipalidad cree una empresa municipal que se encargue de la administración y operación del relleno sanitario, y que esta empresa cobre por tonelada métrica recibida en el relleno sanitario (al igual que lo hace en la actualidad MIDES), imponiendo un costo igual al cobrado por MIDES a la fecha (US\$ 20.55/Ton métrica) y las utilidades obtenidas por el sobreprecio del tratamiento se inyecten al presupuesto de la municipalidad para el desarrollo de obras de interés social; para esta alternativa, se mantendría la tasación actual de US\$ 0.01/ m<sup>2</sup>/mes.

**CAPÍTULO VI:**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 6.1 Conclusiones

- El sistema de gestión de desechos sólidos actual, posee un funcionamiento aceptable, pero se encuentra al límite de su capacidad lo que imposibilita la adición de nuevos proyectos urbanísticos que se están desarrollando actualmente en el municipio, por lo que se vuelve necesario un rediseño y ampliación del actual sistema de manejo integrado de desechos sólidos para garantizar su buen funcionamiento futuro.
- En base a la caracterización de los desechos sólidos generados en el municipio, se observa que la mayoría de estos son materiales orgánicos. En los barrios y colonias donde se hizo el muestreo, se obtuvo un porcentaje del 66.88%. Estos datos nos llevan a concluir que el comportamiento del municipio es similar y constante en el tiempo ya que los datos obtenidos en el estudio realizado son bastante similares a los obtenidos por la municipalidad en el pasado.
- Luego de haber realizado un estudio en el cuál se determinaron las cantidades y los diferentes tipos de desechos generados por la población del municipio, se concluye que la alternativa de la construcción de un relleno sanitario con unidad de reciclaje y planta de compostaje es la más viable en cuanto beneficios ambientales y económicos se refiere.
- En el sistema propuesto, la generación de los desechos sólidos y el almacenamiento interno en cada hogar no cambiaría. Es decir, no se trataría de disminuir, reutilizar o reciclar, ni de separar los residuos que se producen en el corto plazo.



- La implementación de una planta de compostaje en el municipio de Quezaltepeque proporciona beneficios ambientales y económicos a la municipalidad al incrementar la vida útil del relleno sanitario y al generar ingresos por la venta del compost, y a la vez se convertiría en una fuente de ayuda indirecta al sector agrícola a través de la generación de subproductos que se pueden utilizar como fertilizantes para los suelos con un costo inferior a los fertilizantes químicos.
- En el aspecto administrativo, se ha rediseñado la estructura del organigrama municipal, creando un departamento de gestión de desechos sólidos cuya función principal será la de velar por la buena operación y mantenimiento de dicho sistema. Este departamento está formado por personas encargadas de dirigir y organizar el trabajo y funcionamiento de todo el sistema de gestión, en la parte de la recolección, la separación y la operación en el relleno sanitario, la unidad de reciclaje y la planta de compostaje. Se diseñó así para que exista un responsable específico que administre cada una de las áreas de trabajo y se encargue de orientar a todos los operadores correspondientes. De esta manera se pretende que exista un mejor control, para que en conjunto se lleve a cabo el mejor funcionamiento posible.
- El nuevo sistema de gestión de desechos sólidos contiene diversos beneficios para los trabajadores entre los cuales está la proveeduría de equipo de protección personal adecuado a la labor que desarrollan, uniforme y zapatos, revisiones periódicas de salud, etc. lo que permitirá que desarrollen su trabajo en condiciones sanitarias más aceptables.
- El nuevo sistema requiere de la creación de dos nuevas zonas de recolección de desechos sólidos, una en el sector nor-oriente del municipio y la otra en el sector sur-

ponente de Quezaltepeque, ya que ambas zonas están teniendo un rápido crecimiento urbanístico.

- Para el mejor funcionamiento del sistema de gestión de desechos sólidos, es necesario implementar una base legal y tributaria en la cuál esté sustentado dicho sistema. El cumplimiento de las leyes del medio ambiente y la elaboración de ordenanzas municipales para el control y financiamiento del sistema, hacen que la operación de dicho sistema se realice de una manera más efectiva.
- Para la implementación de este modelo, se requiere de una alta inversión inicial, principalmente en la construcción de la infraestructura necesaria para el relleno sanitario y la planta de compostaje, el cual debe recuperarse a lo largo de la vida útil del proyecto con el cobro de una tasa por disposición final de desechos sólidos similar a la cobrada actualmente para cubrir los costos incurridos por depositar los DSU en el relleno sanitario de MIDES.
- La municipalidad no necesita incrementar las tasas municipales en concepto de recolección de desechos sólidos para que el nuevo sistema sea autosostenible, pero debe crear estrategias que permitan la recaudación anual de por lo menos el 95% de los fondos derivados de esta tasación.

## **6.2 Recomendaciones**

- Para que el desarrollo del sistema de gestión se dé apropiadamente, se recomienda que se den capacitaciones a las personas encargadas de la operación, así como también charlas informativas y de concientización antes de que comience la

implementación y durante su realización. Las capacitaciones deberían incluir aspectos de seguridad e higiene laboral y las charlas ir enfocadas a toda la población en donde se explicarían los beneficios a obtener con el nuevo sistema de gestión integral para el manejo de desechos sólidos.

- Se recomienda hacer un estudio económico sobre el sistema propuesto. Es necesario que el estudio se haga detalladamente para verificar si es factible poder implementar dicho sistema en el municipio con el nivel de recaudación actual. El estudio serviría para poder tener datos reales y no supuestos con respecto al costo y gastos de una operación tan importante, además de verificar si el sistema es sostenible en el tiempo.
- Se debe de asegurar que la recolección y el tratamiento de los residuos sólidos generados sea hecha en su totalidad. También se necesita tener una cantidad adecuada de personal operador que maneje la planta de compostaje y el relleno sanitario.
- Se recomienda utilizar un relleno de operación manual, debido a que la cantidad de desechos sólidos luego de la separación de la materia orgánica a compostar e inorgánica reciclable es de 16 toneladas diarias al final de su vida útil, se encuentra dentro del rango para la selección de un relleno sanitario manual (menor a 20 ton/día). en contraste con un relleno mecanizado que requiere un mayor volumen diario para ser rentable (mayor a 40 ton/día). Además el uso de este tipo de relleno representaría un menor costo para los municipios mancomunados.

- Luego de realizar el análisis de exclusión de zonas y determinar las áreas factibles para la construcción del relleno sanitario, se recomienda realizar las siguientes pruebas para la selección del terreno que albergará el relleno sanitario:
  - i. Prueba para determinar la permeabilidad por el método de infiltración in situ.
  - ii. Prueba para determinar la clasificación de suelos, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS.
  - iii. Prueba geofísica de exploración consistente en sondeos verticales en base a la resistividad eléctrica para determinar las características geológicas e hidrológicas del suelo y del sitio, respectivamente.
  - iv. Prueba de Penetración Estándar.
  - v. Prueba de Consolidación.
  
- Se recomienda realizar los análisis del costo de inversión y operación enunciados en los apartados 5.4 con el objeto de establecer la tarifa municipal de recolección y disposición final de los desechos sólidos.
  
- Se recomienda la contratación de un supervisor profesional en el manejo de desechos sólidos para que elabore el diseño estructural, inspeccione la construcción del relleno sanitario, determine los costos de operación y desarrolle un manual de operación para el funcionamiento de todo el sistema de disposición final.

Para los estudiantes de Ingeniería Civil

- Retomar el presente documento y como base para futuros trabajos de graduación bajo la temática de diseñar un relleno sanitario que cumpla con las condiciones aquí descritas además de la elaboración del manual de operación y funcionamiento.

## GLOSARIO

- **Área natural protegida:** Aquellas partes del territorio nacional legalmente establecida con el objeto de posibilitar la conservación, el manejo sostenible y restauración de la flora y la fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genético, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera que preserven el estado natural de las comunidades bióticas y los fenómenos geomorfológicos únicos.
- **Biogás:** Es la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias. Los principales componentes del biogás son metano y dióxido de carbono.
- **Capacidad de carga:** Propiedad del ambiente para absorber o soportar agentes externos, sin sufrir deterioro tal que afecte su propia regeneración o impida su renovación natural en plazos y condiciones normales o reduzca significativamente sus funciones ecológicas.
- **Catastro:** Es una contribución real que se impone sobre todas las rentas fijas basado en un censo y padrón estadístico.
- **Compost:** Es el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

- **Compostaje:** Proceso de manejo de desechos sólidos, por medio del cual los desechos orgánicos son biológicamente descompuestos, bajo condiciones controladas, hasta el punto en que el producto final puede ser manejado, embodegado y aplicado al suelo, sin que afecte negativamente el medio ambiente.
- **Desechos:** Material o energía resultante de la ineficiencia de los procesos y actividades, que no tienen uso directo y es descartado permanentemente.
- **Desechos sólidos:** Son los restos de materiales, sustancias, soluciones, mezclas u objetos en estado sólido o semisólido producidos por las actividades humanas, considerados por los generadores como inútiles y para los cuales no se prevé un destino inmediato por lo que deben ser eliminados o dispuestos en forma permanente
- **Disposición final:** Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza.
- **Ecosistema:** Es la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.
- **Estudio de impacto ambiental:** Instrumento de diagnóstico, evaluación, planificación y control, constituido por un conjunto de actividades técnicas y científicas realizadas por un equipo multidisciplinario, destinadas a la identificación, predicción y control de los impactos ambientales, positivos y negativos, de una actividad, obra o proyecto, durante todo su ciclo vital, y sus

alternativas, presentado en un informe técnico; y realizado según los criterios establecidos legalmente.

- **Freático:** la capa acuífera subterránea y de las aguas que la forman, las cuales se aprovechan mediante pozos. Esta capa es más o menos superficial según que exista o no una capa arcillosa impermeable.
- **Humus:** es un complejo de materia orgánicas procedentes de restos vegetales o animales que han sufrido la descomposición bacteriana o el efecto de reacciones químicas complejas y muy variadas que tienen lugar en el terreno, proceso que se conoce con el nombre de humificación.
- **Lixiviado:** Líquido que se ha filtrado o percolado, a través de los residuos sólidos u otros medios, y que ha extraído, disuelto o suspendido materiales a partir de ellos, pudiendo contener materiales potencialmente dañinos.
- **Medio Ambiente:** El sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en la que viven, determinando su relación y sobre vivencia, en el tiempo y el espacio.
- **Pepenadores:** Persona que recoge desperdicios del suelo; dicese principalmente de los que rebuscan materiales reciclables entre la basura.
- **Permiso ambiental:** Acto administrativo por medio del cual el Ministerio de acuerdo a esta ley y su reglamento, a solicitud del titular de una actividad, obra o

proyecto, autoriza a que estas se realicen, sujetas al cumplimiento de las condiciones que este acto establezca.

- **Reciclaje:** Cualquier proceso donde materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden ser utilizados o vendidos como nuevos productos o materias primas.
- **Relleno sanitario:** Es el sitio que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnicas de ingeniería sanitaria y ambiental, en donde se depositan, esparcen, acomodan, compactan y cubren con tierra, diariamente los desechos sólidos, contando con drenaje de gases y líquidos percolados.
- **Relleno sanitario manual:** Es aquél en que se requiere de equipo pesado que labore permanentemente en el sitio y de esta forma realizar todas las actividades señaladas en el relleno sanitario manual, así como de estrictos mecanismos de control y vigilancia de su funcionamiento.
- **Relleno sanitario mecanizado:** Es aquél en el que sólo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas, la extracción y el acarreo y distribución del material de cobertura. Todos los demás trabajos, tales como construcción de drenajes para lixiviados y chimeneas para gases, así como el proceso de acomodo, cobertura, compactación y otras obras conexas, pueden realizarse manualmente.
- **Zona de recarga acuífera:** Lugar o área en donde las aguas lluvias se infiltran en el suelo, las cuales pasan a formar parte de las aguas subterráneas o freáticas.



## BIBLIOGRAFÍA

- **Alegre, M** [2000] Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. Cepis.
- **Dirección General de Estadísticas y Censos** [2007] Censos Nacionales VI de población y V de vivienda, Ministerio de Economía. El Salvador.
- **Galicia, R** [1999] “Compostaje y Vermicompostaje”. Trabajo de Graduación Universidad Tecnológica, San Salvador.
- **Garrido, S.** [1998] Regulación básica de la producción y gestión de residuos sólidos. España.
- **SIBASI, Sistema Básico de Salud** [2002] Ministerio de salud pública y asistencia social. El Salvador.
- **Tchobanoglous, G.** y otros [1998] Gestión integral de residuos sólidos volumen 1. Editorial McGraw – Hill, México.
- **The S.M Group International inc.** [1997] Propuesta inicial política, marco legal e institucional para el manejo de los desechos sólidos, Apoyo al programa ambiental de El Salvador ( ATN/SF 4336-ES).
- **Zelaya, L** [2001] Primer Censo Nacional de Desechos Sólidos, Ministerio del Medio Ambiy Rente eursos Naturales, El Salvador.

- Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos, [2006] Ministerio del Medio Ambiy Rente e cursos Naturales, El Salvador.
- **Argüello Miranda, Marco Antonio. Rivas Rauda, Carlos Enrique. Zaun Murcia, Rafael Arnoldo.** [2004] Diseño de manejo integral de desechos sólidos para micro regiones. (edición digital)
- **Alenza García, J. F.,** [1997] El sistema de la gestión de residuos sólidos urbanos en el derecho Español. Boletín oficial del estado, España.
- **Bell Rodríguez, A.E., M. E. Flores, C. E. Meléndez** [1984] Estudio de la disposición final de los residuos sólidos en la ciudad de Cojutepeque. Trabajo de graduación para optar al grado de Ingeniero Civil en la Universidad Centroamericana “José Simeón cañas”. San Salvador. El Salvador.
- **Decreto 42.** [200] Diario Oficial 101, tomo 347. 87-89.
- **Henry, G. J., G. W. Heinke** [1999] Ingeniería ambiental. Editorial Prentice Hall, México.
- **Henry, G. J., G. W. Heinke** [1999] Ingeniería ambiental. Editorial Prentice Hall, México.

- **Jaramillo, J. [1999]** Guía para el manejo de los desechos sólidos de ciudades pequeñas y rurales, México.
- **MARN. [1998]** Reglamento especial sobre el manejo integral de los desechos sólidos. Gobierno de la República de El Salvador
- **MARN. [2001]** Primer Censo Nacional de Manejo de Desechos Sólidos Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de la República de El Salvador.
- **Pineda, L. [2002]** Aspectos geotécnicos del diseño de rellenos sanitarios. *Revista ASIA*. N° 143. Marzo. 14-20.
- **GTZ, Modelo de Manejo Integrado de Desechos Sólido, Propuesta, 2005**, 10 de octubre de 2008  
[www.ccad.ws/.../talleres/.../PoliticResiduosSolidos/MIDS\\_GTZ.ppt](http://www.ccad.ws/.../talleres/.../PoliticResiduosSolidos/MIDS_GTZ.ppt)
- Mejora de la Recogida de Desechos sólidos urbanos en Quezaltepeque Agencia española de Cooperación Internacional (AECI)
- Plan de manejo de desechos sólidos en la gestión ambiental empresarial. Ministerio de ciencia, tecnología y medio ambiente
- **Eva Röben, DED /Diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios/ Ilustre Municipalidad de Loja; Loja, Ecuador, 2002, febrero de 2009** [http://www.cepis.ops-oms.org/curso\\_rsm/e/fulltext/loja.pdf](http://www.cepis.ops-oms.org/curso_rsm/e/fulltext/loja.pdf)

## BIBLIOGRAFIA VIRTUAL

- **Internet 1:**

<http://www.tierramerica.org/salud/avances.shtml>

Avances en tratamiento de desechos sólidos.

- **Internet 2:**

<http://ccad.sgsica.org/ecoportal/legislacion/les.htm>

Legislación Ambiental de El Salvador.

- **Internet 2:**

<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/curso/relleno/capitulo2.html>

Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales.

- **Internet 4:**

<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/fulltext/curso/pequena/pequena.html>

Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales.

- **Internet 5:**

<http://www.baxter.com.co/servicios/reciclaje.htm>

Pasos para el diseño e implementación de un programa de reciclaje de desechos sólidos.

- **Internet 6:**

[http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/tecapropiada/desinfec/rellenos\\_sanitarios.htm](http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/tecapropiada/desinfec/rellenos_sanitarios.htm)

Información sobre rellenos sanitarios manuales.

# **ANEXOS**