

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA DE RECOLECCIÓN INTEGRADA DE DESECHOS SÓLIDOS POR  
CLASIFICACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE NEJAPA**

PRESENTADO POR:

**JOAQUIN ALBERTO MOLINA SARAVIA**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2019

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL:

**LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

SECRETARIO:

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

DIRECTOR:

**ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de graduación previo a la opción al Grado de:

**INGENIERO CIVIL**

Título

**PROPUESTA DE RECOLECCIÓN INTEGRADA DE DESECHOS SÓLIDOS POR  
CLASIFICACIÓN EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE NEJAPA**

Presentado por:

**JOAQUIN ALBERTO MOLINA SARAIVA**

Trabajo de graduación aprobado por:

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

**ING. MSc. JOSE MARIO MENÉNDEZ PEÑATE**

San Salvador, Febrero de 2019

Trabajo de graduación aprobado por:

Docentes Asesores:

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

**ING. MSc. JOSE MARIO MENÉNDEZ PEÑATE**

## **AGRADECIMIENTOS**

A cada persona que he encontrado a lo largo de mi vida, directa e indirectamente me he formado por los que me han rodeado desde que nací, soy la imagen de lo que aprendí de cada uno de ellos por lo que a todos los que me conocen les doy mi más sincero y eterno agradecimiento.

## **DEDICATORIA**

Le dedico esta investigación a las personas que quieren crear un mundo donde le otorguemos la importancia que se merece a la madre Tierra antes que sea tarde.

**Joaquin Alberto Molina Saravia**

**INDICE**

Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tablas.....	xvi
SIGLAS.....	xix
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.2.1 Situación medioambiental general .....	3
1.2.2 Situación general de los desechos sólidos en El Salvador .....	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.4 OBJETIVOS.....	9
1.4.1 OBJETIVO GENERAL .....	9
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	9
1.5 ALCANCES .....	10
1.6 LIMITACIONES .....	11
1.7 JUSTIFICACIÓN.....	12
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
CAPÍTULO II.....	14
FUNDAMENTOS TEÓRICOS EN LA GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS ...	14
2.....	14
2.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	14
2.1.1 DEFINICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS.....	14

2.1.2	TIPOS DE DESECHOS SÓLIDOS.....	15
2.1.3	COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS .....	21
2.1.4	CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS .....	23
2.2	ETAPAS DEL SISTEMA DE MANEJO ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS .....	27
2.2.1	GENERACIÓN .....	27
2.2.2	RECOLECCIÓN .....	28
2.2.3	DISPOSICIÓN FINAL.....	42
2.3	MANEJO ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL SALVADOR	42
2.3.1	ASPECTO ADMINISTRATIVO.....	43
2.3.2	ASPECTO TECNICO Y OPERATIVO.....	45
2.3.3	ASPECTO FINANCIERO Y ECONÓMICO .....	47
2.4	TRATAMIENTOS ACTUALES A LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL SALVADOR.....	51
2.4.1	INCINERACIÓN .....	51
2.4.2	DISPOSICIÓN FINAL EN RELLENO SANITARIO.....	52
2.4.3	RECICLAJE .....	53
2.4.4	REUSO .....	55
2.4.5	COMPOSTAJE.....	56
2.5	MARCO NORMATIVO EN EL SALVADOR .....	61
2.5.1	LEGISLACIÓN INTERNACIONAL AMBIENTAL EN CENTROAMERICA .....	61
2.5.2	MARCO LEGAL EN EL SALVADOR.....	63



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
CAPÍTULO III.....	68
GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE NEJAPA Y DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL DE DESECHOS.....	68
3.....	68
3.1 ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO.....	68
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	70
3.1.2 SUELO Y TOPOGRAFÍA .....	72
3.1.3 INDUSTRIAS Y COMERCIO .....	74
3.1.4 CLIMA DEL MUNICIPIO .....	74
3.1.5 INFRAESTRUCTURA.....	75
3.2 CONDICIONES ACTUALES EN EL MANEJO DE DESECHOS .....	76
3.2.1 GENERACIÓN .....	76
3.2.2 RECOLECCIÓN.....	77
3.2.3 ALMACENAMIENTO.....	80
3.2.4 TRATAMIENTO.....	81
3.2.5 TRANSFERENCIA DE RESIDUOS A DISPOSICIÓN FINAL .....	83
3.2.6 MANEJO ADMINISTRATIVO EN EL MUNICIPIO DE NEJAPA....	89
3.2.7 MANEJO TECNICO Y OPERATIVO.....	90
3.2.8 COSTOS A LA COMUNA Y COSTOS A LA POBLACIÓN .....	94
3.3 AREÁAS NUEVAS DE RECOLECCIÓN EN EL MUNICIPIO.....	95
3.4 ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE NEJAPA .....	95
3.4.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	95

3.4.2	ORIGEN Y COMPOSICIÓN .....	100
3.4.3	RESULTADOS .....	125
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	133
	CAPITULO IV.....	134
	PROPUESTA DE RECOLECCIÓN INTEGRADA DE DESECHOS SÓLIDOS POR CLASIFICACIÓN.....	134
4.	.....	136
4.1	CONSIDERACIONES GENERALES.....	136
4.1.1	FACTORES TÉCNICOS .....	136
4.1.2	FACTORES ECONÓMICOS .....	137
4.1.3	TIPOS DE DESECHOS GENERADOS.....	138
4.1.4	CANTIDADES GENERADAS POR RUTA .....	139
4.2	PROPUESTA DE RECOLECCIÓN.....	146
4.2.1	MAQUINARIA A UTILIZAR PARA LIMPIEZA MECÁNICA .....	146
4.2.2	LIMPIEZA MANUAL (BARRIDO) .....	149
4.2.3	PROPUESTA DE FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN.....	152
4.2.4	LIMPIEZA DE UNIDADES RECOLECTORAS POR CAMBIO DE TIPO DE DESECHO.....	153
4.2.5	MANEJO ADMINISTRATIVO.....	153
4.2.6	MANEJO TÉCNICO Y OPERATIVO .....	155
4.2.7	CANTIDAD Y COSTOS .....	157
4.3	ALMACENAMIENTO DE MATERIALES RECICLABLES.....	159
4.3.1	LUGARES PROBABLES PARA ALMACENAMIENTO .....	159

4.3.2	DISEÑO DE INSTALACIÓN PARA ALMACENADO DE MATERIALES RECICLABLES A SEPARAR .....	160
4.3.3	FACTORES ADMINISTRATIVOS .....	164
4.3.4	FACTORES TÉCNICOS Y OPERATIVOS.....	164
4.3.5	CANTIDAD Y COSTOS .....	166
4.4	SEPARACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES .....	168
4.4.1	ÁREA DE SEPARACIÓN .....	168
4.4.2	METODOLOGÍA DE LA SEPARACIÓN.....	169
4.4.3	FACTORES ADMINISTRATIVOS.....	171
4.4.4	FACTORES TÉCNICOS Y OPERATIVOS.....	172
4.4.5	CANTIDAD Y COSTOS .....	172
4.5	VENTA Y REUTILIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES SEPARADOS.....	173
4.5.1	POSIBLES LUGARES DE VENTA DE MATERIALES SEPARADOS PARA RECICLAJE .....	173
4.5.2	FACTORES ADMINISTRATIVOS .....	175
4.5.3	OTRAS FORMAS DE UTILIZACIÓN DE MATERIALES SEPARADOS .....	175
4.6	PROPUESTA DE COMPOSTAJE DE DESECHOS ORGÁNICOS ...	176
4.6.1	LUGARES PROBABLES PARA ÁREA DE COMPOSTAJE .....	176
4.6.2	FACTORES ADMINISTRATIVOS.....	180
4.6.3	FACTORES TÉCNICOS Y OPERATIVOS.....	180
4.6.4	PROCESO DE COMPOSTAJE Y PRODUCTO .....	184
4.6.5	CANTIDAD Y COSTOS .....	185

4.7 PROPUESTA DE TRATAMIENTO DEL DESECHO SÓLIDO NO RECICLABLE .....	187
4.7.1 TRASLADO DEL DESECHO SÓLIDO NO RECICLABLE .....	187
4.7.2 DISPOSICIÓN FINAL EN RELLENO SANITARIO.....	187
4.8 COSTOS TOTALES .....	187
4.8.1 COSTOS TOTALES ADICIONALES POR MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS A LA COMUNA .....	187
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	191
CAPÍTULO V.....	192
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	192
5.....	192
5.1 CONCLUSIONES .....	192
5.2 RECOMENDACIONES.....	194
GLOSARIO .....	197

## Índice de Figuras

Figura 2.2.1: Ejemplo de camión de carga y descarga manual de desechos ...	32
Figura 2.2.2: Ejemplo de moto de carga y descarga manual de desechos.....	33
Figura 2.2.3: Ejemplo de camión de carga y descarga semiautomática. ....	33
Figura 2.2.4: Ejemplo de camión de carga y descarga automática.....	34
Figura 2.2.5: Ejemplo de sectorización .....	36
Figura 2.2.6: Modelos de rutas para doble peine.....	40
Figura 2.3.1: Organigrama de Gerencia de Medio Ambiente en alcaldías.....	46
Figura 2.4.1: Sección transversal de un relleno sanitario moderno que muestra las barreras incorporadas en el diseño de ingeniería. ....	53
Figura 3.1.1: Variación de la población urbana y rural.....	70
Figura 3.1.2: Ubicación del municipio de Nejapa .....	71
Figura 3.1.3: Zonas climáticas de El Salvador .....	75
Figura 3.2.1: Venta de frutas y verduras en el mercado municipal de Nejapa. .	82
Figura 3.2.2: Especies de árboles en el vivero municipal de Nejapa. ....	82
Figura 3.2.3: Manejo de especies arbóreas en el vivero municipal de Nejapa. .	83
Figura 3.2.4: Registro Histórico de desechos sólidos entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa. Gráfica de toneladas de desechos versus mes, datos desde el año 1999 al 2014 (tomando años representativos). ....	85
Figura 3.2.5: Registro Histórico de desechos sólidos entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa. Gráfica de toneladas de desechos versus año, datos desde el año 2000 al 2013. ....	86
Figura 3.2.6: Registro Histórico de desechos sólidos entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa. Gráfica de porcentaje de incremento de desechos generados versus año, datos desde el año 2000 al 2013.....	87
Figura 3.2.7: Registro Histórico de desechos sólidos entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa. Gráfica de cantidad de desechos generados por habitante al año, datos desde el año 2000 al 2013. ....	88
Figura 3.4.1: Recolección de desechos en Urbanización Villa Constitución.....	97
Figura 3.4.2: Pesaje de desechos sólidos recolectados en báscula del relleno sanitario MIDES, en la cual ya se tiene la tara del camión compactador... .	98
Figura 3.4.3: Descarga de camión recolector en área especial para realizar muestreo sin interferir con operación del relleno sanitario.....	99
Figura 3.4.4: Separación de desechos para clasificación sobre carpeta. ....	100

Figura 3.4.5: Equipo utilizado para ruta 1. ....	101
Figura 3.4.6: Ruta 1 El Jabalí I y II – El Cedral (A) .....	103
Figura 3.4.7: Ruta 1 El Jabalí I y II – El Cedral (B) .....	104
Figura 3.4.8: Equipo utilizado para ruta 2. ....	105
Figura 3.4.9: Ruta Las Américas – C.E. Francisco Morazán .....	107
Figura 3.4.10: Equipo N-9616 de apoyo, año 2017, Marca Forland, capacidad 3Ton.....	108
Figura 3.4.11: Equipo utilizado para ruta 3. ....	109
Figura 3.4.12: Ruta 3 Pupusódromo – Barrio San Antonio .....	111
Figura 3.4.13: Equipo utilizado para ruta 4. ....	112
Figura 3.4.14: Ruta 4 Pupusódromo El Laurel – C Imberton (A).....	114
Figura 3.4.15: Ruta 4 Pupusódromo El Laurel – C Imberton (B).....	115
Figura 3.4.16: Equipo utilizado para ruta 5. ....	116
Figura 3.4.17: Ruta 5 Aldea de Mercedes – Entrada calle de MIDES (A).....	118
Figura 3.4.18: Ruta 5 Aldea de Mercedes – Entrada calle de MIDES (B).....	119
Figura 3.4.19: Equipo utilizado para ruta 6. ....	120
Figura 3.4.20: Ruta 6 Hacienda Mapilapa – Entrada a calle de MIDES.....	122
Figura 3.4.21: Áreas totales de recolección de desechos sólidos en el municipio de Nejapa (Azul) .....	123
Figura 3.4.22: Equipo N-9617 de apoyo, año 2017, Marca Forland, capacidad 3Ton.....	124
Figura 3.4.23: Composición de los desechos sólidos de ruta 1 .....	125
Figura 3.4.24: Composición de los desechos sólidos de ruta 2 .....	126
Figura 3.4.25: Composición de los desechos sólidos de ruta 3 .....	127
Figura 3.4.26: Composición de los desechos sólidos de ruta 4 .....	128
Figura 3.4.27: Composición de los desechos sólidos de ruta 5 .....	129
Figura 3.4.28: Composición de los desechos sólidos de ruta 6 .....	130
Figura 3.4.29: Composición de los desechos sólidos del municipio de Nejapa .....	131
Figura 4.1.1: Composición de los desechos sólidos del municipio de Nejapa	139
Figura 4.2.1: Carretilla para recolección de desechos manualmente .....	151
Figura 4.2.2: Organigrama del equipo de recolección de desechos .....	154

Figura 4.3.1: Ubicación de terreno designado para almacenar materiales a reciclar, así como centro de separación y almacenaje de materiales separados.....	159
Figura 4.3.2: Área donde se almacenarán materiales reciclables a separar. .	160
Figura 4.3.3: Vista frontal de nave industrial para almacenamiento de materiales reciclables a separar.....	161
Figura 4.3.4: Vista lateral de nave industrial para almacenamiento de materiales reciclables a separar.....	161
Figura 4.3.5: Diseño de columna de nave industrial para almacenamiento de materiales reciclables a separar. ....	162
Figura 4.3.6: Diseño de viga de nave industrial para almacenamiento de materiales reciclables a separar. ....	163
Figura 4.4.1: Acceso al área de separación de desechos sólidos designados (utilizado actualmente para separación de productos comprados).....	168
Figura 4.4.2: Área de separación de desechos sólidos reciclados. ....	169
Figura 4.4.3: Área propuesta para separación de desechos sólidos reciclados y almacenaje. ....	170
Figura 4.6.1: Área del vivero municipal propiedad de la Alcaldía de Nejapa. .	176
Figura 4.6.2: Área donde se reciben los desechos orgánicos de poda en el terreno del vivero municipal. ....	177
Figura 4.6.3: Área de acumulación de desechos de poda y zonas verdes en el vivero municipal .....	177
Figura 4.6.4: Producto de compostaje terminado listo para ser usado en el vivero municipal o donarlo a la población que lo solicite.....	178
Figura 4.6.5: Terreno propiedad de la alcaldía Municipal de Nejapa. ....	179
Figura 4.6.6: Diseño de montículo de desechos orgánicos con capacidad para contener el volumen que transporte un compactador.....	182
Figura 4.6.7: Diseño trincheras para colocación de desechos orgánicos y creación de composta aeróbica, colocados a cuatro metros de distancia entre ellos para facilitar traslado de retroexcavadora. ....	184

## Índice de Tablas

Tabla 2.1: Composición de los desechos sólidos en El Salvador .....	23
Tabla 2.2: Contenido de humedad de los componentes de los desechos sólidos en El Salvador .....	25
Tabla 2.3: Generación de desechos sólidos a nivel nacional en el año 2009... 27	
Tabla 2.4: Generación de desechos sólidos por departamento en El Salvador, año 2014.....	29
Tabla 2.5: Desechos depositadas en cada uno de los rellenos sanitarios en El Salvador, año 2014.....	30
Tabla 2.6: Asignación de subsectores .....	37
Tabla 2.7: Lógica de costo de manejo de desechos .....	48
Tabla 2.8: Costos promedios por tonelada de desechos sólidos recolectados según el tipo de administración del sistema de recolección y transporte... 49	
Tabla 2.9: tipología de los municipios de El Salvador.....	50
Tabla 2.10: Costo promedio por tonelada de desechos sólidos recolectados y transportados según tipología del municipio.....	51
Tabla 3.1: Tasas de crecimiento de población y datos históricos de censos, municipio de Nejapa, San Salvador.....	69
Tabla 3.2: Ocupación de inmuebles, municipio de Nejapa, San Salvador.....	69
Tabla 3.3: Horarios de barrido y recolección de desechos en el municipio de Nejapa .....	78
Tabla 3.4: Registro Histórico de desechos sólidos en toneladas entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa. ....	84
Tabla 3.5: Resumen de Presupuesto unidad medioambiental para 2018.....	95
Tabla 3.6: Información de Ruta 1 .....	102
Tabla 3.7: Información de Ruta 2.....	106
Tabla 3.8: Información de Ruta 3.....	110
Tabla 3.9: Información de Ruta 4.....	113
Tabla 3.10: Información de Ruta 5.....	117
Tabla 3.11: Información de Ruta 6.....	121
Tabla 3.12: Comparación por ruta de tonelaje recolectado versus la capacidad vehicular y población beneficiada. ....	132



Tabla 4.1: Cantidad de personas laborando en el área medio ambiental de la alcaldía de Nejapa. ....	136
Tabla 4.2: Maquinaria actual en el área medioambiental de la alcaldía de Nejapa .....	137
Tabla 4.3: Resumen de presupuesto 2018 para área medioambiental de alcaldía de Nejapa. ....	138
Tabla 4.4: Generación de desechos sólidos por rutas. ....	140
Tabla 4.5: Generación por tipo de desecho Ruta 1.....	140
Tabla 4.6: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 1 .....	141
Tabla 4.7: Generación por tipo de desecho Ruta 2.....	141
Tabla 4.8: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 2 .....	142
Tabla 4.9: Generación por tipo de desecho Ruta 3.....	142
Tabla 4.10: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 3 .....	143
Tabla 4.11: Generación por tipo de desecho Ruta 4.....	143
Tabla 4.12: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 4 .....	144
Tabla 4.13: Generación por tipo de desecho Ruta 5.....	144
Tabla 4.14: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 5 .....	145
Tabla 4.15: Generación por tipo de desecho Ruta 6.....	145
Tabla 4.16: Generación por tipo de desecho Ruta 6.....	146
Tabla 4.17: Clave de cálculos .....	147
Tabla 4.18: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 1 .....	147
Tabla 4.19: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 2 .....	147
Tabla 4.20: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 3 .....	148
Tabla 4.21: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 4 .....	148
Tabla 4.22: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 5 .....	148
Tabla 4.23: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 6 .....	148
Tabla 4.24: Promedio de tipo de desechos y propuesta de recipientes a utilizar para recolección manual.....	150

Tabla 4.25: Rutas a tomar de recolección por día. ....	152
Tabla 4.26: Funciones de equipo de recolección.....	154
Tabla 4.27: Detalle de costos de materiales para creación de carretilla para recolección manual a fecha diciembre de 2018.....	157
Tabla 4.28: Inversión anual en equipo de seguridad para área medioambiental de la alcaldía.....	158
Tabla 4.29: Generación promedio de desechos en Nejapa por tipo. ....	165
Tabla 4.30: Materiales y costo para elaboración de nave industrial para almacenar materiales reciclables a separar.....	167
Tabla 4.31: Materiales y costo para equipo de seguridad industrial para personal de separación. ....	173
Tabla 4.32: Cantidad y costo para manejo de desechos orgánicos para compostaje. ....	186
Tabla 4.33: Inversión total por manejo de desechos sólidos separados por parte de la Alcaldía Municipal de Nejapa en el primer año de implementación adicional a los costos actuales de operación.....	189
Tabla 4.34: Inversión total por manejo de desechos sólidos separados por parte de la Alcaldía Municipal de Nejapa en el segundo año en adelante adicional a los costos actuales de operación.....	190

**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 Alemana
INBI	Índice de Necesidad Básica Insatisfecha
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MIDES	Manejo Integral de los Desechos Sólidos
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
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
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

## **CAPITULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo de graduación es una puerta hacia un mejor manejo de los desechos sólidos en el país, iniciando con el municipio de Nejapa, el cual es perfecto para dar a conocer este tipo de proceso investigativo pues no es un municipio tan grande como para hacer de esta investigación algo largo y tedioso que al final no se realice.

Este trabajo pretende ser una guía para un futuro próximo en el cual, la separación de desechos desde el hogar sea un hecho, y se tome como referencia para tener el camino a seguir en la recolección de desechos por clasificación en el área urbana de Nejapa, refiriéndonos por clase a la separación de los desechos orgánicos (provenientes de restos de comida y jardinería) y los desechos inorgánicos (todo lo que no sea de origen natural) dando así ideas para diferentes tipos de recolección, por días, horas y rutas específicas dependiendo el tipo de desecho, barrido de calles, posterior almacenamiento o transporte.

Así también se pretenden dar ideas sobre cómo reusar el desecho separado, obteniendo múltiples beneficios, pues si se vende, el municipio obtiene dinero para utilizar en más proyectos, y además se estará ahorrando en disposición final, teniendo fondos que de otra manera no serían perceptibles, los cuales se

pretende demostrar que cubren los gastos iniciales de la puesta en marcha de los proyectos de separación.

Además, se hablará de cómo la materia orgánica puede utilizarse para producir compostaje, ayudando a los pequeños agricultores de la localidad, evitando que estos utilicen abonos químicos que al final dañan nuestras tierras, los mantos acuíferos, los ríos y la fauna que está en ella.

Si se tiene dudas sobre que se hará con el desecho restante que no se pueda reutilizar ni reciclar, pues se darán alternativas para su disposición final y así cerrar un ciclo de mal manejo de desechos que se ha tenido en el municipio y en todo el país desde tiempos de la conquista.

## 1.2 ANTECEDENTES

### 1.2.1 Situación medioambiental general

La calidad ambiental debe de ser una prioridad en la solución de problemáticas actuales, dado que de ésta depende la conservación de la buena salud humana y de todas las especies que habitan el planeta. Desde los orígenes del hombre, la generación de “basura” como se conoce comúnmente (técnicamente “desecho sólido”) ha ido de la mano con la evolución de éste, pero dado los avances tecnológicos, se han creado desechos no naturales (inorgánicos), en los cuales la degradación se ralentiza de manera exponencial, llegando a tardar algunos desechos hasta miles de años para degradarse.

A través de los años desde la colonia los salvadoreños han conservado las costumbres españolas donde el aseo ha sido responsabilidad de las municipalidades.

Los convenios que los países centroamericanos han firmado y ratificado iniciaron a mediados del siglo XX con acuerdos que trataban sobre la asignación y explotación de recursos naturales como la fauna, flora silvestre, aire y medio marino<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> MARN. (2008). Compilación de convenios y tratados internacionales en materia de medio ambiente. San Salvador, El Salvador.

### 1.2.2 Situación general de los desechos sólidos en El Salvador

En el año de 1992 se abre el sitio conocido como “Botadero de Nejapa” donde ésta alcaldía y muchas otras depositaban sus desechos, pero por falta de conocimiento de sus constructores pasó a ser un botadero a cielo abierto.

En El Salvador la situación de los desechos sólidos ha llegado a límites alarmantes de acuerdo con estudios hechos por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN); en 2003 se generaron aproximadamente 2,715 Toneladas diarias de desechos sólidos en todo el país, significando un crecimiento anual del 9.6% desde 1992 hasta el 2003. Ya en el año 2009 las áreas urbanas del país generaban 3,400 toneladas de desechos diarios de los cuales solo se recolectaron 2,563 toneladas, por lo que se tuvo una cobertura de tan solo el 75%.

En el país hay actualmente 14 rellenos sanitarios funcionando (autorizados) de los cuales solo 5 tienen capacidad para recibir cantidades mayores a 20 toneladas diarias.

La poca oferta de lugares donde depositar desechos sólidos ha hecho que el costo de transporte sea elevado e insostenible, ha creado una proliferación de puntos de transferencia ilegales y con condiciones precarias y de insalubridad muy altas.

Además de los elevados costos de disposición final han generado disminución en la cobertura y frecuencia de servicio de recolección municipal, causando una disminución en la calidad de la salud de las personas que viven en las ciudades. Además de esto la poca presencia de las autoridades para regular la calidad de los servicios y sus costos ha provocado cobros excesivos y el endeudamiento de las municipalidades.

En 1997 Nejapa junto con las alcaldías que conforman el área metropolitana de San Salvador (COAMSS), hacen un convenio con la empresa canadiense CINTEC INC para formar una empresa de capital mixto, denominada MIDES SEM de CV, de las cuales 10% corresponde a las municipalidades; éstas inauguran un nuevo relleno sanitario siempre en Nejapa.

En el convenio de ésta sociedad, Nejapa iba a hacer uso del nuevo relleno sanitario para depositar sus desechos, además de muchos acuerdos que al final no se cumplieron en su totalidad, por lo que la disposición final le genera desde entonces un costo muy alto a la comunidad y con impactos ambientales y sociales mayores a los pactados.

En el año 2000, JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón) hizo un estudio en conjunto con la Alcaldía de Nejapa en donde se realizaba una recolección generalizada de los desechos con recorridos establecidos por tiempos de rutas en áreas específicas, en la que aproximadamente el 65% de



este desecho era orgánico y el 35% inorgánico recolectándolo mezclado y enviándolo en su totalidad al relleno sanitario.

En el año 2009 el gobierno de El Salvador creó la Comisión Presidencial para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos y el 2010 lanzó el “Programa Nacional de Manejo Integral de los Desechos Sólidos”.

En el año 2016 ocurrieron dos hechos que han sido de mucha importancia en el área de manejo de desechos en El Salvador, primero el MARN envió a todas las alcaldías del país la “GUÍA PARA ELABORACIÓN DE PLANES MUNICIPALES DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS” la cual brinda información general para el manejo de los desechos sólidos, desde su generación, transporte y disposición final, pero lo más relevante es que brinda pasos para la clasificación de todos los desechos que recolectan las comunas tomando en cuenta aspectos económicos, físicos, sociales, formas de operación de las alcaldías, y finalmente cómo mantener monitoreado el plan para el buen funcionamiento.

El MARN proyecta en el plan que a tres años a partir de la entrega de este (mediados de 2019) se tenga levantada toda la información a nivel nacional que el plan solicita para valorar si es factible su implementación<sup>2</sup>.

Otro hecho importante que sucedió el 2016 fue la entrega de la “PROPUESTA DE LEY GENERAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE EL

---

<sup>2</sup> MARN, (2016). Guía para elaboración de planes municipales de gestión integral de residuos sólidos. San Salvador, El Salvador.

SALVADOR” por parte del MARN hacia la Asamblea Legislativa en la cual se regula todo lo concerniente al manejo de desechos sólidos en el país; esta todavía no ha sido revisada y está en espera para su posterior aprobación.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Todos los días generamos desechos, algo que no podremos cambiar nunca, lo que si podemos modificar es la cantidad que generamos y cómo hacemos disposición de ellos; por eso se han creado tantas investigaciones en las cuales se habla sobre un tratamiento integral de los desechos, pero el tema de su recolección, reutilización y reciclaje se toca superficialmente en la mayoría de ellas.

Existen tipos de desechos, los cuales los clasificamos por el material que están hechos, por ejemplo: papel, metal, plástico, vidrio (desechos secos) y aparte los orgánicos (desechos húmedos, que son los que más se generan), cada uno de estos se pueden reutilizar o reciclar sino se contaminan entre los secos y húmedos. Al unirse se convierten en desechos comunes que su fin más práctico es llevarlos a un relleno sanitario.

Lo ideal es separarlo desde el hogar para poder seguir haciendo uso de ellos, esto tiene que llegar con políticas de reciclaje, con campañas de concientización por parte del gobierno central, alcaldías, escuelas, ONG's; es difícil pero no imposible, falta un gran trecho, pero es seguro que esto llegará como ya lo ha

hecho en países industrializados, pero antes de dar este paso hay que planear y tener todo claro, la problemática siguiente a la concientización es lo que esta investigación intenta responder, ¿Cómo se recolectan estos desechos separados? y ¿Qué se hace con ellos?

Este trabajo pretende dar opciones para ello, creando rutas de recolección luego de hacer un estudio de generación de desechos en la población, hacer un calendario semanal en el cual se incluyan los tipos de desechos que se recolectarán, el tipo de vehículo que hará esta recolección, tratando de utilizar la maquinaria existente en Nejapa, personal que se tiene disponible, áreas de recolección y horarios de trabajo.

Siguiendo con el proceso se tiene que llevar todo el material seco a un punto donde se almacene para terminar de separarlo, y luego ya separado venderlo, por lo que se ideará un centro de separación y almacenaje de acuerdo con las capacidades de la alcaldía.

Además, se hará una investigación para identificar los lugares de reciclaje existentes en la periferia de Nejapa a los cuales se podría llevar el material reciclable seco y venderlo, teniendo un ingreso extra para la comunidad.

Adicionalmente se planteará la utilización de un terreno que ya exista en manos de la alcaldía para la creación de compost a partir del desecho orgánico total o una parte de éste, para luego venderlo u otorgarlo a las comunidades para mejorar el suelo.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Crear una propuesta de recolección integrada de desechos sólidos por clasificación en el área urbana del municipio de Nejapa brindando opciones para la reutilización, reciclaje y compostaje de este.

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Sugerir una ruta de recolección de desechos sólidos por tipo en el área urbana del municipio de Nejapa.
- Proponer el proceso para la separación y almacenaje de los desechos sólidos inorgánicos generados en el área urbana de Nejapa.
- Generar un diseño de edificación para la separación y almacenamiento de los desechos sólidos inorgánicos recolectados.
- Proponer el proceso para compostaje de los desechos orgánicos generados en el área urbana de Nejapa.
- Generar un diseño de edificación para el compostaje de los desechos orgánicos recolectados.
- Ofrecer información de opciones para reciclaje y reutilización de los desechos sólidos inorgánicos creados en el área urbana del municipio de Nejapa.

## 1.5 ALCANCES

- La importancia de la separación en los desechos es primordial pues los inorgánicos se “contaminan” al mezclarse con los orgánicos, imposibilitando su reciclaje o reutilización, pero para nuestro estudio dado que el desecho aun no es separado se hará un estudio de la cantidad generada tomando muestras de la recolección actual por áreas de recolección, así poder hacer un estudio eficiente de ésta por tipo de material.
- La información de maquinaria actual, rutas de recolección actual y toda la información que competa a la base de datos de la alcaldía será proporcionada por ésta pues le interesa mucho la creación de esta investigación.
- La investigación solo tratará sobre la recolección de desechos separados a partir de los desechos comunes.
- Para la estructuración de esta investigación se tomará como referencia la “Guía para elaboración de planes municipales de gestión integral de residuos sólidos” creada por el MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) enviada este año a todas las alcaldías del país para que comiencen la investigación para generar planes integrales a mediano y largo plazo.

## 1.6 LIMITACIONES

- Se sabe que el manejo de desechos es un trabajo complejo y que su solución tiene que abordarse bajo un enfoque multidisciplinario donde se incorporen elementos económicos, sociales y ambientales para que sea factible su solución; por lo que este estudio pretende dar soluciones donde se abarquen áreas manejables dentro de la carrera de ingeniería civil nada más.
- Esta investigación abarcará los desechos sólidos comunes domésticos y comunes comerciales nada más, quedando excluidos de la investigación los desechos especiales y peligrosos.
- El área de la concientización ciudadana es amplia e involucra aspectos sociales y humanos que no están dentro del campo de la ingeniería, por lo que este trabajo de graduación abarcará el “después de la concientización” y dejar el camino claro a seguir para un proceso de recolección ordenado de los desechos separados.

## 1.7 JUSTIFICACIÓN

Este estudio pretende dar una guía para potenciar la separación de desechos en el municipio de Nejapa y ofrecer pasos claros a seguir para que esto se pueda convertir en una realidad pues se sabe que se obtienen múltiples beneficios de ello.

La recolección de desechos por tipo tendrá un impacto en la manera en que disponen los habitantes del área urbana de Nejapa, pero también ayudará en su mayoría al área rural que es la que hará mayor uso del compost que se genere. Los habitantes del área rural al ser dueños de siembras no tendrán la necesidad de comprar abonos químicos, en total se beneficiaría a un aproximado de 36,000 personas (población total de Nejapa).

Se pretende dar una guía para cambiar la manera en que se recolecta y dispone el desecho, reciclarlo y reutilizarlo en una mayor cantidad antes de la disposición final, aprovechando de mejor manera los recursos naturales, creando un ahorro económico para la comuna pues se hará un estudio de comparación entre el gasto actual en disposición final de desecho contra el ingreso que se recibirá en la venta de material para reutilización y reciclaje además de la disminución del desecho en general que será enviada al relleno sanitario.

Se pretende demostrar el menor impacto al medio ambiente que tiene una reutilización y reciclaje de materiales específicos contra la disposición final.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cabañas Arauz, Sofía Carolina y Bernal Ramos, Marcos Antonio. (2007). Tesis: Diagnóstico sobre el estado de los procesos de recolección, disposición y transformación de la basura producida en el área metropolitana de San Salvador (AMSS).

Universidad Doctor José Matías Delgado.  
San Salvador, El Salvador

MARN. (Octubre, 2013). Residuos Sólidos. San Salvador, El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de <http://www.marn.gob.sv/residuos-solidos/>

MARN. (2016). Guía para elaboración de planes municipales de gestión integral de residuos sólidos. San Salvador, El Salvador

MARN. (Mayo, 2010). Programa nacional para el manejo integral de los desechos sólidos de El Salvador. San Salvador, El Salvador

MARN. (Marzo, 2016). Copilación de Convenios y Tratados Internacionales en Materia Ambiental. San Salvador, El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de <http://www.marn.gob.sv/descarga/compilacion-de-convenios-y-tratados-internacionales-en-materia-ambintal/>

Schmelkes, Corina. (Septiembre, 2005). Manual para la presentación de anteproyectos e informes de investigación. Segunda edición. Oxford Editorial. Oxford, Reino Unido.

MARN. (2016). Propuesta de ley general de gestión integral de residuos de El Salvador. San Salvador, El Salvador



## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS EN LA GESTIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

#### **2.1 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL**

##### **2.1.1 DEFINICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS**

Casi toda actividad que realizamos en la actualidad deja algún tipo de residuo atrás, el desecho es en general todo residuo producto de la actividad humana, en el cual el uso inicial del material ya ha finalizado<sup>3</sup>.

Técnicamente el desecho es todo desperdicio, lodo de planta de tratamiento de agua, lodo de planta de tratamiento de agua para suministro, lodo de planta de control de contaminación de aire y otros materiales descartados producto de actividades industriales, comerciales, minería, operaciones agrícolas y actividades en comunidades (EPA, 2018).

La palabra “desecho” según la RAE es “aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo”<sup>4</sup>, esta palabra cuenta con muchas variantes que para los usos de este documento en el área ambiental son sinónimos; así es el caso de “residuos sólidos” o “desechos sólidos” (MARN, 2013).

Es interesante recalcar que no es necesario que este desecho sea físicamente sólido, ya que muchos residuos sólidos son líquidos, semisólidos o contienen

---

<sup>3</sup> EPA. (Julio, 2018). Criteria for the Definition of Solid Waste and Solid and Hazardous Waste Exclusions. Washington DC, EUA: United States Environmental Protection Agency. Obtenido en <https://www.epa.gov/hw/criteria-definition-solid-waste-and-solid-and-hazardous-waste-exclusions>

<sup>4</sup> RAE. (2018). Diccionario de la lengua española. Madrid, España. Real Academia de la Lengua Española. Obtenido en <http://dle.rae.es/?id=Co0Gmme>

materia en forma de gas (EPA, 2018).

El desecho sólido es todo material que ha sido descartado por<sup>5</sup>:

**Abandono:** El termino abandono incluye materiales arrojados, dispuestos en algún tipo de recipiente, quemados o incinerados.

**Ser inherentemente desecho:** Algunos materiales representan una amenaza para la salud humana y el medio ambiente, por lo que son considerados desechos, por ejemplo, materiales que contienen en cierta cantidad dioxinas.

### 2.1.2 TIPOS DE DESECHOS SÓLIDOS

La caracterización de los residuos varía en función de la actividad dominante (industrial, comercial, turística, etc.), de las costumbres de la población, de la alimentación, los patrones de consumo y las condiciones ambientales.

Se clasifican de muchas maneras, dentro de las cuales podemos mencionar (Contreras, 2006):

#### **Según fuente (Actividad Generadora):**

**Domésticos:** Provenientes de casas y edificios unifamiliares y multifamiliares, estos pueden ser: Comida, papel, cartón, plástico, textiles, cueros, maderas, vidrio, aluminio, residuos especiales y domésticos peligrosos.

**Industriales:** Provenientes de manufactura y producción de bienes, lo conforman: Aluminio, cartón, papel, plástico, maderas, vidrio, metales,

---

<sup>5</sup> Contreras, Camilo. (2006). Manejo Ambiental de Aspectos Integrales- Residuos Sólidos. Presentación, Diplomado Gestión Ambiental Empresarial para Funcionarios. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Bogotá, Colombia.

residuos orgánicos, residuos especiales.

**Comerciales:** Sus fuentes son las tiendas, restaurantes, supermercados, hoteles, centros comerciales y cualquier lugar donde exista el ofrecimiento de bienes materiales, se componen de: Papel, cartón, plásticos, aluminio, madera, vidrio, metales, residuos orgánicos y residuos peligrosos.

**Institucionales:** Sus fuentes son las escuelas, universidades, hospitales, cárceles, centros gubernamentales y otras entidades, donde los residuos pueden conformarse por: Papel, cartón, plástico, maderas, vidrio, metales, residuos orgánicos, residuos especiales.

**Agrícolas:** Las fuentes de este tipo son las cosechas de campo, árboles frutales, viñedos, ganadería, granjas y similares; donde lo conforman: Residuos orgánicos, plásticos, cartón, vidrio, residuos peligrosos, envases de plaguicidas.

**Construcción:** Se dan por nuevas construcciones, nuevas obras, pavimentos rotos y demoliciones, la naturaleza de estos puede ser: Madera, vidrio, concreto, escombros, acero, plástico y otros.

**Servicios municipales:** Las fuentes de estos son los barridos y limpiezas de calles, paisajismo, podas, parques y playas, y los elementos que los componen son: Recortes de árboles y plantas, arena, papel, plástico, vidrio, acero, entre otros.

#### **Según su naturaleza:**

**Aprovechables:** Son los que pueden servir como materia prima para fabricar otros productos (los que son de nuestro interés en esta investigación), estos

pueden ser:

**Biodegradables u Orgánicos:** Los que son transformados por microorganismos (bacterias, hongos y otros agentes biológicos), pueden ser: Residuos de comida, frutas, verduras y residuos de jardín.

**Reciclables:** Materiales que después de ser utilizados son o pueden ser la base para la fabricación de nuevos elementos. Lo componen materiales como: Papel, cartón, vidrio, plástico, aluminio, textiles y otros.

**No Aprovechables:** Son los desechos que no tienen ningún valor comercial, estos los podemos clasificar en:

- **Residuos higiénicos:** Generados a partir del aseo corporal o de limpieza general, pueden ser: Papel higiénico, pañales desechables, toallas higiénicas, pañuelos desechables, paños húmedos, etc.
- **Residuos Comunes:** Son los desechos que no caben en la clasificación anterior y siguen siendo no aprovechables por el material del que están compuesto, por ejemplo: Empaques plastificados (como las bolsas de frituras), envasado de cartón (como las cajas de leche), poliestireno expandido (durapax), papel carbón, etc.

**Según su grado de peligrosidad:**

**Comunes:** Son los que no poseen ninguna característica de peligrosidad, como por ejemplo los desechos biodegradables u orgánicos, los reciclables y los no reciclables, todos estos mencionados anteriormente.

**Peligrosos:** Poseen características de peligrosidad que pueden causar daño a la salud humana o al medio ambiente, incluyéndose los empaques,

envases o embalajes que hayan estado en contacto con ellos; estas características pueden ser:

- **Corrosividad:** Son un tipo de sustancias peligrosas que pueden dañar o destruir por contacto la superficie de un metal, un tejido vivo, madera, etc. Las consecuencias de la acción de una sustancia corrosiva sobre el organismo pueden ser irreversibles, sobre todo en la piel, ojos y vías respiratorias, se denominan quemaduras químicas, si son graves pueden ocasionar la muerte.

Ejemplo de sustancias:

Ácido Sulfúrico ( $H_2SO_4$ ): Puede llegar a corroer el acero.

Ácido Clorhídrico (HCl): Puede corroer el acero.

Ácido Nítrico ( $HNO_3$ ): Puede corroer cobre.

Ácido Fluorhídrico (HF): Corroe el vidrio.

Ácido Fluorantimónico ( $HSbF_6$ ): Sustancia más ácida conocida.

- **Reactividad:** En química, la reactividad de una especie química es su capacidad para reaccionar en presencia de otras sustancias químicas o reactivos.

Se puede distinguir entre la reactividad termodinámica y la reactividad cinética. La primera distingue entre si la reacción está o no favorecida por entalpía (competencia entre energía y entropía), es decir si es una reacción espontánea o no. La segunda decide si la reacción tendrá lugar o no en una escala de tiempo dada.

Ejemplos de materiales reactivos: Hidróxido de Sodio, hidróxido de Calcio, hidróxido de Magnesio, ácido Sulfúrico, ácido Clorhídrico, ácido

Nítrico, ácido Sulfhídrico, nitrato de Potasio, bicarbonato de Sodio.

- **Radiactividad:** Es una reacción nuclear de "descomposición espontánea", es decir, un nucleído inestable se descompone en otro más estable que él, a la vez que emite una "radiación". El nucleído hijo (el que resulta de la desintegración) puede no ser estable, y entonces se desintegra en un tercero, el cual puede continuar el proceso, hasta que finalmente se llega a un nucleído estable. Se dice que los sucesivos nucleídos de un conjunto de desintegraciones forman una serie radiactiva o familia radiactiva.

Se puede considerar que todos los isótopos de los elementos con número atómico igual o mayor a 84 (el polonio es el primero de ellos) son radiactivos (radiactividad natural) pero que, actualmente, se pueden obtener en el laboratorio isótopos radiactivos de elementos cuyos isótopos naturales son estables (radiactividad artificial).

- **Explosividad:** Un explosivo es aquella sustancia que por alguna causa externa (roce, calor, percusión, etc.) se transforma en gas; liberando calor, presión o radiación en un tiempo muy breve.

Hay muchos tipos de explosivos según su composición química.

Ejemplo de materiales explosivos: Nitrato de Amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), Nitrato de Potasio ( $\text{KNO}_3$ ), Hidrógeno Gas ( $\text{H}_2$ ), Tri Nitro Tolueno (TNT) ( $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$ ), Fulminato de Mercurio  $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ , Nitro Celulosa, Hidrogeles, Dinamitas, Emulsiones, Mezcla de Nitro Glicerina y Nitro Celulosa, Nitro Benceno.

- **Toxicidad:** La toxicidad es la capacidad de alguna sustancia química de producir efectos perjudiciales sobre un ser vivo, al entrar en contacto con él. La toxicidad de una sustancia química depende de:  
Sus propias características químicas: toxicidad inherente (cuantía de la dosis tóxica que es dosis mínima necesaria para producir efecto tóxico, tipo de efecto tóxico y gravedad de este).  
Dosis (cantidad de sustancia que entra en contacto con un ser vivo).  
Características del organismo con el que entra en contacto.  
Ejemplo de sustancias tóxicas: Asbesto, Uranio (U), Radio (Ra), Tetrodotoxina, Ácido Muriático (HCl), Soda Cáustica (NaOH), Potasa Cáustica (KOH), Glutamato Monosódico ("MSG"), Cloro gaseoso (Cl<sub>2</sub>), Flúor elemental (F<sub>2</sub>).
- **Inflamabilidad:** Es la facilidad con la cual una sustancia arde, causando fuego o combustión. Los materiales que arden a temperaturas apropiadas son considerados como inflamables, éstos tienen diferentes y específicas definiciones debido al nivel de temperatura requerido. El punto de destello o ignición es su principal característica; los puntos de ignición que están por debajo de los 100°F, son catalogados por la OSHA, en los Estados Unidos, como riesgosos en ciertos lugares de trabajo. Ejemplos de estos elementos o líquidos inflamables son gasolina, etanol y acetona. El combustible diésel está considerado dentro de una de las más bajas categorías de volatilidad y el biodiésel no está considerado como volátil.  
La combustión es un proceso químico, una reacción exotérmica (que

produce calor), entre una sustancia (el combustible) y un gas (el oxidante), generalmente oxígeno, para liberar calor. En una reacción completa, uno de los componentes reacciona con un elemento oxidante.

- **Patógenos:** Los patógenos son agentes infecciosos que pueden provocar enfermedades a su huésped. Este término se emplea normalmente para describir microorganismos como los virus, bacterias y hongos, entre otros. Estos agentes pueden perturbar la fisiología normal de plantas, animales y humano.

Entre los distintos tipos de residuos patológicos podemos nombrar: jeringas, guantes usados, restos de sangre, fluidos humanos y de animales, restos de órganos, elementos cortopunzantes contaminados y todo aquel material que haya tenido contacto con microorganismos potencialmente patógenos.

### 2.1.3 COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

La composición de los desechos trata de identificar en una base másica o volumétrica los distintos componentes de los residuos<sup>6</sup>.

Usualmente los valores de composición de los residuos sólidos se describen en términos de porcentaje en masa, también en base a la húmeda y contenidos como materia orgánica, papel, cartón, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, etc. (SENA, 2008)

---

<sup>6</sup> La vida en el Sena. (Abril, 2008). Manejo de Residuos Sólidos, Composición de Los Residuos Sólidos. Santiago de Chile, Chile: La vida en el Sena. Obtenido de <http://lavidaenelsenablogdiario.com/1208909220/composicion-de-los-residuos/>



El conocimiento de la composición de los desechos sólidos municipales es importante para diferentes propósitos, tales como la forma en que debe ejecutarse la recolección, el tratamiento que requieren tales desechos, la reutilización o aprovechamiento que puede ser aplicable, y la tasa que puede cobrarse por el servicio de recolección y disposición, entre otros factores.

En este sentido, la materia orgánica correctamente separada de otro tipo de materiales podrá ser aprovechada para producir compost o abono orgánico. Los envases de vidrio pueden aprovecharse para ser utilizados nuevamente, después de tratarse en forma adecuada, o bien como materia prima de segunda mano, para fabricar nuevos productos de vidrio.

Si una institución produce residuos de papel en mayor porcentaje que otros residuos y separa adecuadamente tales desperdicios, podrían aprovecharse como materia prima para fabricar otros productos tales como cajas de cartón, envases, cuadernos y otros elementos. Por otro lado, la factibilidad de incineración de los residuos sólidos depende en gran medida de su composición química, lo que deberá evaluarse apropiadamente.

Conocer la composición física de los desechos sólidos municipales determina fundamentalmente el tipo de equipo e instalaciones a utilizar en el servicio, la forma de tratarlos; sirve para evaluar la factibilidad de recuperación y aprovechamiento de los desechos (reciclaje o compostaje, energía, biogás, entre otras aplicaciones). En términos generales, en El Salvador los desechos sólidos están compuestos mayoritariamente por desperdicios de alimentos o materia orgánica, lo que significa que en gran medida el mejor aprovechamiento que se le puede dar a los residuos es la de compostaje.

Tabla 0.1: Composición de los desechos sólidos en El Salvador

COMPONENTES	PROMEDIO
Comida	25.81%
Papel y Cartón	15.24%
Plásticos	15.75%
Vidrio	1.57%
Textiles	3.92%
Madera	0.59%
Maleza y derivados	30.57%
Metales	0.60%
Llantas y hule	0.54%
Poliestireno (Durapax)	0.50%
Inerte	4.92%
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Datos otorgados por MIDES S.E.M. DE C.V. Estudio realizado en Mayo 2014.

### **Método para la determinación de los componentes de los desechos sólidos en campo**

Se basa en técnicas de muestreo al azar y la aplicación del sentido común, se debe descargar una cantidad de desecho en un lugar, aislado del viento y separado del resto. La luego aplicar la observación y la lógica de tal forma que la muestra, no se trate de una recolección de desechos de un mismo tipo (como por ejemplo restos de poda solamente, desperdicios de fábricas de ropa, etc.) sino de desechos recolectados en el área domiciliar, lo que significará tener una buena representatividad, es decir, residuos típicos de esa localidad.

#### **2.1.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS**

Los desechos poseen características que comparten en común que nos sirven para agruparlos, estas características son: Físicas, químicas y biológicas.

### **Características Físicas<sup>7</sup>:**

- **Humedad de los componentes de los desechos sólidos**

La humedad de cada componente de los desechos sólidos se expresa como el peso de humedad por la unidad de peso del material húmedo o seco. En el método de medida en peso húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso húmedo del material; en el método en seco, se expresa como un porcentaje del peso seco del material. La ecuación del contenido de humedad en peso húmedo es la siguiente:

$$\text{Contenido de humedad en \%} = \frac{a-b}{a} \times 100$$

Donde:

a = peso inicial de la muestra, como se entrega

b = peso de la muestra después de secar

---

<sup>7</sup> Albarracín Daza, Nury Mireya. Alfonso Fabián, Eduardo. Flores Lobo, Paola Andrea. Guerrero Martínez, Adriana. (2014). Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de los Residuos Sólidos Urbanos. Aguazul, Casanare, Colombia.

Tabla 0.2: Contenido de humedad de los componentes de los desechos sólidos en El Salvador

COMPONENTES	% APORTE	% HUMEDAD TIPICA
Comida	25.81%	70.00%
Papel y Cartón	15.24%	6.00%
Plásticos	15.75%	2.00%
Vidrio	1.57%	2.00%
Textiles	3.92%	10.00%
Madera	0.59%	20.00%
Maleza y derivados	30.57%	60.00%
Metales	0.60%	2.00%
Llantas y hule	0.54%	2.00%
Poliestireno (Durapax)	0.50%	2.00%
Inerte	4.92%	8.00%
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	

Fuente: Datos otorgados por MIDES S.E.M. DE C.V. Estudio realizado en Mayo 2014.

- **Composición gravimétrica (%):** Peso porcentual de cada componente en relación con el peso total.
- **Peso específico (kg/m<sup>3</sup>):** Relación del peso de los desechos sólidos en función del volumen. La densidad o peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen (por ejemplo: Kg/m<sup>3</sup>). 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.

Conociendo la densidad o peso específico, que nos indica lo que pesa un m<sup>3</sup>, podemos calcular la producción de desecho en kilogramos, multiplicando los metros cúbicos por la densidad.

La densidad también varía de la época lluviosa a la seca, de una oficina a un mercado y por supuesto, de unos países a otros.

En nuestros residuos existe poco contenido de papeles, plásticos, envases, y

abundan los restos orgánicos con mucha humedad por lo cual la densidad es alta.

Otro de los aspectos que hacen variar el peso específico grandemente es el lugar donde se estudia, es decir si se evalúa en su origen este será menor a si se evalúa dentro de un camión compactador (ya compactado), y también será diferente cuando este sea tratado en un relleno sanitario.

- **Compresibilidad (%):** Grado de compactación o reducción de volumen de una masa de residuos sólidos bajo una presión determinada.

#### **Características Químicas:**

**(Albarracín Daza, Alfonso Fabián, Flores Lobo, & Guerrero Martínez, 2014)**

- **Poder calorífico (kcal/kg):** Capacidad potencial de calor que puede desprender un material cuando es quemado. Estudiado cuando se quiere generar energía a partir de la incineración de los desechos.
- **Potencial e Hidrógeno (pH):** Nos indica la concentración del ion hidrógeno, muy importante a la hora de elegir un recipiente adecuado para almacenarlos o transportarlos.
- **Composición Química (%):** Porcentaje de ceniza, materia orgánica, Carbono, Nitrógeno, Calcio, Fósforo, relación Carbono/Nitrógeno, humedad, entre otras.

#### **Características Biológicas:**

**(Albarracín Daza, Alfonso Fabián, Flores Lobo, & Guerrero Martínez, 2014)**

Tiene que ver con los microorganismos que posea el tipo de desecho (bacterias, hongos, virus, etc.) es decir los agentes patógenos, pues de estos depende la

peligrosidad del residuo, así elegir las medidas necesarias para recolectarlo, transportarlo, almacenarlo y disposición final de este sin que se comprometa la salud de las personas involucradas en el proceso.

## 2.2 ETAPAS DEL SISTEMA DE MANEJO ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

### 2.2.1 GENERACIÓN

En la sociedad actual el consumismo es una de las principales herramientas para hacer crecer la economía con la lógica de crear-multiplicar-vender-comprar dejando totalmente de lado el impacto ambiental que esto causa.

Las cantidades de desechos generados en el país son relativamente altas, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 0.3: Generación de desechos sólidos a nivel nacional en el año 2009

Generación (Ton/día)	Recolección (Ton/día)	Cobertura de recolección	Cobertura de disposición sanitaria	Población servida	Viviendas servidas
3,434	2,563	75%	75%	2,738,788	692,872

Fuente: MARN, Informes mensuales de los rellenos sanitarios 2009 y el Censo de Población y Vivienda 2007.

Podemos hacer el cálculo que, si se generaron 3,434 toneladas de desecho al día en el 2009, al año estaríamos hablando de 1,253,410 Toneladas; la población para el año 2009 en el país fue de 6,137,000 habitantes, haciendo una división en promedio una persona genera alrededor de 200kg de desechos al año, una cantidad considerable debido al costo que implica para las municipalidades y el impacto medioambiental.

La cantidad de desechos generados va aumentando anualmente y no es proporcional al aumento de la población, por lo que se podría deducir que el consumismo es cada vez mayor, amenazando cada vez más el ecosistema.

### 2.2.2 RECOLECCIÓN

Diariamente se crean grandes cantidades de residuos que los servicios municipales se encargan de recolectar, en su mayoría representan costos significativos que muchas veces hacen que no se pueda brindar una recolección completa o no con la eficiencia que debería. La frecuencia de recogida del residuo es de una a tres veces por semana, teniendo en cuenta que la generación es un proceso incesante, se crean acumulaciones que pueden acarrear proliferaciones de vectores cuando son rangos amplios de recolección.

Así mismo las comunas se encargan de brindar el servicio de barrenderos municipales, estos se encargan de mantener limpias calles y aceras mayormente en las urbes; en ocasiones estos resultan ser insuficiente debido a la continua generación de desechos por la población, problema agudizado por la falta de basureros y cuestiones culturales de no depositar el desecho donde es debido.

La cobertura insuficiente y poca frecuencia en la recolección origina botaderos o vertederos ilegales ubicados en diversos lugares como predios baldíos, canchas, aceras, callejones, zonas verdes, y cualquier lugar inhabitado.

Tabla 0.4: Generación de desechos sólidos por departamento en El Salvador, año 2014

<b>Generacion por Departamentos 2014</b>		
<b>Municipio</b>	<b>Total depositado anualmente (ton)</b>	<b>Porcentaje</b>
SAN SALVADOR	429,020.05	38.61
LA LIBERTAD	139,607.95	12.56
SONSONATE	56,716.45	5.10
SAN MIGUEL	60,473.33	5.44
SANTA ANA	71,787.93	6.46
USULUTAN	35,034.97	3.15
LA PAZ	29,591.51	2.66
SAN VICENTE	17,536.73	1.58
LA UNIÓN	15,541.18	1.40
CHALATENANGO	17,997.51	1.62
AHUACHAPAN	17,941.05	1.61
CUSCATLAN	17,993.33	1.62
CABAÑAS	13,075.38	1.18
MORAZAN	11,307.20	1.02
EMPRESAS	177,473.24	15.97
<b>TOTAL</b>	<b>1,111,097.81</b>	<b>100.00</b>

Fuente: MARN, Estadísticas sobre desechos sólidos depositados en El Salvador. 2014. Portal de Transparencia.

Para el año 2014 la disposición de desechos creció alcanzado 1,111,097.81 Toneladas (Tabla 2.3), significando un promedio diario de 3,044.10 Toneladas, lo que demuestra que la recolección aumentó, pero aun así no se alcanzó a cubrir ni siquiera la generación del año 2009.



Tabla 0.5: Desechos depositadas en cada uno de los rellenos sanitarios en El Salvador, año 2014

<b>TOTALES DE TONELADAS DEPOSITADOS EN 2014</b>			
<b>RELLENOS SANITARIOS</b>	<b>TOTAL DEPOSITADO</b>	<b>PROMEDIO MENSUAL</b>	<b>PROMEDIO DIA</b>
SAN FRANCISCO MENENDEZ	4,147.40	345.62	11.52
ATIQUIZAYA	8,445.92	703.83	23.46
SANTA ANA	70,819.33	5,901.61	196.72
LA LIBERTAD	52,458.78	4,371.57	145.72
ISHUATAN	63.00	5.25	0.18
CAPSA	148,721.96	12,393.50	413.12
MIDES	673,516.78	56,126.40	1,870.88
MEANGUERA	296.00	24.67	0.82
PERQUIN	232.00	19.33	0.64
CORINTO	2,028.00	169.00	5.63
SOCINUS	72,542.72	6,045.23	201.51
SAN MIGUEL	49,012.40	4,084.37	136.15
ASINORLU	14,228.52	1,185.71	39.52
SUCHITOTO	1,118.00	93.17	3.11
CINQUERA	475.50	39.63	1.32
AMUSNOR (CHALATENANGO)	11,466.08	955.51	31.85
AMUCHADES	1,615.83	134.65	4.49
<b>TOTAL</b>	<b>1,111,188.21</b>	<b>92,599.02</b>	<b>3,086.63</b>

Fuente: MARN, Base de datos de desechos sólidos depositados en rellenos sanitarios de El Salvador. 2014. Portal de Transparencia.

Podemos observar (Tabla 2.4) la cantidad de desechos que son depositados en cada uno de los rellenos sanitarios del país, en la cual vemos una amplia variedad de opciones de disposición que no son aprovechadas en su totalidad.

La recolección y transporte es la fase que consume mas recursos de todo el proceso de manejo de desechos sólidos, generalmente representa entre el 70 y

el 80% del costo total<sup>8</sup>.

### **Medios para el transporte de desechos**

Los medios de transporte destinados para tal actividad deben reunir ciertos requisitos solicitados por el MARN, para aceptar el funcionamiento de camiones compactadores y de estaca según el artículo 8 del Reglamento Especial para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos:

- Todo camión ya sea compactador, góndola (rastra) o de estaca debe detener en un lugar visible con tinta indeleble el peso de la tara.
- Los camiones de estaca y góndolas deben de estar completamente tapados en lo que respecta al depósito donde traen el desecho, para evitar esparcimiento en el transporte.

Los equipos de recolección utilizados actualmente tienen ciertas características con las cuales los podemos clasificar de la manera siguiente:

1. **Manuales:** Llamados también de estaca, estos son los que requieren de agentes externos para cargarlos y descargarlos, generalmente son abiertos de la parte superior y son en su mayoría cargados y descargados manualmente.

---

<sup>8</sup> OPAMSS. (2017). Gastos por disposición de desechos sólidos. San Salvador, El Salvador. Portal de transparencia de alcaldías del área metropolitana de San Salvador.

Figura 2.2.1: Ejemplo de camión de carga y descarga manual de desechos



Fuente: Tomado de <https://goo.gl/images/kcPdql>

En esta categoría podemos colocar las motos para desechos, estas son muy versátiles y útiles a la hora de ingresar a colonias donde los pasajes son muy angostos.

Figura 2.2.2: Ejemplo de moto de carga y descarga manual de desechos.



Fuente: Tomado de <https://goo.gl/images/36a3ty>

2. **Semiautomáticos:** También llamados de volteo, son los que son cargados de manera manual, pero la descarga se facilita pues la parte trasera del vehículo posee articulaciones hidráulicas que elevan la cama y disponen de los desechos.

Figura 2.2.3: Ejemplo de camión de carga y descarga semiautomática.



Fuente: Tomado de <https://goo.gl/images/RPDBbk>

3. **Automáticos:** Llamados también compactadores, son vehículos cerrados, en estos la carga de desechos puede ser manual o automática, pero con la diferencia que poseen un sistema hidráulico que compacta el desecho, haciendo que se acarree una cantidad mayor (la densidad del desecho aumenta), también posee un tanque de almacenamiento de lixiviados. Adicionalmente posee otro sistema hidráulico que expulsa el desecho.

Figura 2.2.4: Ejemplo de camión de carga y descarga automática.



Fuente: Tomado de <https://goo.gl/images/S9fkJc>

Los que en su mayoría utilizan las comunas del país son los “compactadores”, pues estos son los únicos que retienen los lixiviados generados por los desechos transportados al ser totalmente impermeables y poseer un recipiente interno para almacenar el exceso de líquidos y descargarlos donde sea autorizado hacerlo.

## **DISEÑO DE RUTAS DE RECOLECCIÓN**

Los propósitos del diseño de las rutas son<sup>9</sup>:

- Dividir la ciudad en sectores, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad más apropiada de trabajo (ni mucha ni poca carga).
- Desarrollar una ruta para cada subsector, de modo que facilite a cada equipo llevar a cabo el trabajo con una menor cantidad de tiempo y recorrido.

### **1. Sectorización**

La sectorización es la primera etapa del diseño de las rutas, la cual consiste en dividir la ciudad en sectores, de manera que cada sector asigne a cada equipo de recolección una cantidad más apropiada de trabajo, utilizando toda su capacidad. Los sectores pueden ser divididos en subsectores, ofreciendo cada uno de ellos un trabajo completo para un viaje de recolección.

Los datos necesarios para sectorizar son:

- Área de cada zona a servir.
- Densidad de población de cada zona.
- Índice de producción de desecho per cápita de cada zona.
- Equipo de recolección disponible - número, tipo, tamaño y estado.
- Densidad de basura en el camión recolector
- Frecuencia de recolección
- Número de viajes factibles de realizar por camión durante la jornada normal

---

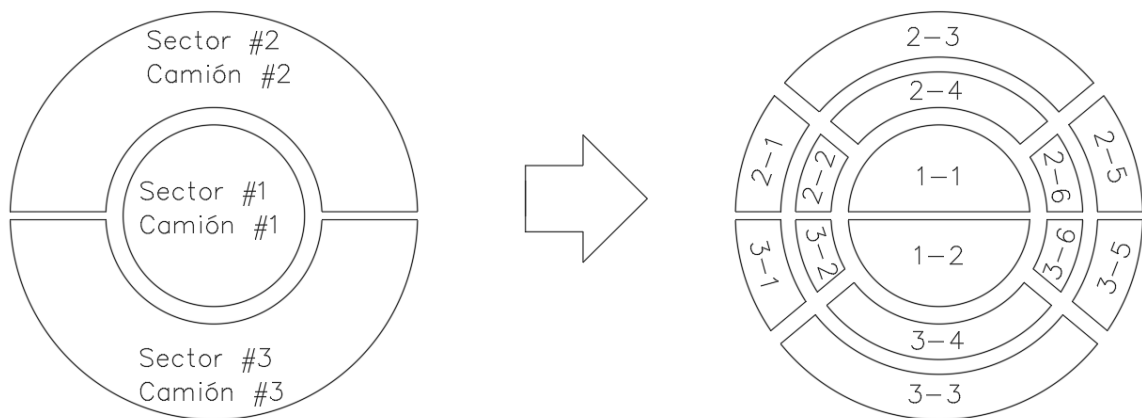
<sup>9</sup> Sakurai, Kunitoshi. (1980). Diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. División de protección de la salud ambiental. OPS/OMS. Washington D.C., Estados Unidos de Norteamérica.

de trabajo. Este número dependerá principalmente de los siguientes factores: cantidad de basura en cada punto de recolección, tipo de recipientes, estado de pavimento de calles, condiciones de tráfico, longitud de rutas, distancia al sitio de relleno sanitario, condiciones mecánicas del camión recolector, etc.

Figura 2.2.5: Ejemplo de sectorización

3 sectores para 3 camiones  
subsectores

14



Fuente: Sakurai, Kunitoshi. (1980).

Para la figura 2.5:

Sector N° 1 (Zona Comercial): Camión N° 1

Frecuencia: 6 veces/semana

N° de viajes: 2 viajes/día

Sectores N° 2 - 3 (Zona Residencial): Camiones N° 2 - 3

Frecuencia: 2 veces/semana

N° de viajes: 2 viajes/día

Tabla 0.6: Asignación de subsectores

Día : Lunes			Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado	
Viaje : 1er.		2do.	1er.	2do.	1er.	2do.	1er.	2do.	1er.	2do.	1er.	2do.
Camión N° 1	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2	1-1	1-2
Camión N° 2	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6
Camión N° 3	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6

Fuente: Sakurai, Kunitoshi. (1980).

- Cálculo de producción:

$$\frac{7 \text{ días}}{\text{días de recolección semanal}} \times \text{Area} \times \text{Densidad poblacional} \times \text{Producción por persona} \\ = \text{Producción diaria}$$

- Capacidad de recolección de un viaje:

$$\text{Capacidad volumétrica de camión} \times \text{densidad desechos} \\ = \text{capacidad por viaje en peso}$$

- Calculo de subsectores a recolectar por viaje:

$$\frac{\text{capacidad por viaje}}{\text{Producción del subsector}} \\ = \text{Cantidad de subsectores a recolectar por viaje}$$

Una vez determinado el tamaño de los sectores y subsectores, se deben determinar los límites de estos mismos, utilizando el mapa de la ciudad. La regla común para la determinación de los límites es utilizar, dentro de lo posible, las vías arteriales y las barreras topográficas tales como ríos y lagos, con el propósito de evitar pérdidas de tiempo en cruzar estas barreras y vías. Asimismo, esta regla facilitará la identificación de los sectores y subsectores a los choferes de camiones recolectores.



## 2. Diagramación

La diagramación es la segunda etapa del diseño de las rutas y consiste en desarrollar una ruta de recorrido para cada subsector, de manera que permita a cada equipo llevar a cabo el trabajo de recolección de basura con una menor cantidad de tiempo y recorrido.

Los datos necesarios para la diagramación son:

- a) Lugar del garaje
- b) Lugar de disposición final
- c) Sentidos de circulación
- d) Hora de mayor cantidad de tránsito y situación de la congestión
- e) Topografía
- f) Vías servibles y vías no servibles
- g) Tipo de trazo de rutas

En cuanto a trazo de rutas de recolección, existen por lo menos dos tipos, los que brevemente se describen a continuación:

- Peine: recolección de ambos lados de las vías a la misma hora; se recorre solamente una vez por cada vía.
- Doble peine: recolección de un lado de las vías; se recorre por lo menos dos veces por cada vía.

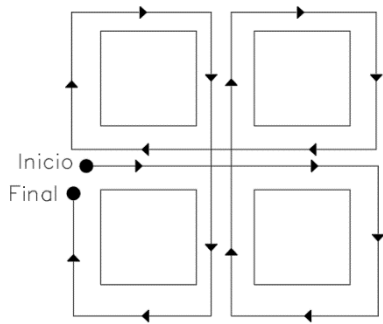
El primer trazo se recomienda en zonas de escasa densidad de población, y por lo mismo extensas. El segundo trazo es recomendable para zonas de alta densidad de población y principalmente en zonas comerciales.

Las rutas deberán tener las siguientes características:

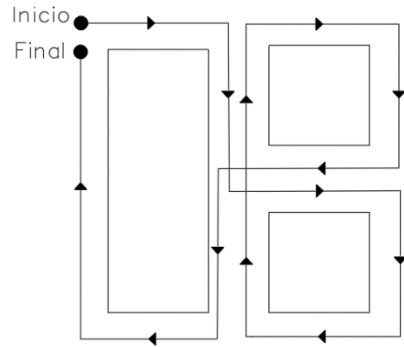
- a) Deben evitar duplicaciones, repeticiones y movimientos innecesarios
- b) Deben contemplar las disposiciones de tránsito
- c) Deben minimizar el número de vueltas izquierdas y redondas, con el propósito de evitar pérdidas de tiempo al cargar, reducir peligros a la tripulación y minimizar la obstaculización del tráfico
- d) Las rutas con mucho tráfico no deben recorrerse en la hora de mayor tránsito
- e) Dentro de lo posible, las rutas deberían iniciarse en los puntos más cercanos al garaje, y conforme avanza el día, ir acercándose al lugar de disposición final con el propósito de disminuir el tiempo de acarreo
- f) Las partes más elevadas deben recorrerse en los inicios de ruta
- g) Dentro de lo posible, las vías empinadas deben recorrerse cuesta abajo, realizando la recolección de ambos lados de las vías, con el fin de aumentar la seguridad del trabajo, acelerar la recolección, minimizar el desgaste de equipos y reducir el consumo de combustible y aceite
- h) Cuando se usa el trazo "Peine" (recolección de ambos lados de las vías, recorriéndose una vez por cada vía), generalmente es preferible desarrollar las rutas con recorridos largos y rectos antes que dar vueltas a la derecha
- i) Cuando se usa el trazo "Doble peine" (recolección de un lado de las vías, necesitándose recorrer por lo menos dos veces por cada vía), generalmente es preferible desarrollar las rutas con muchas vueltas en el sentido de las agujas del reloj, alrededor de manzanas, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 2.2.6: Modelos de rutas para doble peine

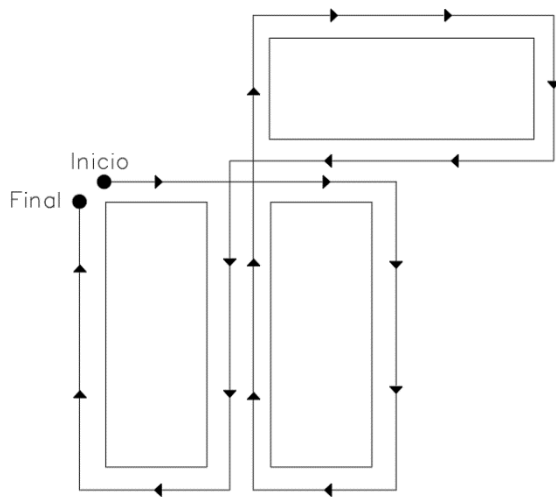
A. Cuatro Manzanas



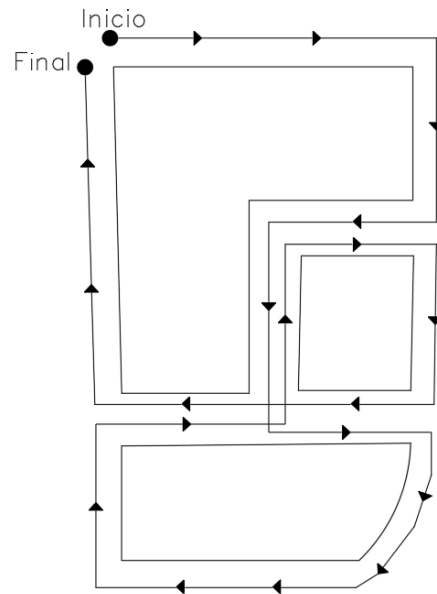
B. Tres manzanas (1)



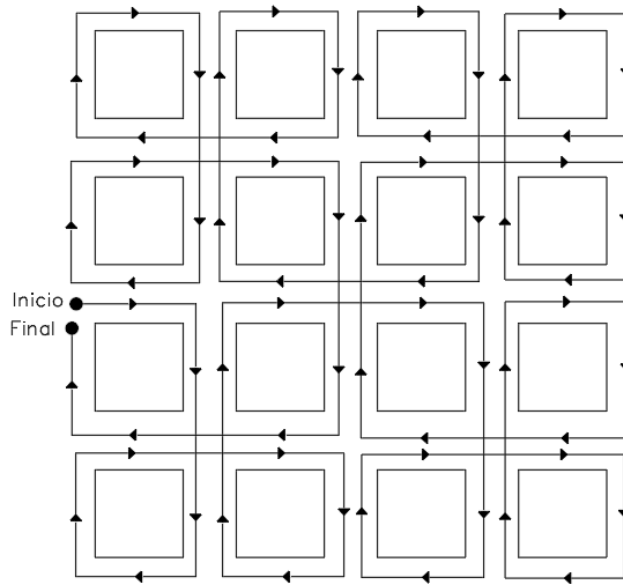
C. Tres Manzanas (2)



D. Tres Manzanas (3)



### E. 4x4 manzanas, no hay vuelta izquierda, no hay recorrido no productivo



Fuente: Sakurai, Kunitoshi. (1980).

### Transferencia de Desechos

Cuando el viaje de los recolectores desde el punto de la última recolección hasta el lugar de la disposición final sea superior a 20 km o este tiempo de viaje tomase más del 15% de la jornada de trabajo se recomienda crear un punto de transferencia de desechos<sup>10</sup>.

Un punto de transferencia es una instalación permanente o provisional, de carácter intermedio, en la cual se reciben desechos sólidos de las unidades recolectoras de baja capacidad, y se transfieren, procesados o no, a unidades de

<sup>10</sup> CEPAL. (1996). Evaluación social de la estación de transferencia de residuos sólidos en la zona este de la ciudad de Tijuana. Tijuana, Baja California, Mexico.

mayor capacidad, para su acarreo hasta el sitio de disposición final<sup>11</sup>.

### 2.2.3 DISPOSICIÓN FINAL

Actualmente la mejor manera de hacer disposición de los desechos sólidos que se generan y no se pueden reusar o reciclar es llevándolas a un relleno sanitario.

Un relleno sanitario es el sitio que es proyectado, construido y operado mediante la aplicación de técnica de ingeniería sanitaria y ambiental, en donde se depositan, esparcen, acomodan, compactan y cubren con arcilla diariamente los desechos sólidos, contando con drenaje de gases y lixiviados (MARN, 2000).

Los rellenos sanitarios pueden ser manuales, o mecanizados (MARN, 2000).

- **Relleno sanitario manual:** Es aquel en el cual solo es necesaria la utilización de equipo pesado para la adecuación de lugar, construcciones de accesos, vías internas, zanjas y para el manejo de arcilla desde su extracción hasta el colocado en el lugar. Todos los demás trabajos como drenajes para lixiviados, chimeneas para gases, acomodo, cobertura, compactación pueden realizarse a mano.
- **Relleno sanitario mecanizado:** Es el que necesita de equipo pesado en la mayoría de los trabajos que se realicen, por lo que permanentemente deben existir equipos designados para cada una de las operaciones del relleno. Adicionalmente, este tipo de rellenos posee un mayor monitoreo ambiental y en la maquinaria utilizada debido a las grandes cantidades de desechos que maneja.

## 2.3 MANEJO ACTUAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL SALVADOR

---

<sup>11</sup> MARN. (2000). Reglamento especial para el manejo integral de los desechos sólidos. San Salvador, El Salvador

### 2.3.1 ASPECTO ADMINISTRATIVO

Cada municipio de El Salvador por medio de las alcaldías tiene a cargo el manejo de los desechos sólidos en el área urbana y rural, en la segunda es donde menos recolección existe por diferentes factores, entre los cuales podemos mencionar: Altos costos operativos por las grandes distancias que se tienen que recorrer para recolectar una pequeña cantidad de desechos, la mayoría de caminos rurales no se encuentran pavimentados dañando los camiones recolectores, los caminos vecinales son de muy difícil acceso y por el tamaño de los camiones recolectores no se puede ingresar, las personas del área rural tienden a generar menor cantidad de desechos por habitantes debido a que se consume menor cantidad de productos empaquetados.

Para la recolección urbana, en la mayoría de los municipios se rigen por medio de ordenanzas que explican la forma en que los trabajos de limpieza deben ser realizados, y son manejados por el área de saneamiento ambiental de cada alcaldía donde otorgan tareas puntuales a grupos de personas para que se cumplan (organigramas de trabajo), por ejemplo un grupo de personas se encargará de barrer ciertas colonias, otro grupo se encargará de recolectar los desechos casa por casa en las colonias con un horario establecido, y otros se encargarán de transportar el desecho a un lugar autorizado para disposición.

Los municipios grandes, cabeceras departamentales y municipios que conformar el área metropolitana de San Salvador<sup>12</sup> tienen planes y ordenanzas muy

---

<sup>12</sup> Estos municipios son: Antiguo Cuscatlán, Santa Tecla, Ayutuxtepeque, Ciudad Delgado, Ilopango, San Marcos, San Salvador, Nejapa, Apopa, Cuscatancingo, Mejicanos, San Martín, Soyapango y Tonacatepeque.

detalladas en lo que corresponde al manejo de desechos sólidos, los cuales contiene disposiciones a cumplir ya sea por parte de la comuna, las empresas privadas y la población en general; al no cumplirse se considerarán como faltas leves y graves (de acuerdo con la ordenanza de cada municipio) con su respectiva sanción.

### **Recolección de acuerdo al tipo de desecho**

La recolección de desechos sólidos por parte de la comuna a entidades privadas como pequeñas empresas localizadas en el área urbana se hace en conjunto con los desechos domésticos, a menos que se trate de desechos especiales<sup>13</sup> los cuales sin importar si son de pequeñas empresas o de personas naturales correrá por cuenta de estos el transporte y la disposición final.

Los desechos industriales no tóxicos generados por empresas de mediano y gran tamaño sin importar la municipalidad en la que se encuentren tienen la responsabilidad de transportar sus desechos hasta un lugar autorizado para la disposición final, todo esto lo estipula el MARN al otorgar el permiso de funcionamiento del establecimiento.

### **Tipos de servicios de recolección**

Los tipos de servicios varían con respecto a quien realice cada actividad de la recolección integral de desechos, teniendo así:

1. Servicio de recolección otorgado en su totalidad por la alcaldía: Tanto equipos y materiales pertenecen a la alcaldía y la mano de obra es pagada

---

<sup>13</sup> Los desechos provenientes de obras de construcción civil, modificación o demolición de bienes inmuebles, públicos o particulares, bienes inservibles y desechos provenientes de la poda de árboles y limpieza de jardines.

por esta.

2. Servicio de recolección otorgado por ente privado: La alcaldía hace un contrato (escrito o verbal) ya sea por viaje, por día o mes en el cual se acuerda un monto que incluye transporte y personal.
3. Servicio de recolección compartido: La alcaldía alquila el transporte generalmente con motorista y las cuadrillas de limpieza son personal de la alcaldía.
4. Servicio de recolección mixto: En este tipo la alcaldía posee transporte con sus respectivas cuadrillas, pero no alcanza a cubrir el área de recolección en su totalidad por lo que se contrata transporte adicional privado con sus respectivas cuadrillas.
5. Servicio de recolección mixto y compartido: La alcaldía puede tener personal para la recolección y formación de cuadrillas, pero el transporte no alcanza a cubrir la demanda (ya sea por falta de equipos o por mal estado de ellos) por lo que tiene que contratar transporte privado que utilice personal de la alcaldía para formar las cuadrillas.
6. Acuerdos intermunicipales: Existencia de acuerdos entre alcaldías donde se ceden las obligaciones de aseo público de una municipalidad a otra sin hacer ningún cobro, esto puede ocurrir en situaciones extraordinarias donde una municipalidad esté atravesando alguna crisis.

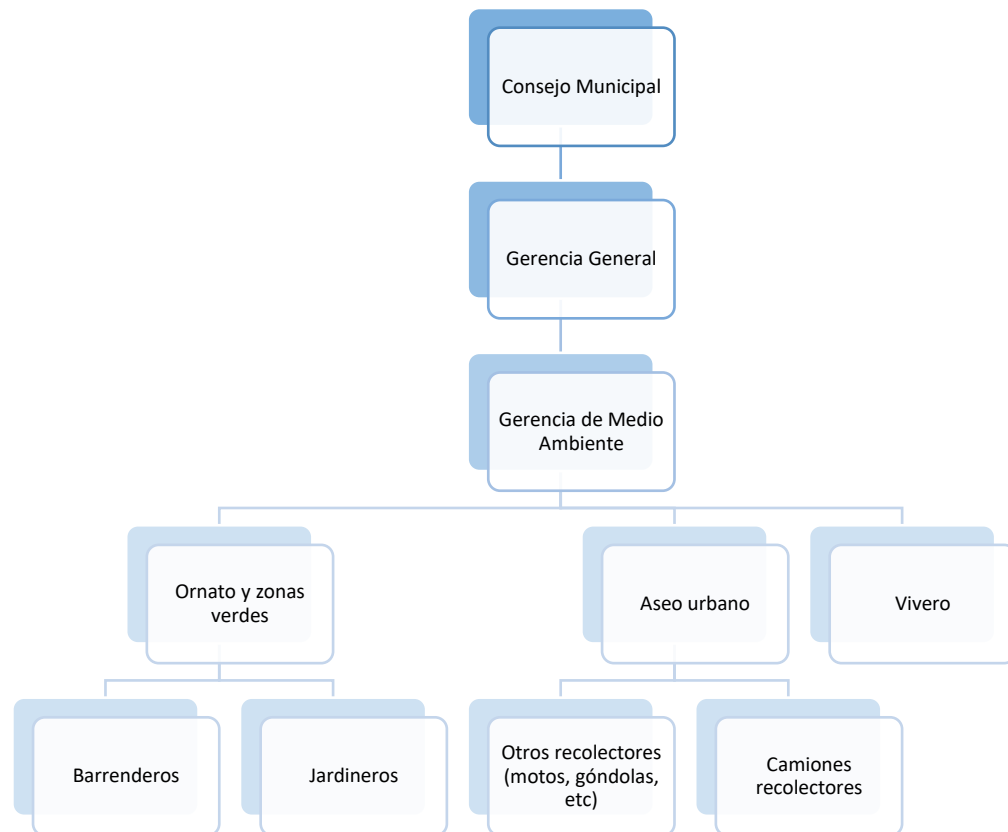
### 2.3.2 ASPECTO TECNICO Y OPERATIVO

En las comunas del país los desechos se manejan de acuerdo a las ordenanzas que están creando, utilizando como base el “Reglamento especial para el manejo integral de los desechos sólidos” así llegando a un organigrama de trabajo donde



existen grupos de trabajo especializados y se estructura de la siguiente manera:

Figura 2.3.1: Organigrama de Gerencia de Medio Ambiente en alcaldías



Fuente: Manual descriptor de cargos y categorías Alcaldía de Santa Ana. 2014

Con respecto al manejo de los desechos sólidos las competencias de cada uno de los elementos anteriores son<sup>14</sup>:

**Consejo Municipal:** Representa a la población con voz y voto en las sesiones del consejo donde se definan proyectos y ordenanzas en beneficio de la ciudadanía.

<sup>14</sup> Alcaldía de Santa Ana. 2014. Manual descriptor de cargos y categorías Alcaldía de Santa Ana. Santa Ana, El Salvador.

**Gerencia General:** Planificar, coordinar, organizar, dirigir y controlar gestión técnica administrativa y financiera de la municipalidad.

**Gerencia de Medio Ambiente:** Coordinar con dependencias de la municipalidad y con instituciones públicas y privadas sobre la protección del medio ambiente, supervisando el cumplimiento de la normativa legal y sancionando el incumplimiento.

**Ornato y zonas verdes:** Compuesto por los barrenderos municipales y los jardineros los cuales se encargan de mantener limpias y cuidadas las zonas verdes y áreas asignadas en el municipio.

**Aseo urbano:** Se encargan de cumplir con las rutas y horarios de recolección establecidas y aprobadas por el consejo municipal, así como de su transporte hacia un punto de descarga autorizado (ya sea punto de transferencia o relleno sanitario).

**Vivero:** Encargado de mantenimiento de especies de plantas utilizando el compostaje idealmente (esta área no se cumple en la mayoría de las alcaldías o en su defecto no existe un vivero).

### 2.3.3 ASPECTO FINANCIERO Y ECONÓMICO

En términos generales, se estima que la mayoría de las alcaldías del país utiliza un promedio del 12% del presupuesto anual para el manejo de desechos sólidos<sup>15</sup>.

Los gastos que realizan las municipalidades para todo lo concerniente a residuos

---

<sup>15</sup> Asamblea Legislativa de El Salvador. (2014). Informe de la Unidad de Análisis y Seguimiento del Presupuesto de la Asamblea Legislativa. San Salvador, El Salvador.

se pueden clasificar en dos tipos:

**Costos Directos:** Son los provenientes de las actividades para prestar el servicio de manejo de desechos, estos están contemplados dentro del presupuesto anual de cada municipalidad para tal fin.

**Costos Indirectos:** Proviene de las actividades operativas y administrativas cargados en ciertos porcentajes a diferentes áreas administrativas de la municipalidad.

El costo que cada alcaldía paga depende de qué tan grande sea ésta y de que tan lejos esté del punto de descarga autorizado, llevando a la lógica siguiente:

Tabla 0.7: Lógica de costo de manejo de desechos

	Distancia Corta al punto de descarga	Distancia larga al punto de descarga
Muchos habitantes	Manejo costo bajo	Manejo costo medio
Pocos habitantes	Manejo costo medio	Manejo costo alto

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que los municipios pequeños que están muy alejados de los centros de transferencia o de disposición final son los que pagan un mayor costo y según la asignación de fondos públicos los que menos dinero reciben, por lo que estos son los más afectados.

### **Costos en manejos de desechos sólidos por tipo de administración**

Los tipos de administración que puede tener una municipalidad para brindar servicio de recolección pueden ser: Por administración propia o por contrato.

Las diferencias encontradas en El Salvador entre estas dos se pueden ver reflejadas en el siguiente cuadro:

Tabla 0.8: Costos promedios por tonelada de desechos sólidos recolectados según el tipo de administración del sistema de recolección y transporte.

<b>COSTO PROMEDIO POR TONELADA RECOLECTADA</b>	
<b>TIPO DE ADMINISTRACIÓN</b>	<b>\$/Ton</b>
<b>Administración Propia</b>	<b>\$87.51</b>
<b>Subcontrato</b>	<b>\$68.31</b>

Fuente: Segundo censo nacional de desechos sólidos municipales, MARN, 2006

### **Costos en manejos de desechos sólidos por tipología de municipio**

No se puede hacer una evaluación de costo por tonelada recolectada sin hacer una diferenciación entre los municipios dadas sus diferentes circunstancias, por lo que para que el valor otorgado sea representativo se evalúan los municipios utilizando la siguiente tipología (Tabla 2.6) elaborada por PROMUDE/GTZ en 2009, que toma en cuenta la información estadística arrojada por el VI Censo de Población y Vivienda 2007, el cual proporciona diversos indicadores a nivel municipal. De acuerdo a esta metodología un primer factor que determina el desarrollo de los municipios es el poblacional, dentro del cual se contempla la cantidad de habitantes de cada uno de ellos y su distribución territorial, entendida como su grado de urbanización. Una de las características predominantes de los municipios agrupados en el tipo 1 es que constituyen aquellos con el mayor número de habitantes y que puede clasificarse como predominantemente urbanos. En ese sentido, la tipología define un ordenamiento que va desde los

municipios con mayor densidad poblacional y grado de urbanización (tipo 1) hasta aquellos que pueden ser considerados menos poblados y rurales (tipo 5)<sup>16</sup>.

Tabla 0.9: tipología de los municipios de El Salvador

VARIABLE	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TOTAL
<b>Número de Municipios</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>65</b>	<b>103</b>	<b>69</b>	<b>262</b>
<b>Número de habitantes</b>						
<b>Promedio</b>	<b>150,738</b>	<b>81,793</b>	<b>21,466</b>	<b>13,954</b>	<b>9,277</b>	<b>23,954</b>
<b>Mínimo</b>	<b>10,306</b>	<b>1,688</b>	<b>2,645</b>	<b>651</b>	<b>540</b>	<b>540</b>
<b>Máximo</b>	<b>479,605</b>	<b>248,964</b>	<b>107,533</b>	<b>66,899</b>	<b>46,239</b>	<b>479,605</b>
<b>Urbanización (%)</b>						
<b>Promedio</b>	<b>77</b>	<b>65</b>	<b>40</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>33</b>
<b>Mínimo</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Máximo</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>83</b>	<b>79</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (INBI)</b>						
<b>Promedio</b>	<b>15</b>	<b>27</b>	<b>37</b>	<b>46</b>	<b>58</b>	<b>44</b>
<b>Mínimo</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>31</b>	<b>41</b>	<b>52</b>	<b>8</b>
<b>Máximo</b>	<b>19</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>51</b>	<b>69</b>	<b>69</b>

Fuente: Propuesta de una tipología de los municipios en El Salvador, PROMUDE/GTZ-FISDL, 2006

Al observar el cuadro anterior podemos presentar el costo por manejo de desechos dada esta tipología para los municipios que cumplan las variables detalladas:

<sup>16</sup> Alfaro, Jorge. (2016). Análisis de las Finanzas Públicas Municipales de El Salvador. San Salvador, El Salvador.

Tabla 0.10: Costo promedio por tonelada de desechos sólidos recolectados y transportados según tipología del municipio

<b>COSTO PROMEDIO POR TONELADA RECOLECTADA</b>	
<b>TIPOLOGÍA</b>	<b>\$/TON</b>
<b>1</b>	<b>\$71.10</b>
<b>2</b>	<b>\$44.04</b>
<b>3</b>	<b>\$65.01</b>
<b>4</b>	<b>\$77.69</b>
<b>5</b>	<b>\$118.36</b>

Fuente: Segundo censo nacional de desechos sólidos municipales, MARN, 2006

Estudiando los costos promedios por tonelada recolectada y transportada para los municipios de tipología uno se observa que es mucho menor que para las demás, y a medida ésta tipología aumenta, aumenta el costo del manejo.

## 2.4 TRATAMIENTOS ACTUALES A LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL SALVADOR

### 2.4.1 INCINERACIÓN

Cuando hablamos de incineración nos referimos a destruir los desechos sólidos mediante un proceso de combustión a alta temperatura, de oxidación en presencia de oxígeno libre, reduciéndola a cenizas (MARN, 2000).

Esta tecnología consiste, fundamentalmente, en una combustión con generación de vapor y la posterior expansión de éste en una turbina convencional acoplada a un generador eléctrico.

Se trata, por tanto, de una combustión clásica, en la que la cámara de combustión

está adaptada al tipo de combustible utilizado. Cada línea de incineración dispone de una alimentación individualizada, un horno-caldera productor de vapor y un sistema de tratamiento de gases.

Así, por ejemplo: los hornos tipo parrilla se suelen utilizar para residuos sólidos urbanos con nula o escasa selección previa; los rotativos son más eficientes en el control de la combustión, pero tienen limitaciones de tamaño; y los hornos de lecho fluidificado precisan combustibles procesados previamente con una granulometría homogénea.

En El Salvador aún no existe una tecnología como ésta donde se incineren desechos comunes, pero si existe una incineradora en Metapán (Santa Ana) propiedad de la empresa generadora de cemento “HOLCIM”<sup>17</sup> donde algunos desechos no comunes como llantas y ciertos desechos peligrosos se llevan bajo autorización del MARN.

#### 2.4.2 DISPOSICIÓN FINAL EN RELLENO SANITARIO

Los rellenos sanitarios son instalaciones de ingeniería diseñadas y operadas para la contención a largo plazo de desperdicios sólidos. El diseño del relleno sanitario variará según el desperdicio y la ubicación de la instalación. Con base en el tipo de desperdicio, los cuatro principales tipos de rellenos sanitarios son:

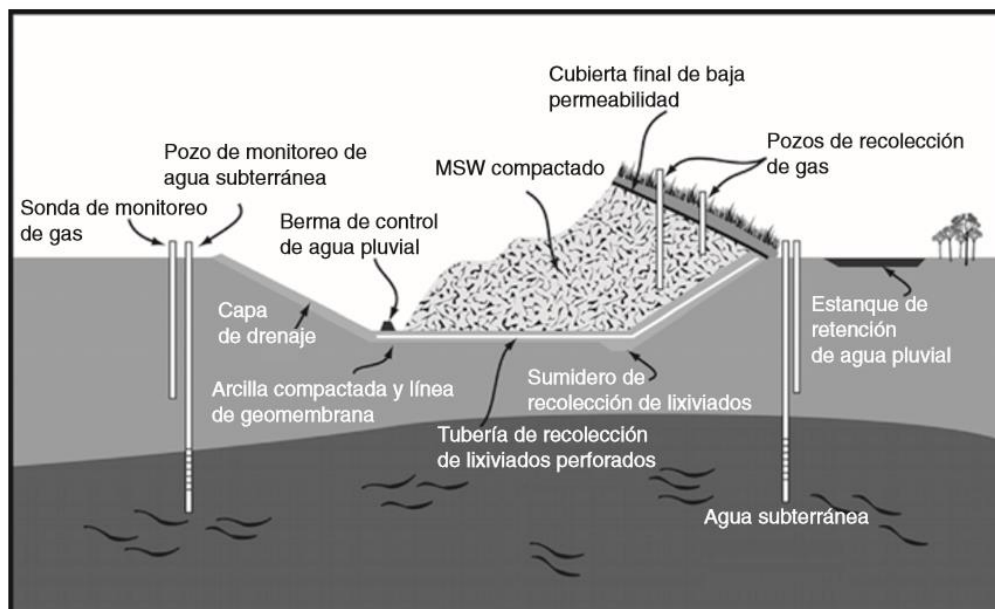
- a) Escombros de construcción y demolición.
- b) Desperdicios sólidos municipales.
- c) Desperdicios industriales.
- d) Residuos peligrosos.

---

<sup>17</sup> Empresa suiza suministradora de cementos y áridos (piedra caliza, arena y grava) así como otros materiales como hormigón premezclado y combustibles alternativos.

En los rellenos sanitarios, los desperdicios son colocados y compactados en formas sólidas, luego son cubiertos para limitar la exposición al agua y al aire. El lixiviado es agua que contacta los desperdicios y se vuelve un agua residual contaminada. A medida que los materiales biológicos se descomponen en los rellenos sanitarios, el oxígeno se consume, y el dióxido de carbono se produce. A través del tiempo evoluciona un medio ambiente anaeróbico que lleva a la producción de gas metano.

Figura 2.4.1: Sección transversal de un relleno sanitario moderno que muestra las barreras incorporadas en el diseño de ingeniería.



Fuente: Ingeniería ambiental: Fundamentos, sustentabilidad, diseño. James R. Mihelcic y Julie Beth Zimmerman, 2011

### 2.4.3 RECICLAJE

El reciclaje consiste en obtener una nueva materia prima o producto, mediante un proceso fisicoquímico o mecánico, a partir de productos y materiales ya en



desuso o utilizados. De esta forma, conseguimos alargar el ciclo de vida de un producto, ahorrando materiales y beneficiando al medio ambiente al generar menos residuos. El reciclaje surge no sólo para eliminar residuos, sino para hacer frente al agotamiento de los recursos naturales del planeta.

### **Proceso**

El reciclaje pasa por varias fases:

Comienza en entornos industriales y domésticos, mediante la separación de los materiales. El siguiente paso consiste en la recuperación de estos materiales por las empresas públicas y privadas y su posterior traslado a las plantas de transferencia.

En estas plantas, se almacenan y compactan grandes cantidades de residuos, para su posterior transporte en grandes cantidades hacia las plantas de reciclaje, llamadas plantas clasificadoras. Es aquí cuando se hace una separación exhaustiva de los residuos. En estas plantas, encontramos en algunos casos, las plantas de valoración, o reciclador final, donde se obtienen nuevas materias o productos, se almacenan los materiales en grandes vertederos, o bien se produce energía como es el caso de las plantas de biogás.

### **Estrategia de tratamiento**

El reciclaje, al margen de su complejo proceso de transformación, es uno de los puntos básicos de estrategia de tratamiento de residuos “3R” lo cual significa:

#### **Reducir**

Acciones para reducir la producción de objetos susceptibles de convertirse en residuos.

### **Reutilizar**

Acciones que permiten el volver a usar un producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente.

### **Reciclar**

El conjunto de operaciones de recogida y tratamiento de residuos que permiten reintroducirlos en un ciclo de vida.

### **Colores del reciclaje**

Para diferenciar los diferentes contenedores de reciclaje por colores, existe un código universal<sup>18</sup> que facilita la disposición de materiales:

**Azul:** Papel, cartón.

**Amarillo:** Plásticos, madera, latas.

**Verde:** Vidrio.

**Naranja:** Orgánicos.

**Rojo:** Desechos peligrosos (baterías, insecticidas, aceites, aerosoles, productos tecnológicos, partes no reciclables de máquinas).

**Gris:** Resto de residuos (cerámicas, cristales como espejos, focos, maquinas de afeitar, y los que no entren en ninguna de las categorías anteriores siempre que sean de origen doméstico).

#### **2.4.4 REUSO**

Es la acción que permite volver a utilizar los bienes o productos desechados y darles un uso igual o diferente a aquel para el que fueron concebidos.

Este proceso hace que cuantos más objetos volvamos a reutilizar menos basura produciremos y menos recursos tendremos que gastar.

---

<sup>18</sup> BIOMA. (Enero, 2013). Revista Bioma, Edición Enero 2013. Bogotá, Colombia.

Para los desechos comunes de origen doméstico este es el paso previo antes del reciclaje y luego de la prevención. Ejemplos de reutilización:

- Con botellas de vidrio: reutilización luego de lavados para contener otros líquidos.
- Con neumáticos en desuso hacer sillas para el jardín.
- Con tapas de latas elaborar los propios aros colgantes.
- Recuperación del papel para confección de distintos muebles.
- Con escombros: relleno de terrenos, de caminos, y en general rellenos de construcción.
- Con restos de poda y de jardinería: abono o fuente de energía.
- Con muebles y electrodomésticos rotos: reparación o recuperación de materiales.
- Con latas de acero: se pueden reutilizar como macetas para plantas, o fundir.
- Con tanques y bidones plásticos y de acero: juegos para parques, depósito para clasificación diferenciada de desechos o recipientes de basura.
- Con trapos y restos de ropa vieja: podríamos hacer uso de las telas para limpiar, tapar, etc.
- Con huesos de animales: fertilizante y alimento para animales.
- Con neumáticos gastados: juegos de parques, vallas de seguridad y relleno de carreteras.

#### 2.4.5 COMPOSTAJE

El compostaje o “composting” es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos

de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura.

El compost se puede definir como 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.

### **Propiedades del compost**

Mejora las propiedades físicas del suelo; la materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

Mejora las propiedades químicas; aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

Mejora la actividad biológica del suelo; actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

### **Las materias primas del compost**

Para la elaboración del compost se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas

materias primas proceden de:

- Restos de cosechas. Los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos y tubérculos son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Los restos vegetales más adultos como troncos, ramas y tallos son menos ricos en nitrógeno.
- Abonos verdes, césped, malas hierbas, entre otros.
- Las ramas de poda de los frutales. Es preciso triturarlas antes de su incorporación al compost, ya que con trozos grandes el tiempo de descomposición se alarga.
- Hojas. Pueden tardar de 6 meses a dos años en descomponerse, por lo que se recomienda mezclarlas en pequeñas cantidades con otros materiales.
- Restos urbanos. Se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como pueden ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales de mataderos, etc.
- Estiércol animal. Destaca el estiércol de vaca, aunque otros de gran interés son la gallinaza, estiércol de caballo, de oveja, entre otros.
- Complementos minerales. Son necesarios para corregir las carencias de ciertas tierras. Destacan las enmiendas calizas y magnésicas, los fosfatos naturales, las rocas ricas en potasio y oligoelementos y las rocas silíceas trituradas en polvo.

### **Factores que condicionan el proceso de compostaje**

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura,

humedad y oxigenación.

- Temperatura: Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-55 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan.
- Humedad: Es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que, para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.
- pH: Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia ( pH= 6-7,5 )
- Oxígeno: El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.
- Relación C/N (carbono/nitrógeno) equilibrada: Estos son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada

entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero esta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica. Una relación C/N muy baja no afecta al proceso de compostaje, perdiendo el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el serrín. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero.

- Población microbiana: El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes.

### **Proceso de compostaje**

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura:

- Mesolítico: La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
- Termofílico: Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos

desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas y actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

- De enfriamiento: Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que reinvaden el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente.
- De maduración: Es un periodo que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

## 2.5 MARCO NORMATIVO EN EL SALVADOR

### 2.5.1 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL AMBIENTAL EN CENTROAMERICA

Considerar el marco jurídico ambiental en la evaluación del impacto ambiental de todo proyecto es fundamental, pues a través de las leyes y decretos ambientales, se conoce cuáles son las consideraciones ambientales propias de cada país y cuales, con los pasos a seguir en este campo, para la ejecución de un proyecto en especial, en nuestro caso para el manejo de los desechos sólidos.

En El Salvador la presión internacional ha hecho que el país se suscriba a una gran cantidad de convenios internacionales para la mejora del medio ambiente, entre ellos podemos mencionar los más importantes que son:

- Tratado de libre comercio Estados Unidos, Centro América y Republica Dominicana (CAFTA-DR).
- Convención para el fortalecimiento de la comisión interamericana del atún



tropical establecida por la convención de 1949 entre los Estados Unidos de América y la República de Costa Rica.

- Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas.
- Convenio regional para el manejo y conservación de los ecosistemas naturales forestales y el desarrollo de plantaciones forestales.
- Convención de las naciones unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por la sequía grave o desertificación, en particular en África.
- Convenio sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.
- Convención internacional de protección fitosanitaria.
- Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático.
- Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos, 1990.
- Convenio internacional sobre responsabilidad civil por daños causados por la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos.
- Protocolo correspondiente al convenio internacional sobre responsabilidad civil por daños causados por la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos, 1969
- Convenio de Rotterdam para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional.
- Convenio constitutivo de la comisión centroamericana de ambiente y

desarrollo.

- Convenio sobre la diversidad biológica.
- Estatutos de la unión internacional para la conservación de la naturaleza y de los recursos naturales.
- Tratado entre las repúblicas de El Salvador, Guatemala y Honduras para la ejecución del plan trifuero.
- Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.
- Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología del convenio sobre la diversidad biológica.
- Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (naciones unidas 1992)
- Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación.
- Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono.

## 2.5.2 MARCO LEGAL EN EL SALVADOR

La Constitución de la República de El Salvador, a través del Art. 117, estipula lo siguiente: “Se declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales. El Estado creará los incentivos económicos y proporcionará la asistencia técnica necesaria para el desarrollo de programas adecuados. La protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales y del medio serán objeto de leyes especiales.”

Por tanto, cada habitante de El Salvador tiene el derecho humano a tener un

medio ambiente ecológicamente equilibrado y sano. El crecimiento demográfico y el desarrollo económico no deben traer consigo una excesiva contaminación del medio ambiente o la extinción y destrucción de animales y plantas.

Este artículo delega la responsabilidad al Estado Salvadoreño, a través de las leyes y acciones, a cumplir con lo siguiente:

1. Promover y apoyar las iniciativas que pretendan proteger y desarrollar los recursos naturales.
2. Controlar y sancionar a las personas y a las empresas que contaminen el medio ambiente.

Las leyes especiales a las que se refiere este artículo son:

- Ley forestal
- Ley del Fondo Ambiental
- Ley de Conservación de la Vida Silvestre
- Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica
- Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre
- El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, entre otros.

En 1998 la Asamblea Legislativa, observando el elevado deterioro ambiental del país y la amenaza para el bienestar de las presentes y futuras generaciones, creó a través del Decreto Legislativo No. 233, de fecha 2 de marzo de 1998 la Ley de Medio Ambiente (LMA) y sus reglamentos.

Los principales fundamentos que rigen la política nacional para la protección del medio ambiente y que están establecidos en la LMA son:

- Que los seres humanos tienen derecho a vivir en un ambiente sano y libre de contaminación.
- La obligación contraída con el estado para la restauración y compensación del daño causado a cualquier persona natural que se vea afectada.
- Las instituciones que rigen la política nacional, así como la complementación con la sociedad civil para la conservación y protección del medio ambiente.
- Incentivar el uso racional de los factores productivos e incentivar la eficiencia ecológica.
- Incentivar una educación ambiental.
- Mejorar la calidad de vida de la población de la mano con un desarrollo sostenible.

Si hablamos de los desechos sólidos, el primer paso para una mejora ambiental en este aspecto fue en el año 2000, cuando se creó el “Reglamento especial para el manejo integral de los desechos sólidos”, el cual detalla de manera general el manejo de los residuos. Al ser necesario generar mas detalle en su manejo, en el año 2016 el Ministerio de Medio Ambiente presentó a la Asamblea Legislativa la “Propuesta de ley general de gestión integral de residuos de El Salvador”, un borrador que posee 213 artículos y cuatro capítulos. Esta propuesta está pendiente de revisión hasta el momento de finalizado este trabajo de graduación.

Siempre en el año 2016 se finaliza la elaboración de los “Planes municipales de gestión integral de residuos sólidos” por el MARN la cual es enviada a todas las alcaldías del país para que las gerencias o comités de Medio Ambiente los revisen y les sirva de guía para mejorar la recolección y disposición final.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Department of Environmental Conservation. (2018). What is Solid Waste. New York, New York, EUA. Department of Environmental Conservation. Obtenido de: <https://www.dec.ny.gov/chemical/8732.html>

United State Environmental Protection Agency. (2018). Criteria for the definition of solid waste and solid and hazardous waste exclusions. Washington D.C., USA. Hazardous Waste. Obtenido de <https://www.epa.gov/hw/criteria-definition-solid-waste-and-solid-and-hazardous-waste-exclusions>

Contreras, Camilo. (2006). Manejo Integral de aspectos ambientales- Residuos sólidos. Diplomado gestión ambiental empresarial para funcionarios. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Quimica.net. (2015). Ejemplo de sustancias corrosivas. Quimica.net. Obtenido de <http://www.quimicas.net/2015/10/ejemplos-de-sustancias-corrosivas.html>

Foro Nuclear. (2018). Que es la radiactividad. Madrid, España. Foro de la Industria Nuclear. Obtenido de <https://www.foronuclear.org/es/el-experto-te-cuenta/119402-que-es-la-radiactividad>

Gut Microbiota for Health. (2015). Agentes patógenos. Viena, Austria. Gut Microbiota for Health. Obtenido de <http://www.gutmicrobiotaforhealth.com/es/glossary/agente-patogeno/>

Albarracín Daza, Nury Mireya; Alfonso Fabian, Eduardo; Flores Lobo, Paola Andrea; Guerrero Martinez, Adriana. (2014). Propiedades físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos urbanos. Aguazul, Colombia.

ISDEM. (Junio, 2001). Guía Metodológica Para La Caracterización De Los Desechos Sólidos. San Salvador. El Salvador.

MARN. (2009). Estadísticas desechos sólidos. San Salvador, El Salvador. MARN Estadísticas. Obtenido de <http://www.marn.gob.sv/estadisticas/>

Laiva Bautista, Claudia Cecilia. (Diciembre, 2000). Consideraciones generales sobre la gestión de residuos sólidos en El Salvador. San Salvador, El Salvador. Artículos científicos. Obtenido de <http://www.ufg.edu.sv/ufg/theorethikos/enero2001/cientifico02.htm>

Alcaldía de Nueva San Salvador. (2003). Ordenanza Reguladora De Los Desechos Sólidos Del Municipio De Nueva San Salvador. Nueva San Salvador. El Salvador.

Alcaldía de Santa Ana. (2014). Manuales básicos de organización. Santa Ana, El Salvador. Portal de Transparencia. Obtenido de <http://www.transparencia.gob.sv/institutions/alc-sa/documents/manuales-basicos-de-organizacion>

Diario El Mundo. (Noviembre, 2015). Solo 2% de alcaldías puede cubrir sus gastos sin deuda. San Salvador, El Salvador. Sin categoría. Obtenido de <http://elmundo.sv/solo-2-de-alcaldias-puede-cubrir-sus-gastos-sin-deuda/>

Asamblea Legislativa de El Salvador. (2014). Informe de la Unidad de Análisis y Seguimiento del Presupuesto de la Asamblea Legislativa. San Salvador, El Salvador.

Mihelcic, James R.; Zimmerman, Julie Beth. (2011). Ingeniería Ambiental, Fundamentos, Sustentabilidad, Diseños. Primera Edición. Alfaomega Grupo Editor. Mexico D.F., Mexico.

Inforeciclaje. (2010). Que es reciclaje. Inforeciclaje. Obtenido de <http://www.inforeciclaje.com/que-es-reciclaje.php>

AUBERT, C. (1998). El huerto biológico. Ed. Integral Barcelona. Barcelona, España. 252 pp.

GARCÍA, A. (1987). Diez temas sobre agricultura biológica. Madrid, España.

GUIBERTEAU, A.; LABRADOR, J. 1991. Técnicas de cultivo en Agricultura Ecológica. Hoja Divulgadora Num. 8/91 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

## **CAPÍTULO III**

### **GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE NEJAPA Y DIAGNÓSTICO DEL MANEJO ACTUAL DE DESECHOS**

#### **3.1 ASPECTOS GENERALES DEL MUNICIPIO**

Nejapa perteneció al departamento de San Salvador, desde el 12 de junio 1824 al 9 de marzo de 1836 y al Distrito Federal de la República de Centroamérica, desde el 9 de marzo de 1836 al 30 de julio de 1839, luego vuelve a ser parte de San Salvador hasta la actualidad. Durante la administración del mariscal de campo don Santiago González y por Decreto Legislativo de 6 de febrero de 1878, se confirió el título de villa al pueblo de Nejapa. Por Ley del 17 de marzo de 1892, entró a formar parte del distrito de Tonacatepeque. Por Decreto Legislativo del 18 de mayo de 1912, que ratificó el 6 de mayo de 1911, se segregó de la jurisdicción de Quezaltepeque y se incorporó en la de Nejapa la parte de la hacienda Santa Teresa Tutultepeque, propiedad de don Esteban Bustamante. Por Decreto Legislativo No. 2955 del 10 de noviembre de 1959 y publicado en el Diario Oficial No. 212 del 20 de noviembre del mismo año, obtuvo el título de ciudad.

#### **POBLACIÓN**

Para el censo de población y vivienda realizado en El Salvador por la Dirección General de Estadística y Censos en el año 2007 se obtuvieron los siguientes datos para el municipio de Nejapa:

- El total de la población es de 29,458 personas, divididos en 14,290 hombres y 15,168 mujeres.

- La población urbana es de 16,530 personas divididas en 7,872 hombres y 8,658 mujeres.
- La población rural total es de 12,928 personas divididas en 6,418 hombres y 6,510 mujeres.

Tabla 0.1: Tasas de crecimiento de población y datos históricos de censos, municipio de Nejapa, San Salvador.

CENSO	POBLACIÓN		TASA DE CRECIMIENTO	
	URBANO	RURAL	URBANO (hab/año)	RURAL (hab/año)
1,930	1,832	4,550	11.10	116.30
1,950	2,054	6,876	33.45	236.00
1,961	2,422	9,472	74.80	266.60
1,971	3,170	12,138	52.33	356.38
1,992	4,269	19,622	817.40	-446.27
2,007	16,530	12,928		

Fuente: Estudio de tiempos y movimientos del sistema de recolección de desechos sólidos en la ciudad de Nejapa, 2008, OPAMSS

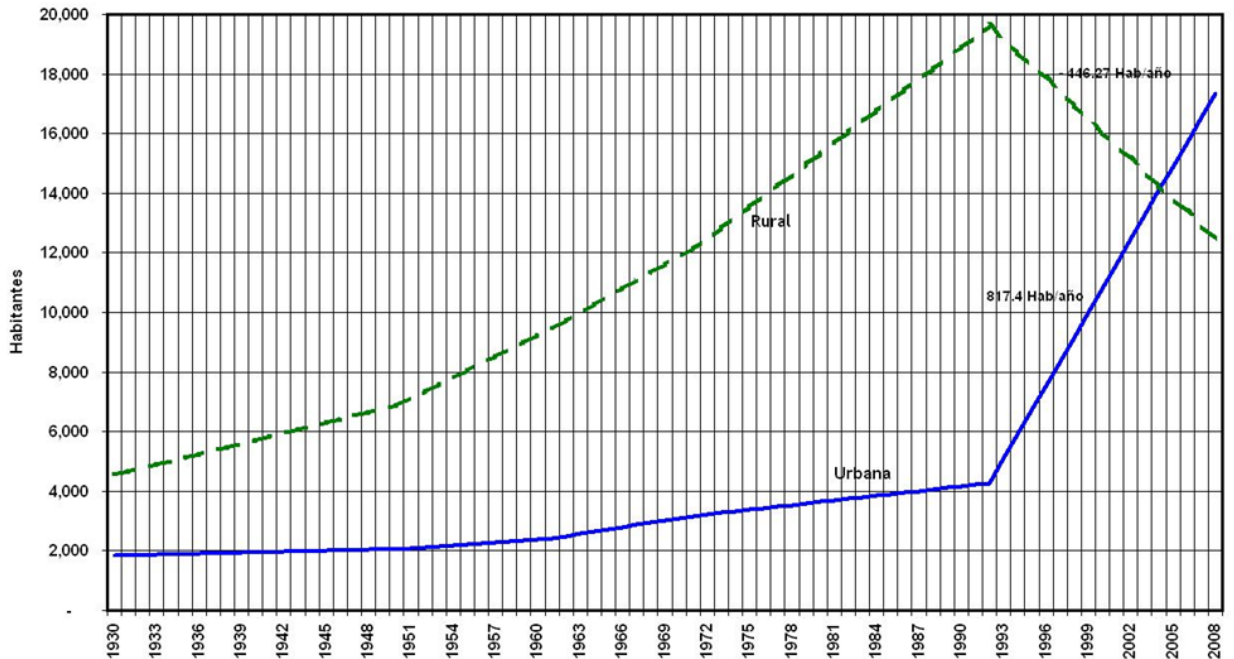
Tabla 0.2: Ocupación de inmuebles, municipio de Nejapa, San Salvador.

POBLACIÓN 2007		HAB/INMUEBLE	% DE DESOCUPACIÓN DE INMUEBLES
URBANA	RURAL		
16,530	12,928	4.1	15

Fuente: Censo poblacional 2007, DIGESTYC



Figura 3.1.1: Variación de la población urbana y rural



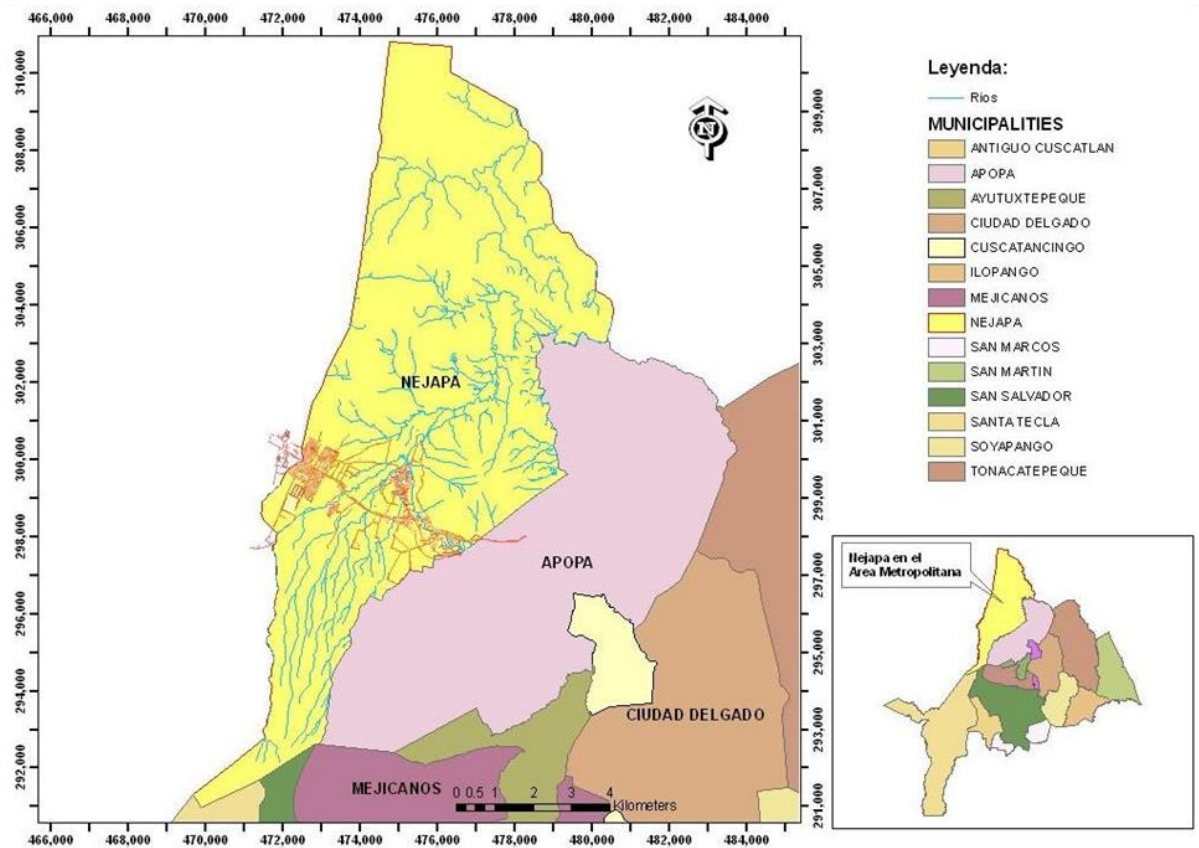
Fuente: Fuente: Estudio de tiempos y movimientos del sistema de recolección de desechos sólidos en la ciudad de Nejapa, 2008, OPAMSS

### 3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El municipio de Nejapa pertenece actualmente al distrito de Tonacatepeque y departamento de San Salvador. Está limitado por los municipios siguientes: al Norte, por Quezaltepeque, Aguilares y Guazapa; al Este, por Guazapa y Apopa; al Sur, por San Salvador y Nueva San Salvador; al Oeste, por Quezaltepeque. Se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas siguientes: 13° 55' 09" LN. (extremo septentrional) y 13° 44'23" LN. (extremo meridional); 89° 10'47" LWG. (extremo oriental) y 89° 16'50" LWG. (extremo occidental). Este se encuentra a 18 kilómetros al norte de la ciudad capital San Salvador, la cabecera

del municipio es la ciudad de Nejapa, situada a 450.0 metros sobre el nivel del mar.

Figura 3.1.2: Ubicación del municipio de Nejapa



Fuente: Fuente: Estudio de tiempos y movimientos del sistema de recolección de desechos sólidos en la ciudad de Nejapa, 2008, OPAMSS

Para su administración, el municipio se divide en 8 cantones y 43 caserío. Los cantones son: Aldea las Mercedes, Bonete, Camotepeque, Conacaste, El Salitre, Galera Quemada, San Jerónimo Los Planes, Tutultepeque.

El Gobierno local lo ejerce un concejo municipal, integrado por un alcalde, un síndico y varios regidores. Actualmente el Municipio es dirigido por el partido FMLN<sup>19</sup>.

### 3.1.2 SUELO Y TOPOGRAFÍA

#### HIDROGRAFÍA

El municipio de Nejapa posee los ríos principales siguientes:

- **San Antonio**, se forma de la confluencia de dos quebradas sin nombres, 3.8 kilómetros al suroeste de la ciudad de Nejapa. Corre con rumbo noreste recibiendo la afluencia de las quebradas: Honda, Los Amates, Los Limones y La Calera, hasta su desembocadura en el río Acelhuate. Posee una longitud de 13.5 kilómetros.
- **Acelhuate**, se origina fuera de este municipio y entra a formar parte de él, 4.3 kilómetros al este de la ciudad de Nejapa. Corre dirección norte sirviendo como límite natural de entre este municipio con Guazapa y Apopa; recibe la afluencia de los ríos San Antonio y Las Cañas, así como de varias quebradas, entre ellas: El Puerto, Las Garzas y El Rosario. Su recorrido dentro del municipio tiene una longitud de 13.5 kilómetros.

#### OROGRAFÍA

Los rasgos orográficos más notables del municipio son:

- **Cerro Redondo o Tutultepeque**. Está situado 10.1 kilómetros al norte de la ciudad de Nejapa con una elevación de 580 msnm<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup>Datos tomados de monografía sobre Nejapa del Instituto Geográfico Nacional (IGN) al año 2018

<sup>20</sup> Msnm= metros sobre el nivel del mar.

- **Cerro Ojo de Agua.** Está situado a 5 kilómetros al norte de la ciudad de Nejapa con una elevación de 640 msnm.
- **Cerro de Nejapa.** Está situado al este de la ciudad de Nejapa. De sus faldas nacen varias quebradas que desembocan en los ríos Acelhuate y El Ángel (municipio de Apopa) con una elevación de 918.78 msnm.

#### VEGETACIÓN

La flora está constituida por bosque subtropical y bosque muy húmedo subtropical. Las especies arbóreas más notables son: papaturro, conacaste, morro, roble, chaparro, nance, capulín de monte, ojushte, zopilocuavo y níspero.

#### ROCAS

Los tipos de roca que existen dentro del municipio son: corriente de lava basáltica, lavas andesíticas y basálticas, lava dacíticas y andesíticas y materiales piroclásicos.

#### SUELOS

Los tipos de suelos que predominan en el municipio, son: Andosoles y regosoles, inceptisoles y Entisoles (Fases de onduladas a alomadas). Regosoles, Latosoles, Arcillo Rojizos y Anaosoles. Entisoles, Alfisoles en Inceptisoles (Fases alomadas a montañosas accidentadas). Latosoles Arcillo Rojizos y Litosoles Alfisoles (Fase pedregosa superficial de ondulada a fuertemente alomadas, de pedregosidad variable). Regosoles y Litosoles. Entisoles (Fases de tobas consolidadas onduladas a fuertemente alomadas).

### 3.1.3 INDUSTRIAS Y COMERCIO

#### PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

La actividad agrícola del municipio está basada en el cultivo de caña de azúcar, café, granos básicos, hortalizas y frutas. En la actividad pecuaria se destaca la crianza doméstica de ganado vacuno y porcino, así como aves de corral.

#### INDUSTRIA Y COMERCIO

En el municipio se elaboran productos de arcilla, productos alimenticios, embotelladora de bebidas, talleres de estructuras metálicas, panaderías, carpinterías, molinos de nixtamal y otros. En el comercio local existen tiendas, farmacias, ferreterías, zapaterías, librerías, comedores y otros.

### 3.1.4 CLIMA DEL MUNICIPIO

El Salvador está situado en la parte exterior del cinturón climático de los trópicos, así durante el año los cambios de temperatura son pequeños, en contraste con las lluvias que muestran grandes oscilaciones en el transcurso del año. Se presentan dos estaciones (seca y lluviosa) y dos transiciones (seca-lluviosa y lluviosa-seca).

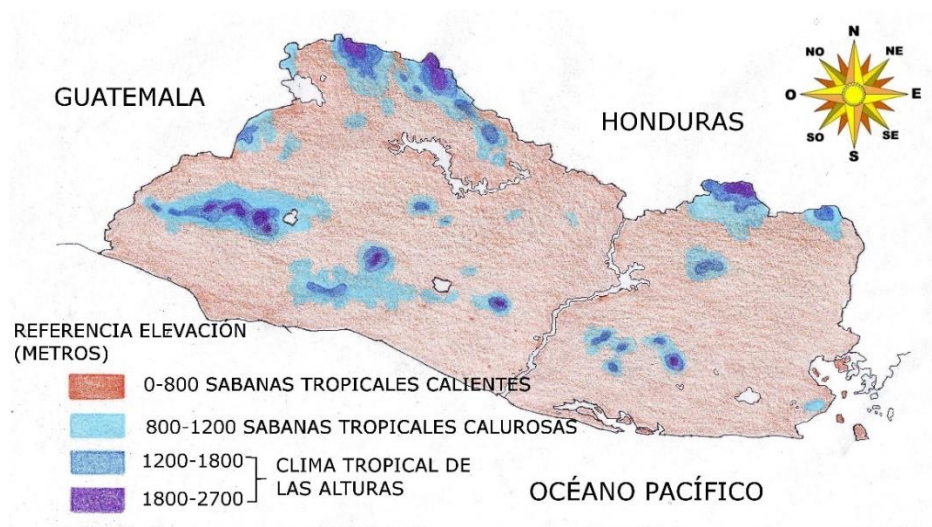
Al final de la estación seca ocurren las máximas temperaturas en los meses de marzo y abril. Otra característica de los trópicos exteriores son los vientos alisios<sup>21</sup> que predominan procedentes del sector noreste. También son típicos los máximos en la actividad lluviosa unas semanas después del paso del sol sobre el cenit (al medio día el sol brilla perpendicularmente, no proyecta sombra).

---

<sup>21</sup> Los vientos alisios son vientos constantes que soplan del NE en el hemisferio norte y del SE en el hemisferio sur.

Como se puede observar en la figura 3.1 Nejapa está ubicado en el área que corresponde a las “Sabanas Tropicales Calientes”. En su mayor parte el clima del municipio es cálido, presentando una temperatura más agradable al sur, teniendo un promedio anual de temperatura de 23.1 °C, oscilando entre 24.5 °C para abril y 22.1 °C para diciembre.

Figura 3.1.3: Zonas climáticas de El Salvador



Fuente: <http://sitiosescolares.miportal.edu.sv/10097/2as.html>

El monto pluvial acumulado anual oscila entre 1800 y 2000 mm, siendo mayor al promedio nacional (1861mm).

### 3.1.5 INFRAESTRUCTURA

Las calles que posee el municipio son adoquinadas, empedradas, fraguadas y de tierra, las más importantes son: Isaac Esquivel y avenidas Norberto Morán y Emilio Avelar. Las fiestas patronales se celebran del 27 al 30 de septiembre en honor a San Jerónimo.

Entre los servicios públicos con los que cuenta la ciudad, podemos mencionar: iglesias, centros educativos, relleno sanitario, concejo para el desarrollo de

Nejapa, Alcaldía Municipal, parque, mercado, Policía Nacional Civil, casa comunal, Casa de la Cultura, Juzgado de Paz, agua potable, cementerio, energía eléctrica, transporte colectivo y correos, entre otros.

## VÍAS DE COMUNICACIÓN

La ciudad de Nejapa se comunica por carretera pavimentada con las ciudades de Apopa y Quezaltepeque (departamento de La Libertad). Cantones y caseríos se enlazan por caminos vecinales a la cabecera municipal.

## SITIOS TURÍSTICOS

Entre los sitios turísticos del municipio de Nejapa, podemos mencionar: Piscina de San Antonio, situada a 500 metros al norte del centro de la ciudad y el Turicentro Los Ranchos, que cuenta con doce cabañas, también en la ciudad.

## 3.2 CONDICIONES ACTUALES EN EL MANEJO DE DESECHOS

### 3.2.1 GENERACIÓN

La alcaldía municipal de Nejapa tiene como uno de sus objetivos de la prestación del servicio de aseo, proteger la salud pública y el medio ambiente al menor costo posible lo que significa que éste se debe ofrecer de manera eficiente.

La Recolección residencial de los desechos sólidos es una de las partes del servicio prestado, en términos generales, es recolectar y transportar los residuos sólidos desde su almacenamiento en la fuente generadora (domicilios) hasta el vehículo recolector y luego trasladarlos hasta el sitio de disposición final.

Al rastrear los antecedentes desde 1992 tenemos que el sitio de disposición final estaba ubicado en el antiguo botadero de Mariona de jurisdicción compartida

entre este municipio y su vecino Apopa; en 1996 JICA la agencia de cooperación internacional del Japón hizo un segundo donativo de camiones compactadores recolectores a todas las alcaldías del Área Metropolitana de San Salvador constituyendo para a Nejapa esta donación en dos camiones compactadores recolectores; los que actualmente tienen y prestan el servicio. Con la construcción y operación del relleno sanitario propiedad de la empresa MIDES SEM DE CV; Nejapa dispone sus desechos en este sitio desde Mayo de 1999.

### 3.2.2 RECOLECCIÓN

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

Los vehículos dotados de carrocerías de carga trasera de dos ejes son muy eficientes, pues la recolección se efectúa en forma más cómoda y menos fatigosa para el personal operativo debido a su altura de carga no mayor de 1.20 m. Además, permiten por lo general prescindir de un operario y así, reducir la tripulación del vehículo y los costos de operación.

Ahora bien, debe dejarse claro que no siempre es adecuado el uso de vehículos especializados para la recolección de los residuos sólidos, ya que no en todos los casos la traza urbana brinda las facilidades de acceso, penetración, maniobrabilidad y pendiente, requeridas para la utilización y máximo aprovechamiento de tales vehículos. En muchos casos la utilización de unidades de las consideradas como "no convencionales", pueden dar mejores resultados



tanto en costo como en rendimiento y eficiencia, que los obtenidos con el uso de unidades recolectoras especializadas.

Actualmente la Alcaldía de Nejapa, cuenta con una flota de recolección que consiste en siete equipos, tres para la recolección de las seis rutas principales, dos de apoyo y dos actualmente dañados.

El personal designado para la recolección consiste en cinco motoristas con nueve auxiliares.

Para la reparación de los camiones se cuenta con un taller de mecánica y soldadura estructural y autógena con personal de dos miembros.

## BARRIDO DE CALLES

El barrido de calles del casco urbano se realiza con cuatro auxiliares de barrido y la utilización de los dos camiones recolectores como apoyo.

Los Auxiliares de barrido llevan su equipo de carretilla, rastrillo y escoba.

Todos llevan guantes de cuero uniforme de tela gruesa y botas de hule como protección.

Tabla 0.3: Horarios de barrido y recolección de desechos en el municipio de Nejapa

<b>Ruta</b>	<b>Lugar</b>	<b>Día</b>	<b>Hora</b>	<b>Habitantes</b>
			<b>aproximada</b>	
<b>1</b>	El Jabalí I y II	Lunes Miércoles Viernes	04:50 a.m.	674
<b>1</b>	El Cedral 1	Lunes Miércoles Viernes	08:00 a.m.	824
<b>1</b>	Los Tejada	Lunes Miércoles Viernes	08:45 a.m.	134
<b>1</b>	San Jorge	Lunes Miércoles Viernes	09:30 a.m.	107
<b>1</b>	Los Angelitos	Lunes Miércoles Viernes	10:15 a.m.	428

1	El Pitarrillo	Lunes Miércoles Viernes	11:20 a.m.	214
1	El Cedral 2	Lunes Miércoles Viernes	12:40 p.m.	824
2	Las Américas I y II y El Cambio	Martes, Jueves y Sábado	04:50 a.m.	2247
2	Residencial Villa Constitución	Martes, Jueves y Sábado	09:00 a.m.	3200
2	Contenedores	Martes, Jueves y Sábado		792
2	Polideportivo Victoria Gasteiz	diariamente	04:30 a.m.	1000
2	Industrias La Constancia	miércoles y viernes	12:10 p.m.	100
2	Centro Escolar Tutultepeque	Miércoles cada 15 días		590
2	Cantón San Jerónimo			1096
2	Centro Escolar José Matías Delgado			1695
2	Centro Escolar Francisco Morazán			579
3	Pupusódromo El Laurel	Lunes Miércoles Viernes	05:30 a.m.	100
3	Lotificación Aldea de Mercedes I y II	Lunes Miércoles Viernes	06:00 a.m.	1129
3	Residencial Villa Nejapa	Lunes Miércoles Viernes	06:55 a.m.	440
3	Calle Principales Casco Urbano	Lunes Miércoles Viernes	09:20 a.m.	4000
3	Barrio San Antonio	Lunes Miércoles Viernes	10:20 a.m.	314
4	Pupusódromo El Laurel	Martes, Jueves y Sábado	05:30 a.m.	100
4	La Estación	Martes, Jueves y Sábado	06:00 a.m.	354
4	San José	Martes, Jueves y Sábado	06:30 a.m.	235
4	Calles Principales Casco Urbano	Martes, Jueves y Sábado	09:00 a.m.	
4	Col. Macanse	Martes, Jueves y Sábado	09:55 a.m.	239
	Empresas			1000
4	Mercado Plaza España	diariamente	05:10 a.m.	200
4	Beneficio MECAFE	Martes, Jueves	06:40 a.m.	50

4	Ofibodegas	Jueves	10:30 a.m.	100
4	Jumex	Jueves	11:00 a.m.	300
4	C Imberton	Jueves	12:00 a.m.	200
5	Aldea de Mercedes	Lunes Miércoles Viernes	05:00 a.m.	1129
5	Boulevard San Jerónimo	Lunes Miércoles Viernes	05:00 a.m.	50
5	Sector 85	Lunes Miércoles Viernes	07:00 a.m.	91
5	Cuesta Blanca	Lunes Miércoles Viernes	08:00 a.m.	658
5	Nueva Esperanza	Lunes Miércoles Viernes	10:00 a.m.	2000
5	Retorno El Salitre	Lunes Miércoles Viernes	11:30 a.m.	20
5	Redondel El Castaño	Lunes Miércoles Viernes	12:00 p.m.	20
5	Entrada a Calle de MIDES	Lunes Miércoles Viernes	01:00 p.m.	100
6	Hacienda Mapilapa	Martes, Jueves y Sábado	05:30 a.m.	820
6	Colonia La Granja	Martes, Jueves y Sábado	07:00 a.m.	332
6	Colonia Ferrocarril	Martes, Jueves y Sábado	08:30 a.m.	1346
6	Entrada a la Calle de Mides	Martes, Jueves y Sábado	10:30 a.m.	100
			Total	<b>29931</b>

Fuente: Datos de archivo de la unidad Medio Ambiental de la Alcaldía de Nejapa, 2018

### 3.2.3 ALMACENAMIENTO

Actualmente no existe un almacenamiento de desechos sólidos inorgánicos en las instalaciones que posee el municipio dado que estos son llevados directamente al relleno sanitario luego de haber realizado la recolección.

En el vivero municipal ocurre una situación diferente con los desechos orgánicos, pues aquí se recibe cierta parte de los desechos del mercado municipal para tratarlo y convertirlo en compostaje que luego será utilizado. La cantidad de

desecho que no se utiliza se coloca nuevamente en un camión recolector para depositarlo en el relleno sanitario.

### 3.2.4 TRATAMIENTO

Actualmente los desechos sólidos creados por la población no son separados ni tratados desde el origen. Los desechos orgánicos generados por el mercado municipal y las podas en los parques son los únicos que son tratados en cierta manera por el personal de la unidad medio ambiental de la alcaldía para reutilizarlos, pues en su mayoría son desperdicio de frutas y verduras, hojas secas y ramas; estos son recibidos en el vivero municipal donde existen compostadores creados para cubrir la demanda.

Existe un personal en el vivero municipal que consta de seis personas, cuatro auxiliares, un vigilante y el encargado.

Figura 3.2.1: Venta de frutas y verduras en el mercado municipal de Nejapa.



Fuente: Memoria de Labores unidad ambiental de Nejapa, 2017

Figura 3.2.2: Especies de árboles en el vivero municipal de Nejapa.



Fuente: Memoria de Labores unidad ambiental de Nejapa, 2017

Figura 3.2.3: Manejo de especies arbóreas en el vivero municipal de Nejapa.



Fuente: Memoria de Labores unidad ambiental de Nejapa, 2017

### 3.2.5 TRANSFERENCIA DE RESIDUOS A DISPOSICIÓN FINAL

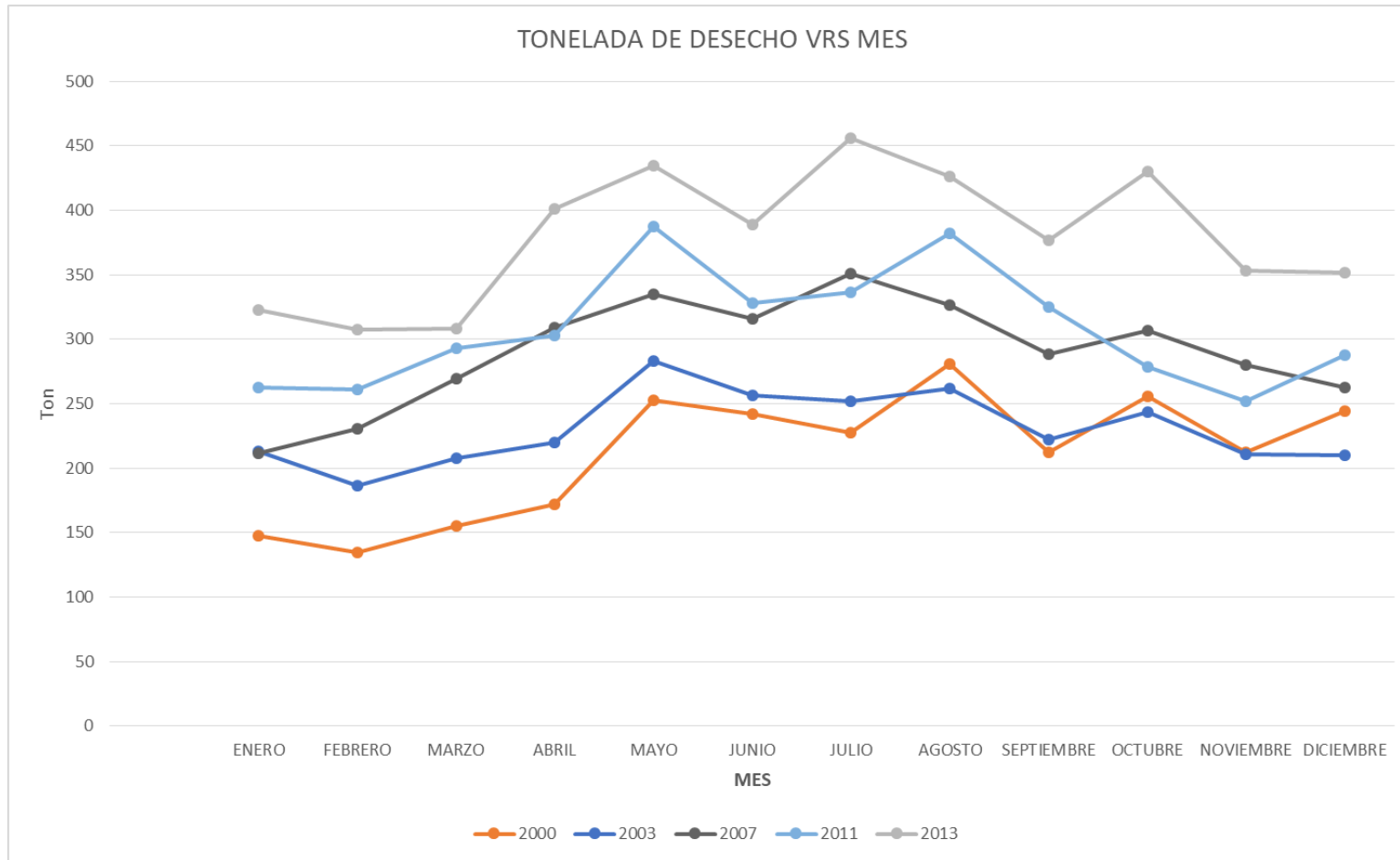
Se registra un movimiento de desechos entregados al relleno sanitario de MIDES que se resume en el siguiente cuadro anual:

Tabla 0.4: Registro Histórico de desechos sólidos en toneladas entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa.

MES	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>ENERO</b>		147.29	237.41	180.41	213.2	207.65	207.58	246.31	211.65	271.73	251.25	255.21	262.3	278.19	322.5	335.3
<b>FEBRERO</b>		134.76	210.53	161.71	186.35	188.49	182.14	208	230.87	252.76	225.46	254.14	260.7	234.09	307.8	305.2
<b>MARZO</b>		155.19	252.21	185.71	207.94	205.96	232.05	235.62	269.54	258.55	251.95	273.22	292.8	265.58	308.3	357.6
<b>ABRIL</b>		171.84	240.59	219.78	220.15	226.01	240.2	262.27	309.11	302.34	291.32	310.01	302.6	287.36	401	363.9
<b>MAYO</b>	132.12	252.45	224.56	207.66	283.41	287.19	213.89	319.22	335.19	308.16	314.55	333.01	387.4	373.76	434.4	442.6
<b>JUNIO</b>	139.43	242.09	257.16	210.61	256.58	287.18		272.12	315.68	334.62	313.09	343.94	328.1	343.49	389	
<b>JULIO</b>	183.73	227.31	257.5	257.22	251.56	286.11	199.83	252	351	316.01	322.57	300.41	336.3	364.26	456.2	
<b>AGOSTO</b>	160.85	281.1	259.06	231.13	261.54	277.1	318.96	200.1	326.81	322.87	329.67	336.45	382.2	391.87	426.3	
<b>SEPTIEMBRE</b>	213.46	212.57	230.78	193.82	222.18	243.82	251.73	114.82	288.11	286.13	252.03	283.13	325.2	472.8	376.9	
<b>OCTUBRE</b>	218.26	255.56	179.35	220.33	243.68	251.1	266.6	197.12	306.73	315.08	256.33	251.25	278.4	417.94	429.6	
<b>NOVIEMBRE</b>	194.4	212.21	156.83	199.24	210.9	238.54	252.53	234.17	279.92	257.54	291.01	226.88	252	327.94	353.3	
<b>DICIEMBRE</b>	167.94	243.9	180.65	201.26	209.87	247	247.01	226.48	262.27	272.37	303.01	278.48	287.8	343.5	351.2	
<b>TOTAL</b>	1410.2	2536.3	2686.6	2468.9	2767.4	2946.2	2612.5	2768.2	3486.9	3498.2	3402.2	3446.1	3696	4100.8	4557	1805
<b>TON/MES</b>	176.27	211.36	223.89	205.74	230.61	245.51	217.71	230.69	290.57	291.51	283.52	287.18	307.96	341.73	379.72	360.92
<b>TON/DÍA</b>	5.79	6.95	7.36	6.76	7.58	8.07	7.16	7.58	9.55	9.58	9.32	9.44	10.12	11.23	12.48	11.86
<b>POBLACIÓN URB. TOTAL</b>	9991	10808	11626	12443	13260	14078	14895	15713	16530	16897	17995	16593	17779	18547	19315	20083

Fuente: Archivo de Registro histórico de desechos sólidos, Julio 2014, Alcaldía de Nejapa

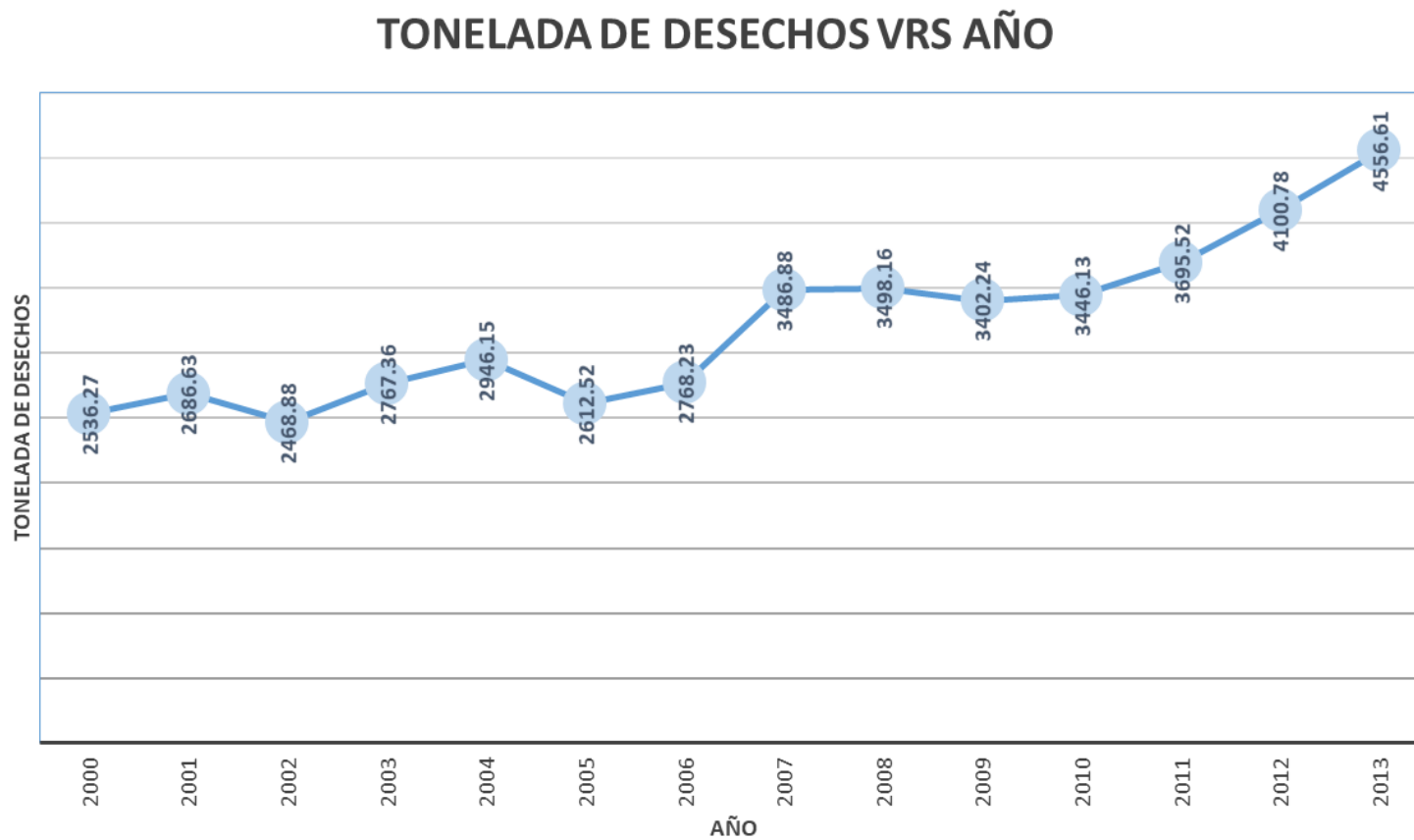
Figura 3.2.4: Registro Histórico de desechos sólidos entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa. Gráfica de toneladas de desechos versus mes, datos desde el año 1999 al 2014 (tomando años representativos).



Fuente: Archivo de Registro histórico de desechos sólidos, Julio 2014, Alcaldía de Nejapa

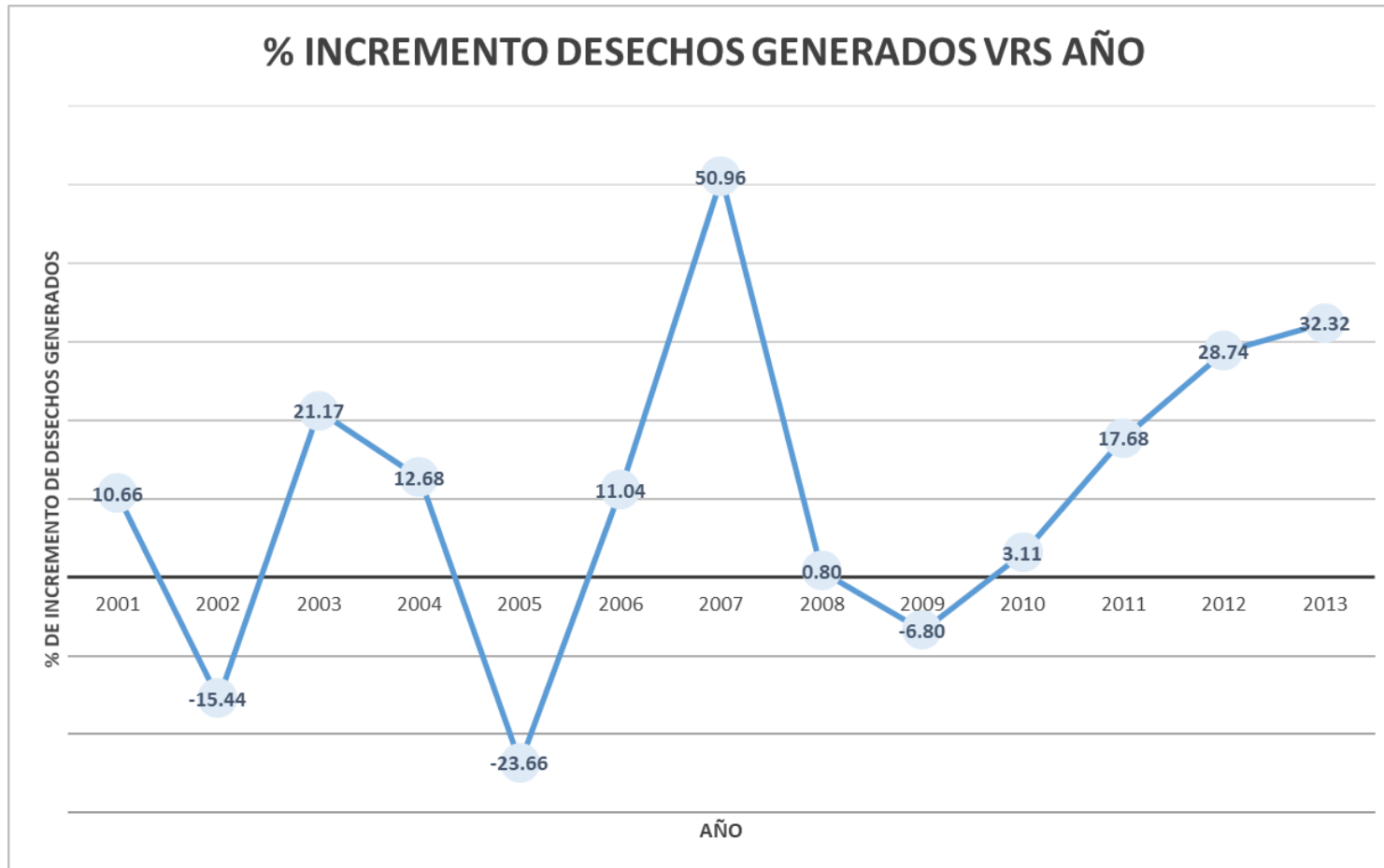


Figura 3.2.5: Registro Histórico de desechos sólidos entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa. Gráfica de toneladas de desechos versus año, datos desde el año 2000 al 2013.



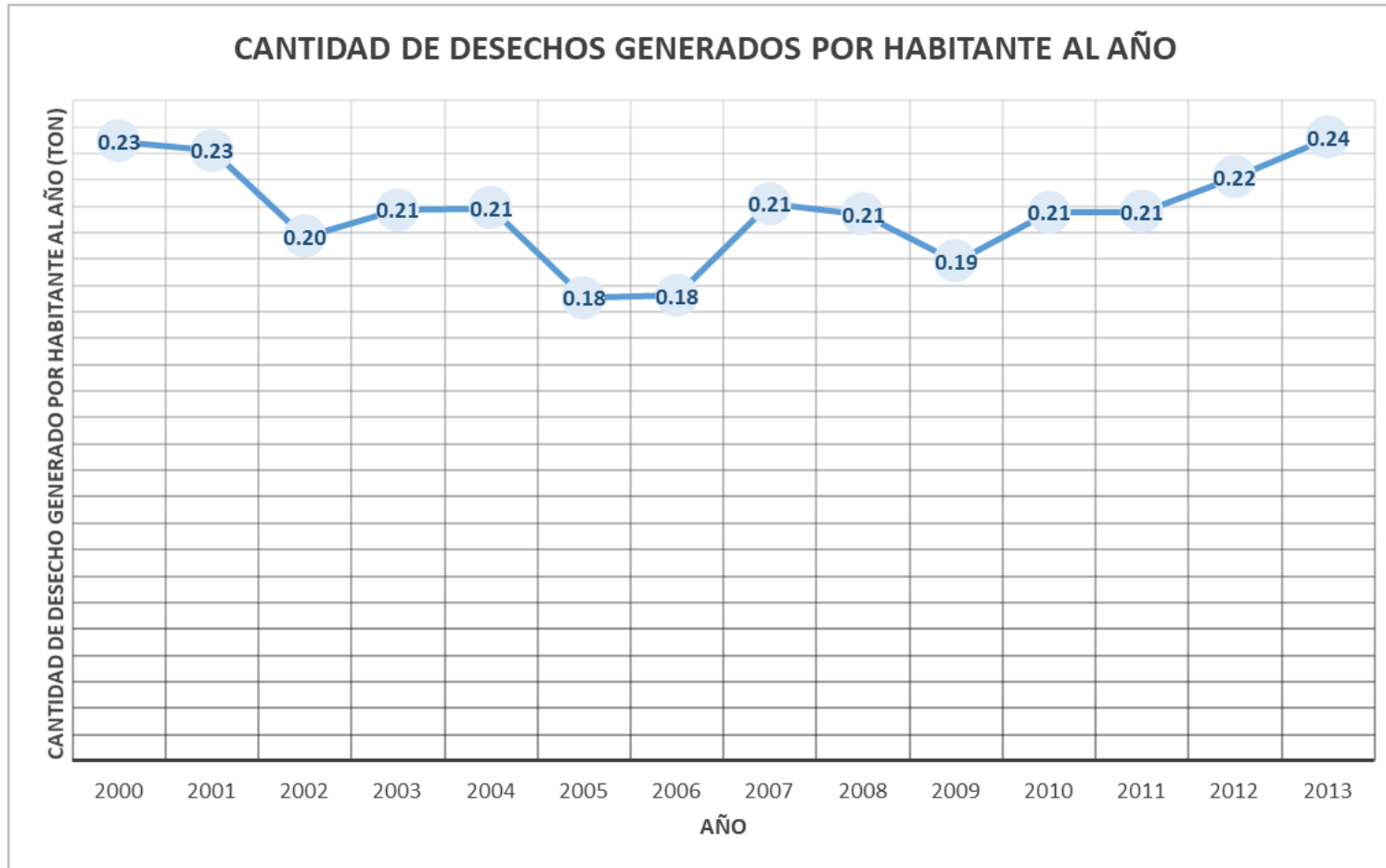
Fuente: Archivo de Registro histórico de desechos sólidos, Mayo 1999 a Julio 2014, Alcaldía de Nejapa.

Figura 3.2.6: Registro Histórico de desechos sólidos entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa. Gráfica de porcentaje de incremento de desechos generados versus año, datos desde el año 2000 al 2013.



Fuente: Archivo de Registro histórico de desechos sólidos, Mayo 1999 a Julio 2014, Alcaldía de Nejapa.

Figura 3.2.7: Registro Histórico de desechos sólidos entregados a MIDES por la municipalidad de Nejapa. Gráfica de cantidad de desechos generados por habitante al año, datos desde el año 2000 al 2013.



Fuente: Archivo de Registro histórico de desechos sólidos, Mayo 1999 a Julio 2014, Alcaldía de Nejapa.

Se puede observar en cada una de las tablas anteriores un pico irregular en las representaciones del año 2007 debido a que por acuerdo del MARN a partir de las cero horas del día 10 de septiembre de este año quedó terminantemente prohibido depositar la basura a cielo abierto, ni en ningún otro lugar que no esté legalmente autorizado.

Dicha prohibición aplicó para toda persona natural o jurídica, pública o privada, incluyendo al Estado y a las municipalidades y su incumplimiento ocasionaría sanciones para los titulares de las obras que pueden ser multas de hasta cinco mil salarios mínimos de acuerdo a la Ley de Medio Ambiente.

### 3.2.6 MANEJO ADMINISTRATIVO EN EL MUNICIPIO DE NEJAPA

Legalmente (por el código municipal) y tradicionalmente se le ha asignado a las alcaldías municipales la responsabilidad de limpieza de áreas públicas y el servicio de recoger la basura municipal generada. La alcaldía, es la responsable de la operación de limpieza mediante métodos propios adoptados según la naturaleza y capacidad económica de cada municipio.

El objetivo de la prestación del servicio de limpieza es: proteger la salud pública y el medio ambiente al menor costo posible; significa que éste se debe ofrecer de manera eficiente. La recolección de residuos es una de las partes del servicio prestado, que es susceptible de optimizar, dado que se puede realizar el mismo trabajo de maneras muy diferentes.

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

En la administración actual, el encargado de la recolección de desechos municipales es el jefe de la unidad ambiental, que además está a cargo del vivero municipal por lo que puede tomar decisiones que beneficien a las dos áreas.

### 3.2.7 MANEJO TECNICO Y OPERATIVO

Según las demandas del servicio y el grado de tecnificación de los equipos (mismo que se encuentra relacionado de manera directa con el nivel de servicio y, de forma inversa con la participación del usuario mismo en el cumplimiento del servicio), los métodos de recolección por escala utilizados pueden ser clasificados como sigue:

- Método de Esquina o de Parada Fija (demanda discreta semi-mecanizada con alta participación del usuario).
- Método de Acera (demanda continua semi-mecanizada con mediana participación del usuario).
- Método intra-domiciliario o de llevar y traer (demanda semicontinua semimecanizada con baja o nula participación del usuario).
- Método de Contenedores (demanda discreta mecanizada con alta participación del usuario).

#### **Frecuencia de Recolección**

La prestación de servicio de recolección es una de las etapas más caras del sistema del manejo de basura y, una de las que presenta mayores oportunidades para la minimización de costos. Uno de los factores que más influye sobre el sistema, es la frecuencia de recolección, la cual deberá prever que el volumen

acumulado de basura no sea excesivo y que el tiempo transcurrido desde la generación de basura hasta la recolección para su disposición final no exceda el ciclo de reproducción de la mosca que varía, según el clima, de 7 a 10 días.

#### a) Recolección Diaria

Los camiones recolectores deben recorrer la totalidad de las rutas diariamente, excepto los Domingos; por lo que los Lunes, la basura que se recolecta corresponde al período Sábado/Domingo. Para efectos prácticos, puede decirse que los lunes se recolecta un 100% más de basura, que el resto de los días de la semana.

Naturalmente, esta frecuencia es la que ofrece una mejor imagen del sistema hacia los usuarios pero, al mismo tiempo, es el que mayor costo involucra.

#### b) Recolección Cada Tercer Día.

El camión recolector pasa un día sí y otro no, a excepción de los Domingos, por lo que equivale a pasar tres veces por semana.

Con este sistema se tienen las siguientes ventajas:

- Los camiones recolectores se llenan en un tiempo más corto y en un recorrido menor; es decir, el concepto de "costo por tonelada-kilómetro", sería menor al compararla con la frecuencia diaria.
- Para aclarar este concepto, se puede decir que cada camión recolector recorre cierta distancia cargando y recolectando los desechos de un solo día bajo el primer sistema; mientras que el mismo camión recorrería la mitad de esa distancia al llenarse más rápido, recolectando la basura de dos días.

- A mediano y largo plazos, los costos por concepto de mantenimiento serían menores, también por tonelada de basura transportada.
- El recolectar tres veces por semana implica, además, que la sobrecarga de la recolección debida al domingo, no recaería únicamente en el siguiente día de recolección (los lunes), sino que sería repartido en dos días (en este caso los lunes y los martes).

Sin embargo, el emplear esta alternativa en cuanto a frecuencia de recolección, acarrea las desventajas que se indican a continuación:

- Se crea cierta incomodidad a la comunidad servida, dado que la basura podría generar malos olores, requiriendo mayor limpieza en el interior de la vivienda.

Esta alternativa es la que se utiliza en todos los recorridos que hace la comuna.

#### c) Recolección Dos Veces por Semana

El camión establece un horario de servicio en el que se eligen dos días a la semana cada dos y/o tres días.

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

Por otro lado, la sobrecarga que representa la recolección en seis días de la semana se reparte en un mayor número de días, conforme se disminuya la frecuencia en la recolección.

Sin embargo, así como se incrementan esas ventajas, la disminución de la frecuencia agudiza también las desventajas que se mencionaron, creando una desventaja adicional:

- Se crea la posibilidad de hacer que proliferen los tiraderos clandestinos, al incrementarse las incomodidades de los habitantes servidos.

Aspectos cuantitativos a Considerar en las Rutas de Recolección

- Número y tipo de equipo seleccionado
- Tamaño de la tripulación
- Frecuencia de recolección
- Distancia entre paradas y estaciones
- Distancia al sitio de transferencia o disposición final
- Topografía del terreno
- Tráfico en la ruta

Consideraciones no cuantitativas para el ruteo son:

- Maniobrabilidad de los contenedores
- Condiciones de los caminos
- Las rutas no deben de estar fragmentadas o traslapadas.
- Cada ruta deberá ser compacta, atacando un área geográfica y estar balanceada. El tiempo total de cada ruta deberá ser razonablemente el mismo.
- La recolección deberá comenzar lo más cercano al encierro o plantel.



- Las calles de un solo sentido se tratarán de atacar desde el principio de ellas. Se deberán minimizar las vueltas en U y a la izquierda.
- Las partes elevadas se atacarán primero.
- Generalmente, cuando sólo se recolecta de un lado de la acera, es preferible rodear las manzanas.
- Cuando la recolección es por los dos lados de la acera, es preferible recolectar en línea recta por varias manzanas.

### 3.2.8 COSTOS A LA COMUNA Y COSTOS A LA POBLACIÓN

Los costos del manejo de los desechos sólidos representan un desembolso enorme para todas las municipalidades del país, uno de los grandes beneficios que tiene el municipio de Nejapa es que debido al “Convenio de los 20 años” firmado en 1999 con el relleno sanitario MIDES, por estar este ubicado en el municipio la municipalidad está exenta de pagar disposición final (este tiene un techo de tonelaje permitido de 1000 toneladas mensuales) obteniendo un ahorro anual por ejemplo para el año 2013 de aproximadamente \$82,018.00<sup>22</sup>; este convenio termina en el año 2019.

La unidad medio ambiental del municipio proporcionó el siguiente cuadro que detalla los costos proyectados en lo que respecta a esta área para el año 2018:

---

<sup>22</sup> Fuente: Presupuesto presentado para funcionamiento de unidad medioambiental de alcaldía de Nejapa para el año 2018, archivos de unidad Medio Ambiental.

Tabla 0.5: Resumen de Presupuesto unidad medioambiental para 2018

CENTRO DE COSTO	SUBTOTAL	% CON RESPECTO A PRESUPUESTO GENERAL
MEDIOAMBIENTE	\$ 35,862.20	0.71
RECOLECCIÓN	\$ 127,877.57	2.52
BARRIDO	\$ 23,608.48	0.47
MANTENIMIENTO PARQUES	\$ 11,124.49	0.22
PLANTA DE TRATAMIENTO	\$ 10,995.98	0.22
VIVERO	\$ 31,813.88	0.63
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 241,282.60</b>	<b>4.76</b>

Fuente: Presupuesto presentado para funcionamiento de unidad medioambiental de alcaldía de Nejapa para el año 2018, archivos de unidad Medio Ambiental.

### 3.3 AREÁAS NUEVAS DE RECOLECCIÓN EN EL MUNICIPIO

Por el momento no se tiene ninguna proyección para rutas nuevas en el municipio pues se cubre la totalidad del área urbana y la mayoría de cantones, los últimos utilizando contenedores los cuales son vaciados entre una y dos veces a la semana.

Debido al continuo aumento de la población urbana; los límites entre la ciudad y el área rural van moviéndose cada año, dándose una extensión casi perimetral y extendiéndose hacia las calles principales de acceso, por lo que las rutas para cubrir éste aumento, alargan el ultimo (o primer) punto de recolección, así la cantidad de desechos manejados va aumentando en el transcurso del tiempo.

### 3.4 ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE NEJAPA

#### 3.4.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

En este apartado se describe la metodología de investigación realizada para la recopilación de la información analizando inicialmente la situación actual del

servicio de recolección, la cual consiste en una revisión minuciosa de rutas de recolección de residuos sólidos con las que cuenta actualmente la Municipalidad con apoyo del personal que participa en la operación y administración; para esto se utilizaron parte de los datos tomados por la OPAMSS en el 2008 cuando se hizo un estudio del ruteo actual y una nueva investigación de campo realizada para este proyecto de graduación para corroborar y actualizar datos.

El proceso investigativo consistió en un recorrido con cada uno de los camiones desde su salida del plantel (o encierro) hasta su última parada; durante este recorrido se tomaron los datos de tiempo y movimiento de cada una de las rutas realizadas para determinar el tiempo consumido y la distancia recorrida.

Los pasos generales realizados para el registro de información sobre las rutas fueron:

- Preparación de cuadros y mapas análogos de localización mostrando datos pertinentes e información concerniente a las fuentes de generación de desechos, contando con cartografía base del municipio cuya fuente es OPAMSS.
- Análisis de datos y preparación de información en tablas resumidas.
- Creación de mapa de recorridos actuales.
- Al llegar al relleno sanitario se pidió colaboración por parte de la institución MIDES para poder hacer una disposición aparte para la caracterización de los desechos de cada recorrido, así tener un dato del porcentaje de materiales que proporciona cada área del municipio.

Especificando cada uno de estos pasos tenemos:

### **Paso 1**

En un mapa de escala adecuada para distinguir el trazo de la ciudad o de la zona a recolectar, los siguientes datos fueron establecidos para cada uno de los puntos de recolección: localización, frecuencia de recolección, número de contenedores o casas habitación a atender.

En cuadros impresos para cada uno de los recorridos fueron tomados y registrados, el tiempo de cada una de las estaciones, el número de bolsas recogidas, la distancia e identificación del área recorrida.

Figura 3.4.1: Recolección de desechos en Urbanización Villa Constitución.



Fuente: Memoria de Labores 2017, Unidad Medioambiental de Alcaldía de Nejapa

### **Paso 2**

Se calculó la cantidad total de residuos sólidos a ser recolectados de las localizaciones de carga servidas en cada uno de los recorridos usando el volumen efectivo del vehículo de recolección, y se tomó el número promedio de residencias de las cuales los residuos fueron recolectados durante cada viaje.

Figura 3.4.2: Pesaje de desechos sólidos recolectados en báscula del relleno sanitario MIDES, en la cual ya se tiene la tara del camión compactador.



Fuente: Toma realizada en báscula del relleno sanitario MIDES.

### **Paso 3**

Una vez se llega al punto de descarga del relleno sanitario, los desechos son depositados aparte para realizar el cuarteo del contenido de todo el compactador; el cuarteo es realizado por un tractor Caterpillar D5.

Figura 3.4.3: Descarga de camión recolector en área especial para realizar muestreo sin interferir con operación del relleno sanitario.



Fuente: Toma realizada en punto de descarga de relleno sanitario Nejapa.

Luego de realizar el cuarteo se procedió a tomar muestras del desecho con una cubeta de volumen y peso conocidos (tara) y posteriormente se pesa la totalidad del desecho<sup>23</sup>.

Seguidamente se esparce el contenido de la cubeta sobre una carpeta y se reagrupan cada uno de los elementos de igual composición, pesándolos nuevamente para encontrar el porcentaje de desechos que genera cada recorrido.

---

<sup>23</sup> Se utiliza bascula digital AMCO con capacidad de 110.23lb y precisión de 0.01lb

Figura 3.4.4: Separación de desechos para clasificación sobre carpeta.



Fuente: Toma realizada en punto de descarga de relleno sanitario Nejapa.

### 3.4.2 ORIGEN Y COMPOSICIÓN

La mayoría de desechos que maneja el municipio son de origen domiciliar, pero también se recolectan de empresas privadas en una minoría, esta es recogida en seis rutas generales que dependiendo de la normalidad de los desechos pueden ser modificadas entre ellas circunstancialmente para suplir la demanda. En demanda normal las rutas son las siguientes:

## RUTA 1: EL JABALÍ I Y II - EL CEDRAL

Esta ruta tiene como objetivo hacer la recolección de un total de 2,722 habitantes beneficiados.

- La frecuencia de recolección es de tres días a la semana: Lunes, miércoles y viernes.
- El personal que labora en esta ruta consta de un conductor y dos tripulantes.
- En esta ruta se recolecta un promedio de 6.62 toneladas<sup>24</sup> diarias.

Figura 3.4.5: Equipo utilizado para ruta 1.



Fuente: Fotografía autoría propia.

---

<sup>24</sup> Dato proporcionado por MIDES, a fecha Septiembre 2018



Tabla 0.6: Información de Ruta 1

<b>RUTA</b>	<b>1: EL JABALÍ I Y II- EL CEDRAL</b>	
TRIPULACIÓN	2 recolectores y 1 motorista	
POBLACIÓN BENEFICIADA	3205 habitantes	
FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN	lunes, miercoles, viernes	
TIPO DE VEHÍCULO	Compactador International 1995 Capacidad 8.56Ton	
PROMEDIO DE RECOLECCIÓN	6.62 Ton	
SITIOS QUE RECOLECTA	VIAJE: Jabalí II, Jabalí I, El Cedral I, Los Tejada, San Jorge, Los Angelitos, El Pitarrillo, El Cedral II	
<b>CARACTERIZACIÓN DE RUTA</b>		
	<b>PESO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
TARA DE PRUEBA		
Comida	2.54	25.61%
Papel y Carton	1.22	12.34%
Plásticos	1.82	18.33%
Vidrio	0.19	1.88%
Textiles	0.27	2.72%
Madera	0.08	0.79%
Maleza y derivados	3.04	30.69%
Metales	0.08	0.77%
Llantas y hule	0.06	0.61%
Poliestireno (Durapax)	0.04	0.36%
Inerte	0.58	5.90%
<b>TOTAL</b>	<b>9.90</b>	<b>100.00%</b>

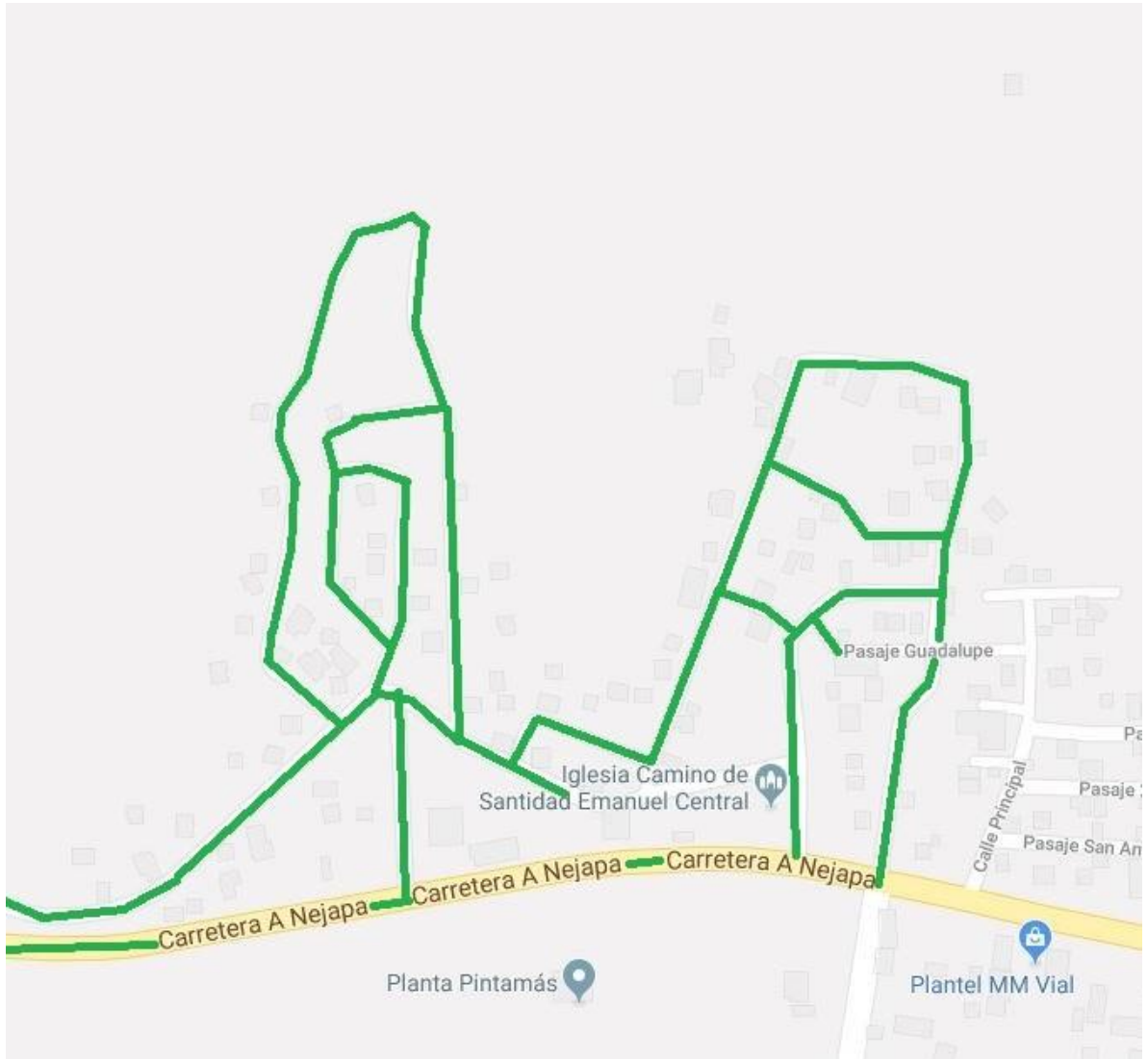
Fuente: Datos de investigación propia a fecha septiembre de 2018.

Figura 3.4.6: Ruta 1 El Jabalí I y II – El Cedral (A)



Fuente: Autoría propia, Google Earth Pro 2018.

Figura 3.4.7: Ruta 1 El Jabalí I y II – El Cedral (B)



Fuente: Autoría propia, Google Earth Pro 2018.

## **RUTA 2: LAS AMÉRICAS – C.E. FRANCISCO MORAZÁN**

Esta ruta tiene como objetivo hacer la recolección beneficiando a 11,299 habitantes.

- La frecuencia de recolección es de tres días a la semana: Martes, Jueves y Sábado.
- El personal que labora en esta ruta consta de un conductor y dos tripulantes.
- En esta ruta se recolecta un promedio de 6.32 toneladas<sup>25</sup> diarias realizadas en un solo viaje.

Figura 3.4.8: Equipo utilizado para ruta 2.



Fuente: Fotografía autoría propia.

---

<sup>25</sup> Dato proporcionado por MIDES, a fecha Septiembre 2018

Tabla 0.7: Información de Ruta 2

<b>RUTA</b>	<b>2: LAS AMÉRICAS-C.E. FRANCISCO MORAZÁN</b>	
TRIPULACIÓN	2 recolectores y 1 motorista	
POBLACIÓN BENEFICIADA	11,299 habitantes	
FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN	martes, jueves y sábado	
TIPO DE VEHÍCULO	Compactador Internacional 1995 Capacidad 8.56Ton	
PROMEDIO DE RECOLECCIÓN	6.32 Ton	
SITIOS QUE RECOLECTA	Las Américas I y II, El Cambio, Residencial Villa Constitución, Contenedores, Polideportivo Victoria Gasteiz, Industrias La Constancia, Centro Escolar Tutultepeque, Cantón San Jerónimo, Centro Escolar José Matias Delgado, Centro Escolar Francisco Morazán.	
<b>CARACTERIZACIÓN DE RUTA</b>		
	<b>PESO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
TARA DE PRUEBA		
Comida	1.71	28.42%
Papel y Carton	0.75	12.52%
Plásticos	0.94	15.62%
Vidrio	0.08	1.41%
Textiles	0.17	2.77%
Madera	0.05	0.89%
Maleza y derivados	1.86	31.04%
Metales	0.04	0.68%
Llantas y hule	0.03	0.47%
Poliestireno (Durapax)	0.03	0.44%
Inerte	0.35	5.76%
<b>TOTAL</b>	<b>6.00</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Datos de investigación propia a fecha septiembre de 2018.

Figura 3.4.9: Ruta Las Américas – C.E. Francisco Morazán



Fuente: Autoría propia, Google Earth Pro 2018.

Esta ruta se ve apoyada por el equipo N-9616, debido a la recolección de acuerdo a necesidad (una o dos veces a la semana) de los contenedores de las escuelas publicas del municipio, además de contenedores en El Llanito, el Pitarrillo, y recolección cada 15 días de contenedores en cantón Tutultepeque (cerca de

Guazapa) y Cantón San Jerónimo (calle hacia el Boquerón) debido a las grandes distancias que hay que recorrer y la poca cantidad de desecho generado.

Figura 3.4.10: Equipo N-9616 de apoyo, año 2017, Marca Forland, capacidad 3Ton.



Fuente: Fotografía autoría propia.

### **RUTA 3: PUPUSÓDROMO – BARRIO SAN ANTONIO**

Esta ruta tiene como objetivo hacer la recolección beneficiando a 5,983 habitantes.

- La frecuencia de recolección es de tres días a la semana: Lunes-Miércoles y Viernes.
- El personal que labora en esta ruta consta de un conductor y dos tripulantes.
- En esta ruta se recolecta un promedio de 7.15 toneladas<sup>26</sup> diarias realizadas en un solo viaje.

Figura 3.4.11: Equipo utilizado para ruta 3.



Fuente: Fotografía autoría propia.

---

<sup>26</sup> Dato proporcionado por MIDES, a fecha Septiembre 2018



Tabla 0.8: Información de Ruta 3

<b>RUTA</b>	3: Pupusódromo- Barrio San Antonio	
TRIPULACIÓN	2 recolectores y 1 motorista	
POBLACIÓN BENEFICIADA	5983 habitantes	
FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN	lunes, miércoles, viernes	
TIPO DE VEHÍCULO	Compactador International Blanco 2014 Capacidad 8.5 Ton	
PROMEDIO DE RECOLECCIÓN	7.15 Ton	
SITIOS QUE RECOLECTA	Pupusódromo El Laurel, Lotificación Aldea de Mercedes I y II, Residencial Villa Nejapa, Calles principales de casco urbano Barrio San Antonio.	
<b>CARACTERIZACIÓN DE RUTA</b>		
	<b>PESO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
TARA DE PRUEBA		
Comida	2.22	28.44%
Papel y Carton	1.09	13.95%
Plásticos	1.01	12.94%
Vidrio	0.10	1.30%
Textiles	0.20	2.50%
Madera	0.08	1.00%
Maleza y derivados	2.59	33.15%
Metales	0.05	0.68%
Llantas y hule	0.02	0.30%
Poliestireno (Durapax)	0.06	0.81%
Inerte	0.39	4.94%
<b>TOTAL</b>	<b>7.80</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Datos de investigación propia a fecha septiembre de 2018.

Figura 3.4.12: Ruta 3 Pupusódromo – Barrio San Antonio



Fuente: Autoría propia, Google Earth Pro 2018.

#### **RUTA 4: PUPUSÓDROMO EL LAUREL – C IMBERTON**

Esta ruta tiene como objetivo hacer la recolección beneficiando a 2,778 habitantes.

La frecuencia de recolección es de tres días a la semana: Martes-Jueves-Sábado.

El personal que labora en esta ruta consta de un conductor y dos tripulantes.

En esta ruta se recolecta un promedio de 6.00 toneladas<sup>27</sup> diarias realizadas en un solo viaje.

Figura 3.4.13: Equipo utilizado para ruta 4.



Fuente: Fotografía autoría propia.

<sup>27</sup> Dato proporcionado por MIDES, a fecha Septiembre 2018

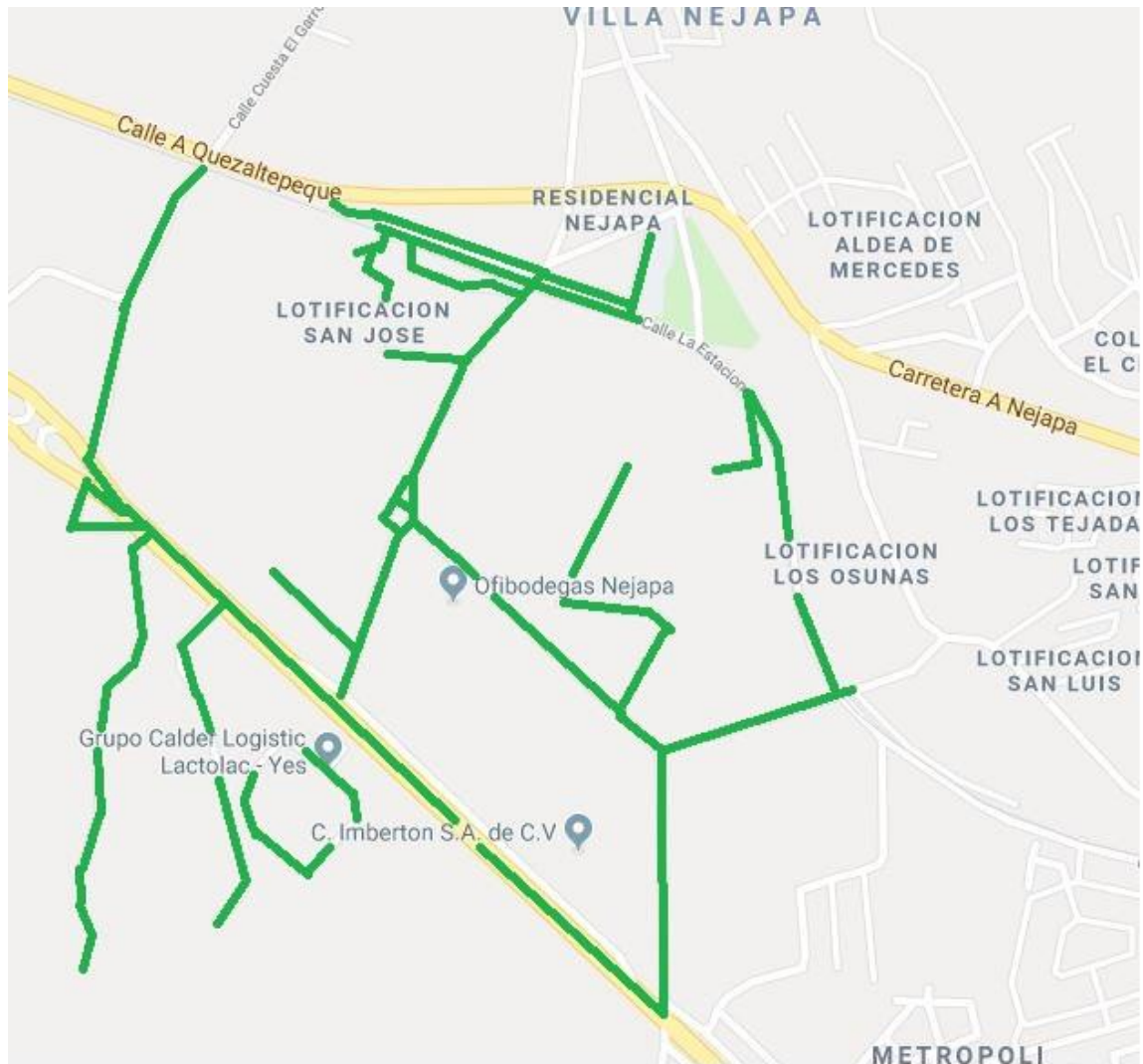
Tabla 0.9: Información de Ruta 4

<b>RUTA</b>	<b>4: PUPUSÓDROMO EL LAUREL - C IMBERTON</b>	
TRIPULACIÓN	2 recolectores y 1 motorista	
POBLACIÓN BENEFICIADA	2778 habitantes	
FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN	martes, jueves, sabado	
TIPO DE VEHÍCULO	Compactador International Blanco 2014 Capacidad 8.5 Ton	
PROMEDIO DE RECOLECCIÓN	6.00 Ton	
SITIOS QUE RECOLECTA	Pupusódromo El Laurel, La Estación, San José, Calles principales de casco urbano, Col. Macanse, Empresas, Mercado Plaza España, Beneficio MECAFE, Ofibodegas, Jumex, C Imberton.	
<b>CARACTERIZACIÓN DE RUTA</b>		
	<b>PESO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
TARA DE PRUEBA		
Comida	3.18	37.85%
Papel y Carton	1.54	18.29%
Plásticos	1.05	12.54%
Vidrio	0.11	1.26%
Textiles	0.24	2.84%
Madera	0.06	0.75%
Maleza y derivados	1.60	18.99%
Metales	0.03	0.38%
Llantas y hule	0.05	0.61%
Poliestireno (Durapax)	0.02	0.19%
Inerte	0.53	6.30%
<b>TOTAL</b>	<b>8.40</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Datos de investigación propia a fecha septiembre de 2018.



Figura 3.4.15: Ruta 4 Pupusódromo El Laurel – C Imberton (B)



Fuente: Autoría propia, Google Earth Pro 2018.

Esta ruta es acompañada de acuerdo a necesidad por el equipo N 9616 (figura 3.19) para hacer recolecciones de fábricas C Imberton y Lemus (generalmente los Lunes y Viernes).

## **RUTA 5: ALDEA DE MERCEDES – ENTRADA CALLE DE MIDES**

Esta ruta tiene como objetivo hacer la recolección beneficiando a 4,068 habitantes.

La frecuencia de recolección es de tres días a la semana: Lunes – Miércoles – Viernes.

El personal que labora en esta ruta consta de un conductor y dos tripulantes.

En esta ruta se recolecta un promedio de 6.04 toneladas<sup>28</sup> diarias realizadas en un solo viaje.

Figura 3.4.16: Equipo utilizado para ruta 5.



Fuente: Fotografía autoría propia.

---

<sup>28</sup> Dato proporcionado por MIDES, a fecha Septiembre 2018

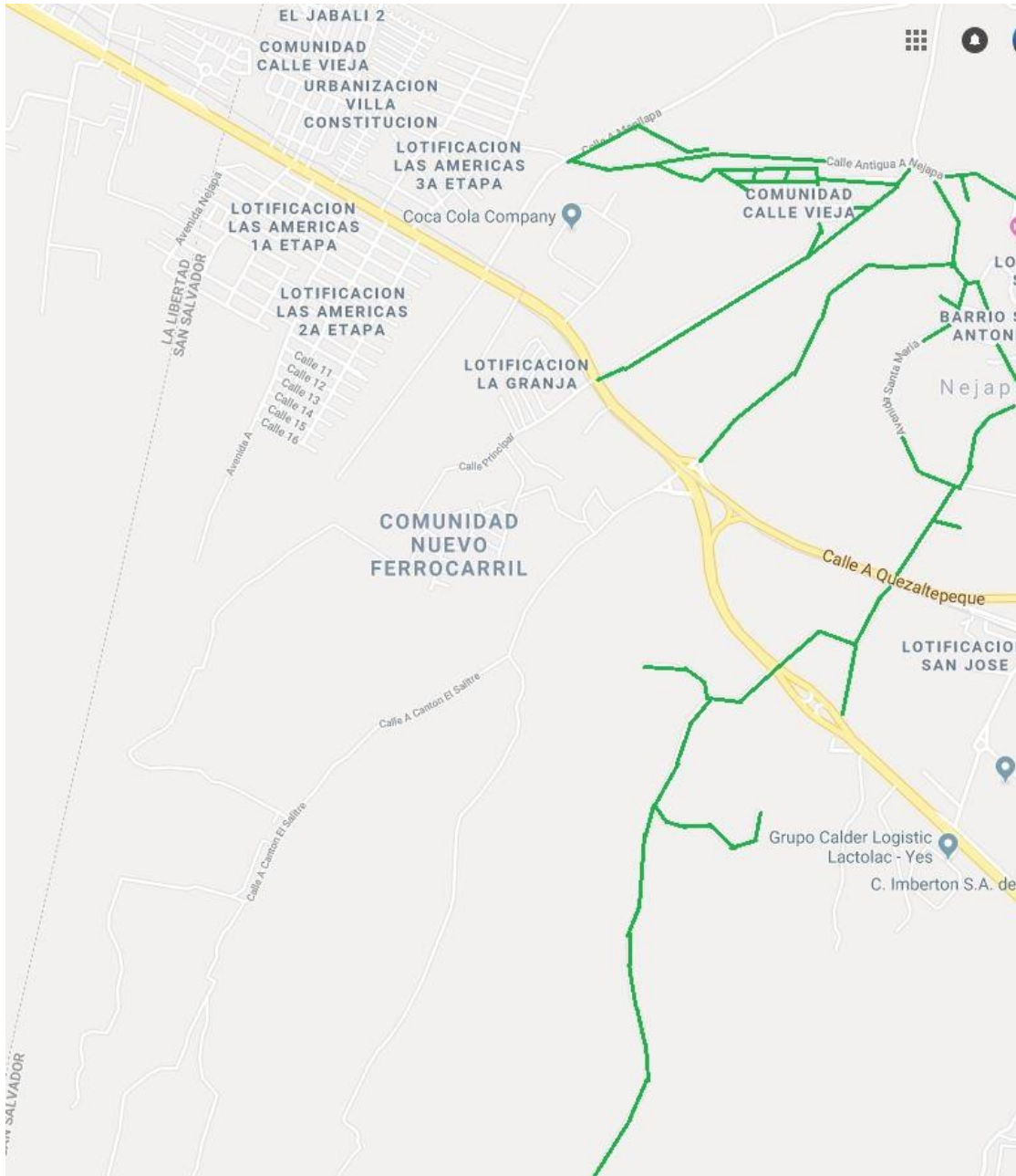
Tabla 0.10: Información de Ruta 5

<b>RUTA</b>	5: Aldea de Mercedes - Entrada Calle de MIDES	
TRIPULACIÓN	2 recolectores y 1 motorista	
POBLACIÓN BENEFICIADA	4068 habitantes	
FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN	lunes, miercoles, viernes	
TIPO DE VEHÍCULO	Compactador UD año 2000 Capacidad 7.35 Ton	
PROMEDIO DE RECOLECCIÓN	6.04 Ton	
SITIOS QUE RECOLECTA	Aldea de Mercedes, Boulevard San Jerónimo, Sector 85, Cuesta Blanca, Nueva Esperanza, Retorno El Salitre, Redondel El Castaño, Entrada a calle de MIDES	
<b>CARACTERIZACIÓN DE RUTA</b>		
	<b>PESO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
TARA DE PRUEBA		
Comida	1.30	20.05%
Papel y Carton	1.05	16.11%
Plásticos	1.04	15.94%
Vidrio	0.07	1.08%
Textiles	0.27	4.13%
Madera	0.03	0.40%
Maleza y derivados	2.23	34.36%
Metales	0.03	0.49%
Llantas y hule	0.06	0.92%
Poliestireno (Durapax)	0.02	0.27%
Inerte	0.41	6.25%
<b>TOTAL</b>	<b>6.50</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Datos de investigación propia a fecha septiembre de 2018.

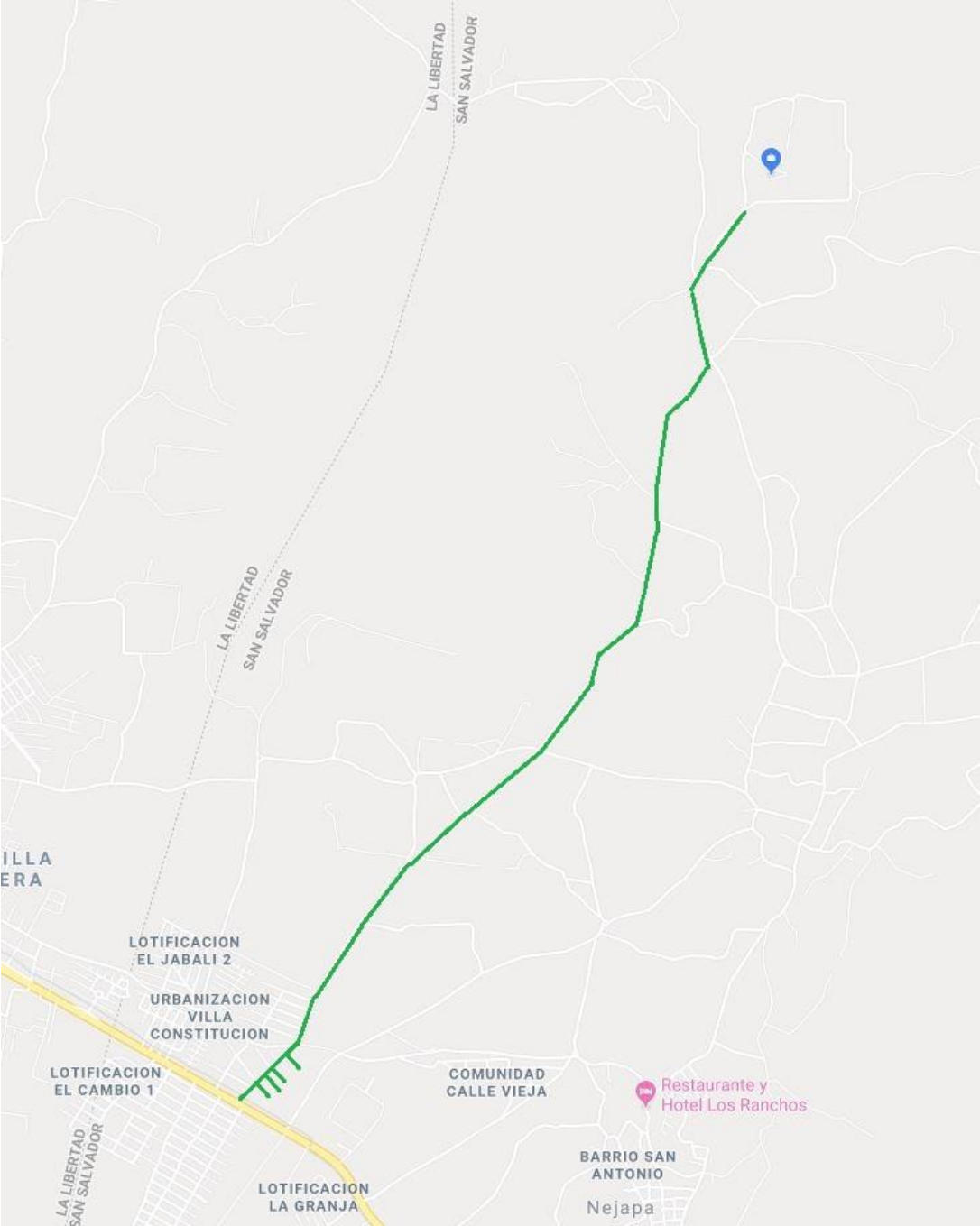


Figura 3.4.17: Ruta 5 Aldea de Mercedes – Entrada calle de MIDES (A)



Fuente: Autoría propia, Google Earth Pro 2018.

Figura 3.4.18: Ruta 5 Aldea de Mercedes – Entrada calle de MIDES (B)



Fuente: Autoría propia, Google Earth Pro 2018.

### **RUTA 6: HACIENDA MAPILAPA – ENTRADA A CALLE DE MIDES**

Esta ruta tiene como objetivo hacer la recolección beneficiando a 2,598 habitantes.

La frecuencia de recolección es de tres días a la semana: Martes, jueves y sábado.

El personal que labora en esta ruta consta de un conductor y dos tripulantes.

En esta ruta se recolecta un promedio de 4.86 toneladas<sup>29</sup> diarias realizadas en un solo viaje.

Figura 3.4.19: Equipo utilizado para ruta 6.



Fuente: Fotografía autoría propia.

---

<sup>29</sup> Dato proporcionado por MIDES, a fecha Septiembre 2018

Tabla 0.11: Información de Ruta 6

<b>RUTA</b>	6: Hacienda Mapilapa - Entrada a calle de MIDES	
TRIPULACIÓN	2 recolectores y 1 motorista	
POBLACIÓN BENEFICIADA	2598 habitantes	
FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN	martes, jueves, sábado	
TIPO DE VEHÍCULO	Compactador UD año 2000 Capacidad 7.35 Ton	
PROMEDIO DE RECOLECCIÓN	4.86 Ton	
SITIOS QUE RECOLECTA	Hacienda Mapilapa, Colonia La Granja, Colonia Ferrocarril, Entrada a la calle de MIDES	
<b>CARACTERIZACIÓN DE RUTA</b>		
	<b>PESO</b>	<b>PORCENTAJE</b>
TARA DE PRUEBA		
Comida	1.54	16.98%
Papel y Carton	1.36	14.93%
Plásticos	1.83	20.16%
Vidrio	0.14	1.56%
Textiles	0.50	5.52%
Madera	0.04	0.45%
Maleza y derivados	3.08	33.81%
Metales	0.04	0.43%
Llantas y hule	0.02	0.18%
Poliestireno (Durapax)	0.04	0.39%
Inerte	0.51	5.59%
<b>TOTAL</b>	<b>9.10</b>	<b>100.00%</b>

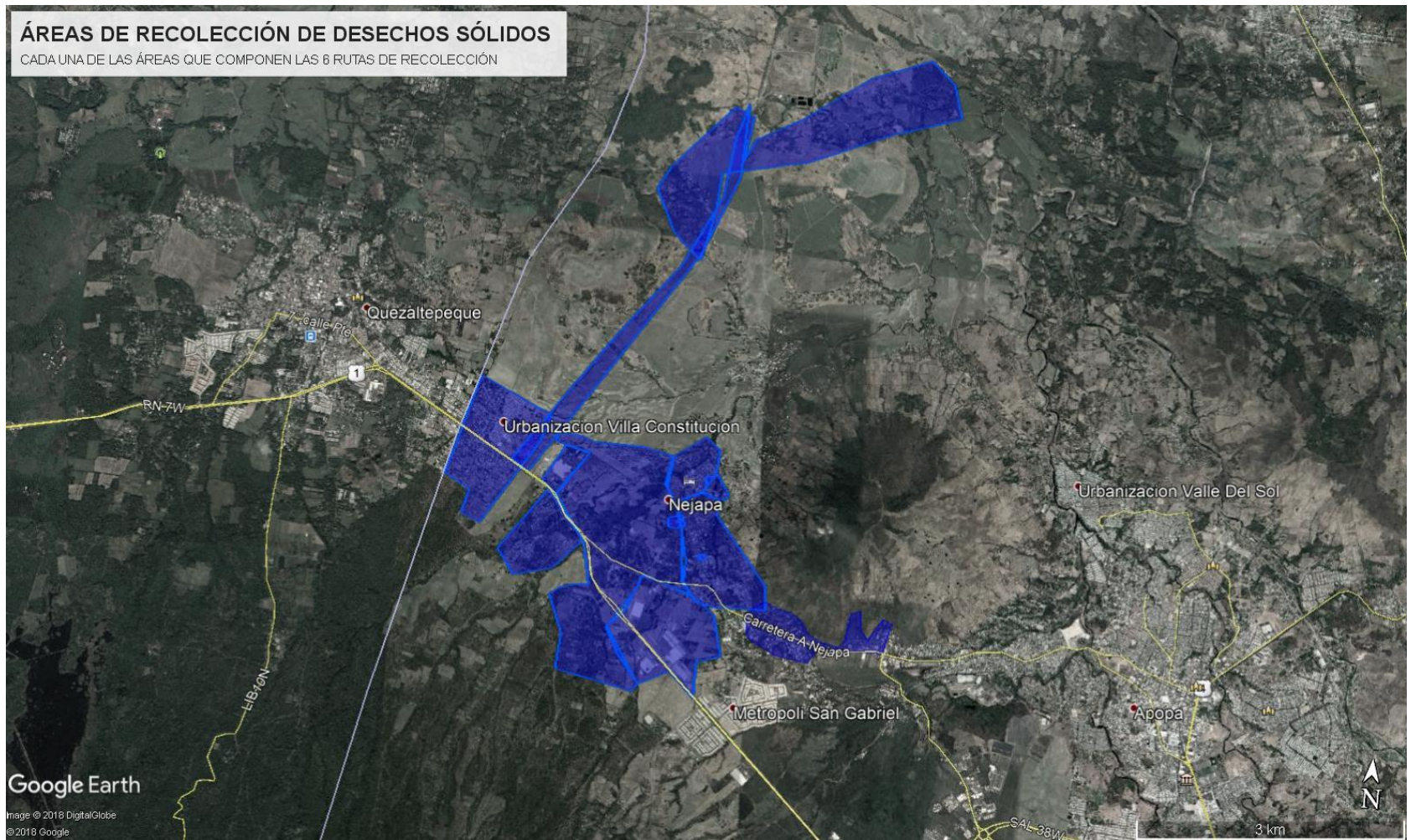
Fuente: Datos de investigación propia a fecha septiembre de 2018.

Figura 3.4.20: Ruta 6 Hacienda Mapilapa – Entrada a calle de MIDES



Fuente: Autoría propia, Google Earth Pro 2018.

Figura 3.4.21: Áreas totales de recolección de desechos sólidos en el municipio de Nejapa (Azul)



Fuente: Autoría propia, Google Earth Pro 2018.

Adicionalmente a estas rutas se tiene el apoyo del equipo N-9617 para hacer limpiezas que no están contempladas en las rutas anteriores, como:

- Desechos separados del mercado municipal para utilizarse en el vivero municipal como compost.
- Campañas de limpieza
- Podas de parques

Figura 3.4.22: Equipo N-9617 de apoyo, año 2017, Marca Forland, capacidad 3Ton.



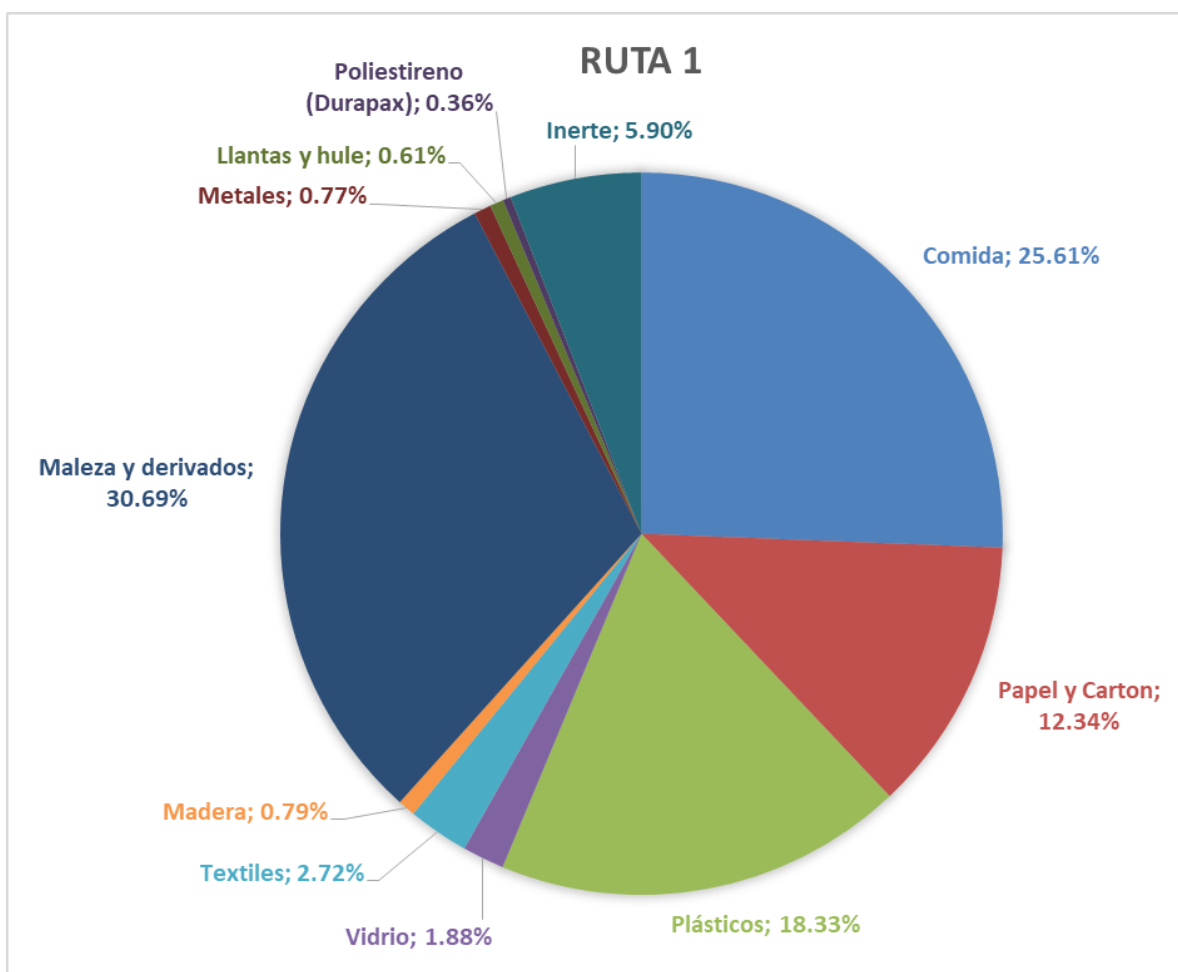
Fuente: Fotografía autoría propia.

Adicionalmente a los equipos mencionados, se tienen dos equipos dañados, un International 1995 sin placas, y un International 1965 sin placas.

### 3.4.3 RESULTADOS

#### RUTA 1: EL JABALÍ I Y II - EL CEDRAL

Figura 3.4.23: Composición de los desechos sólidos de ruta 1

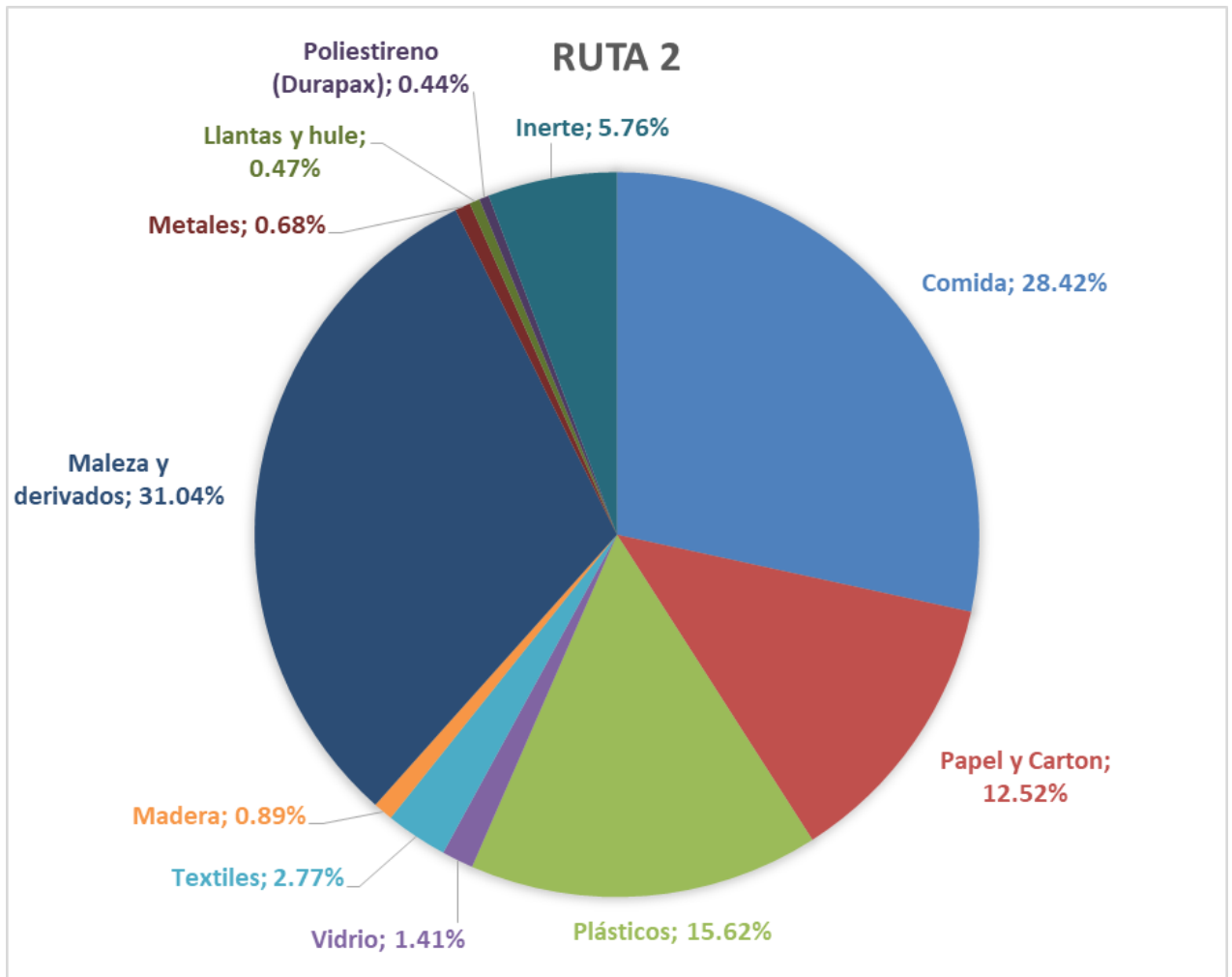


Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.



## RUTA 2: LAS AMÉRICAS – C.E. FRANCISCO MORAZÁN

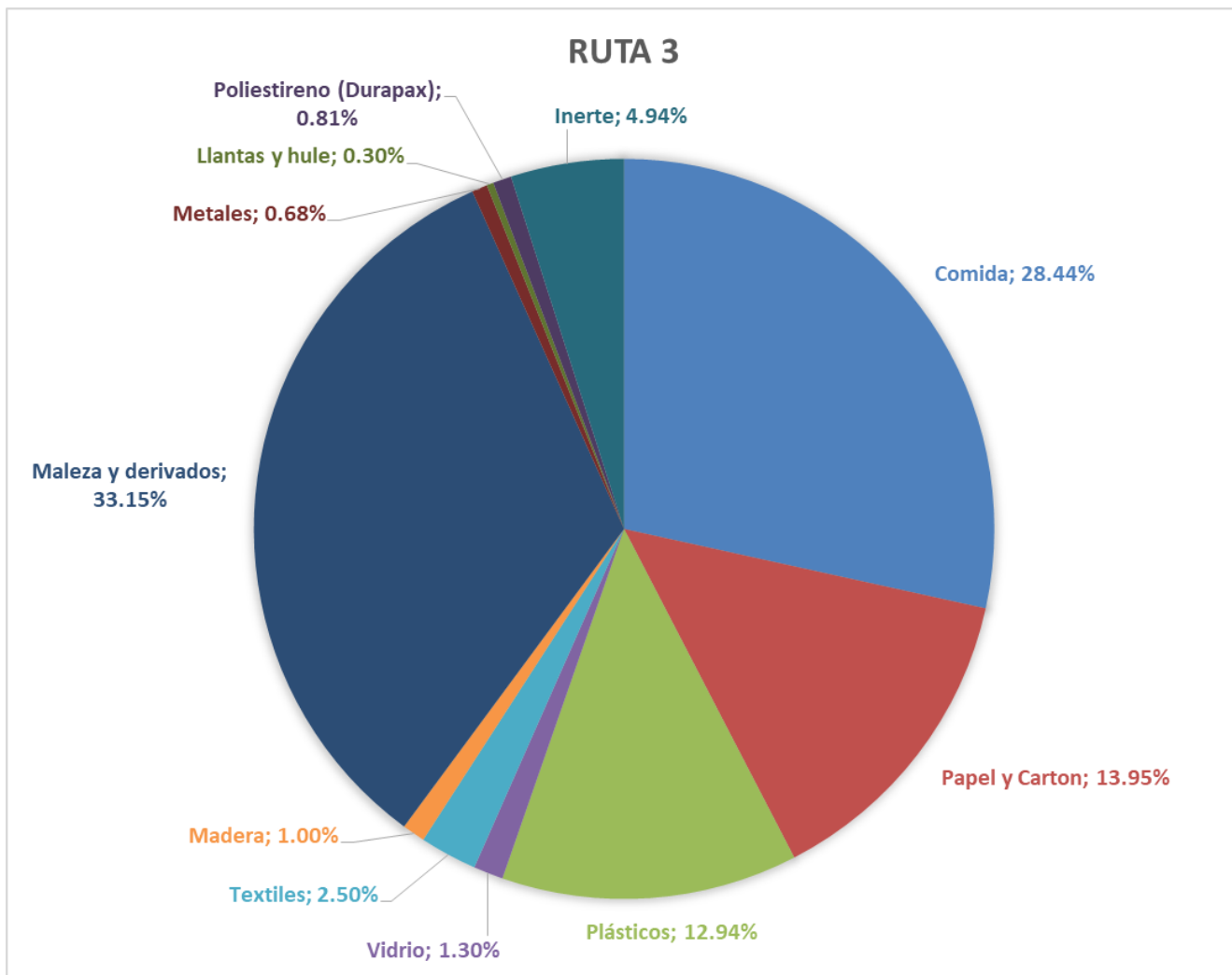
Figura 3.4.24: Composición de los desechos sólidos de ruta 2



Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

### RUTA 3: PUPUSÓDROMO – BARRIO SAN ANTONIO

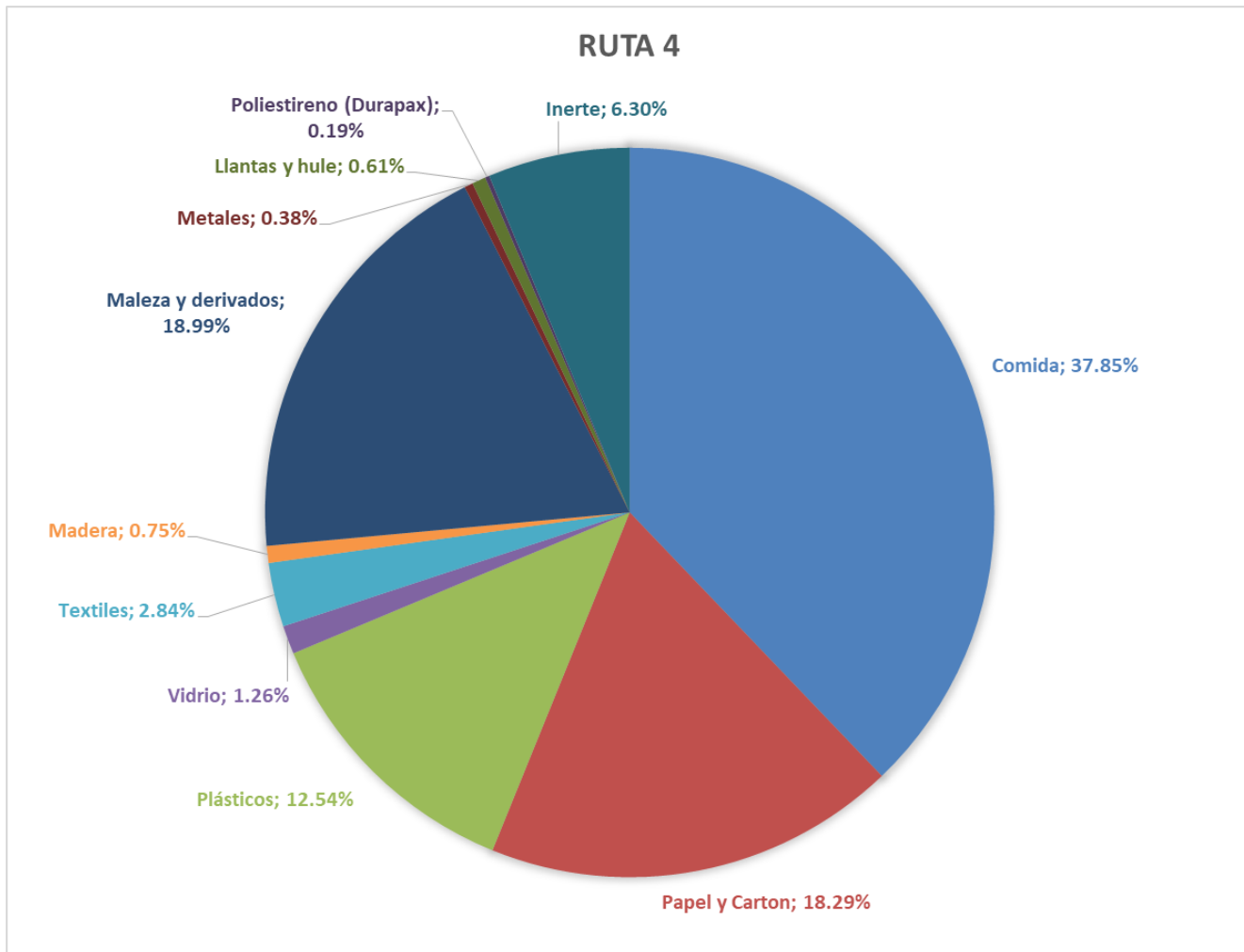
Figura 3.4.25: Composición de los desechos sólidos de ruta 3



Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

## RUTA 4: PUPUSÓDROMO EL LAUREL – C IMBERTON

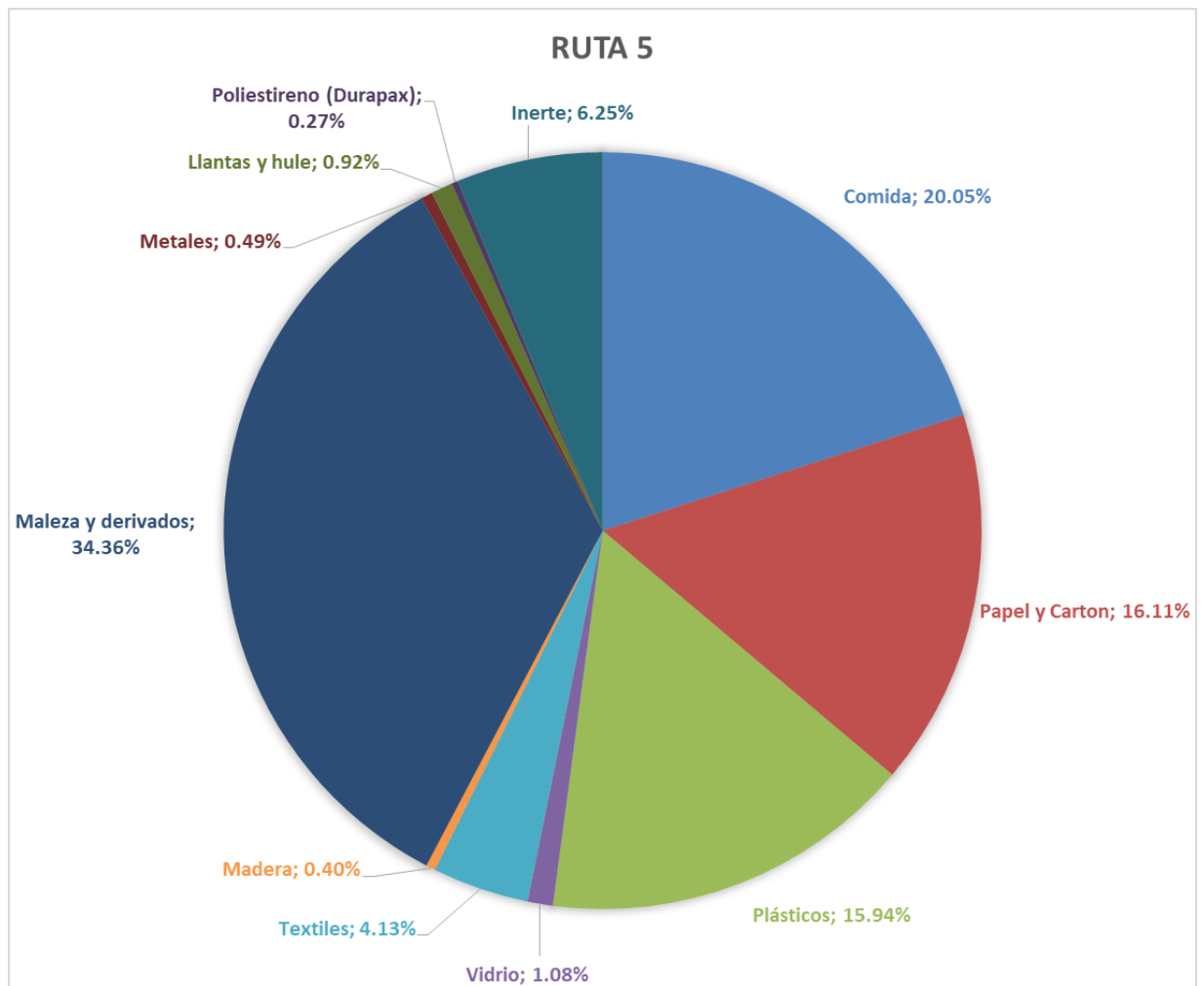
Figura 3.4.26: Composición de los desechos sólidos de ruta 4



Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

## RUTA 5: ALDEA DE MERCEDES – ENTRADA CALLE DE MIDES

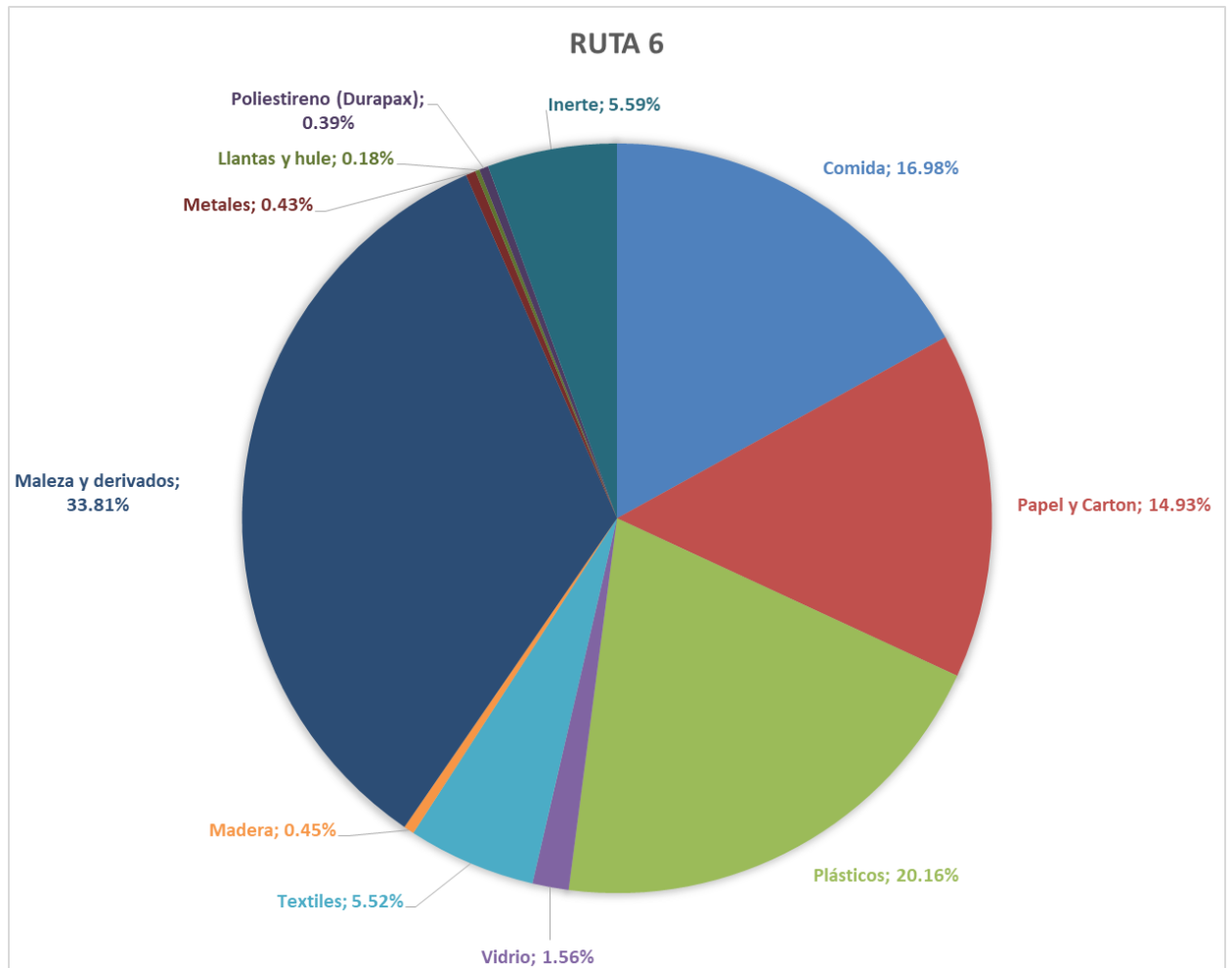
Figura 3.4.27: Composición de los desechos sólidos de ruta 5



Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

## RUTA 6: HACIENDA MAPILAPA – ENTRADA A CALLE DE MIDES

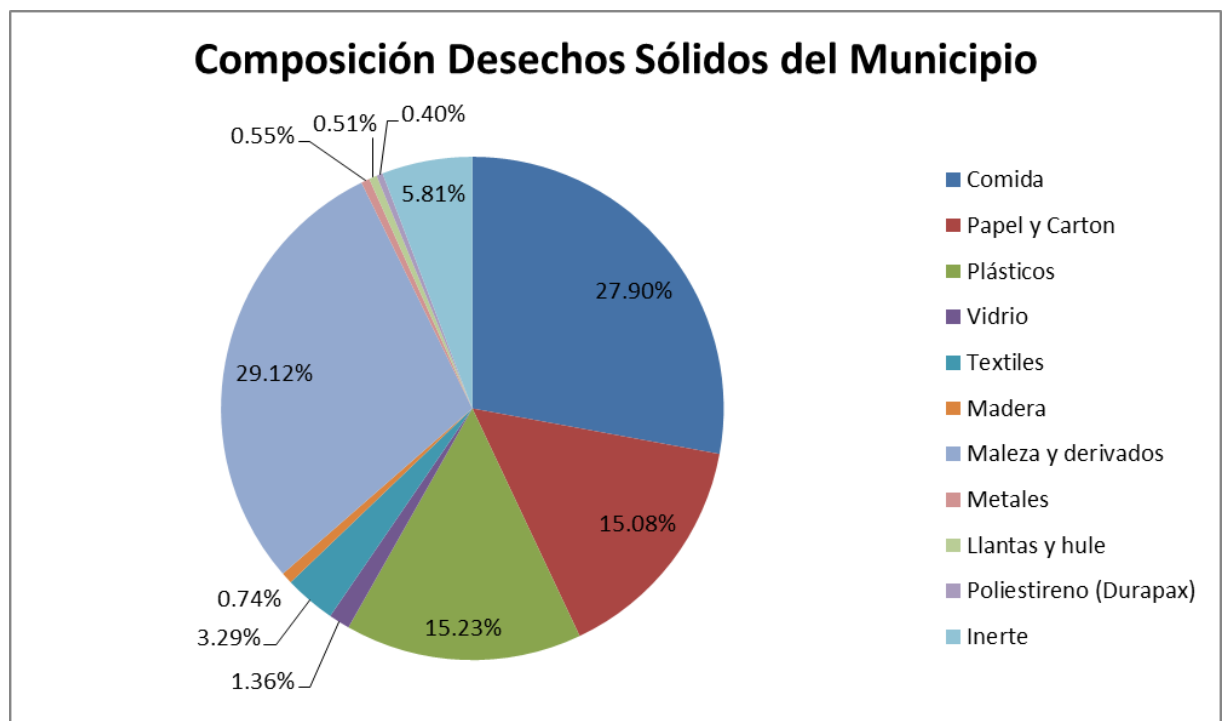
Figura 3.4.28: Composición de los desechos sólidos de ruta 6



Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

A continuación se detalla en un gráfico la composición de desechos sólidos que el municipio de Nejapa maneja en promedio tomando en cuenta todos los porcentajes mostrados anteriormente, la cual nos aporta una valiosa información en donde el 57.76% es materia orgánica, 32.55% es materia reciclable.

Figura 3.4.29: Composición de los desechos sólidos del municipio de Nejapa



Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018. Remitiéndonos al cuadro 3.12 nos damos cuenta de la eficiencia actual de cada vehículo utilizado para la recolección, además de la diferencia de generación de desechos por parte de la población en cada una de las rutas, se observa que no necesariamente donde se recolectan más desechos se beneficia a una mayor población.

Tabla 0.12: Comparación por ruta de tonelaje recolectado versus la capacidad vehicular y población beneficiada.

<b>RUTA</b>	<b>TONELADAS RECOLECTADAS</b>	<b>CAPACIDAD DE CADA VEHICULO</b>	<b>EFICIENCIA DE CADA VEHICULO</b>	<b>POBLACIÓN BENEFICIADA</b>
<b>RUTA 1</b>	6.62	8.56	77%	3205
<b>RUTA 2</b>	6.32	8.56	74%	11299
<b>RUTA 3</b>	7.15	8.5	84%	5983
<b>RUTA 4</b>	6	8.5	71%	2778
<b>RUTA 5</b>	6.04	7.35	82%	4068
<b>RUTA 6</b>	4.86	7.35	66%	2598

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. (2000). Municipio de Nejapa. San Salvador, El Salvador: Investigación UCA. Obtenido de: <http://www.uca.edu.sv/investigacion/nejapa/municipionejapa.html>

Uriel Ramos. (2006). Nejapa. San Salvador, El Salvador: Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local de El Salvador (FISDL). Obtenido de: <http://www.fisdsl.gob.sv/servicios/en-linea/ciudadano/conoce-tu-municipio/san-salvador/654-612>

Dirección General de Estadística y Censos (DIGESTYC). (2007). Censo de población y vivienda 2007. San Salvador, El Salvador: DIGESTYC. Obtenido de: <http://www.digestyc.gob.sv/index.php/temas/des/poblacion-y-estadisticas-demograficas/censo-de-poblacion-y-vivienda/poblacion-censos.html>

Unidad de Desechos Sólidos del AMSS-OPAMSS (UDS-OPAMSS). (2008). Estudio de Tiempos y Movimientos de Recolección de Residuos Sólidos en la Ciudad de Nejapa. San Salvador, El Salvador.



## **CAPITULO IV**

### **PROPUESTA DE RECOLECCIÓN INTEGRADA DE DESECHOS SÓLIDOS POR CLASIFICACIÓN**

Se procede ahora a la propuesta que se brindará a la localidad en la cual analizaremos los datos obtenidos para ofrecer alternativas viables de manejo de desechos de acuerdo a la tipología generada en cada uno de los estudios de las rutas, siempre partiendo de que en su mayoría ya ha sido separado desde los hogares.

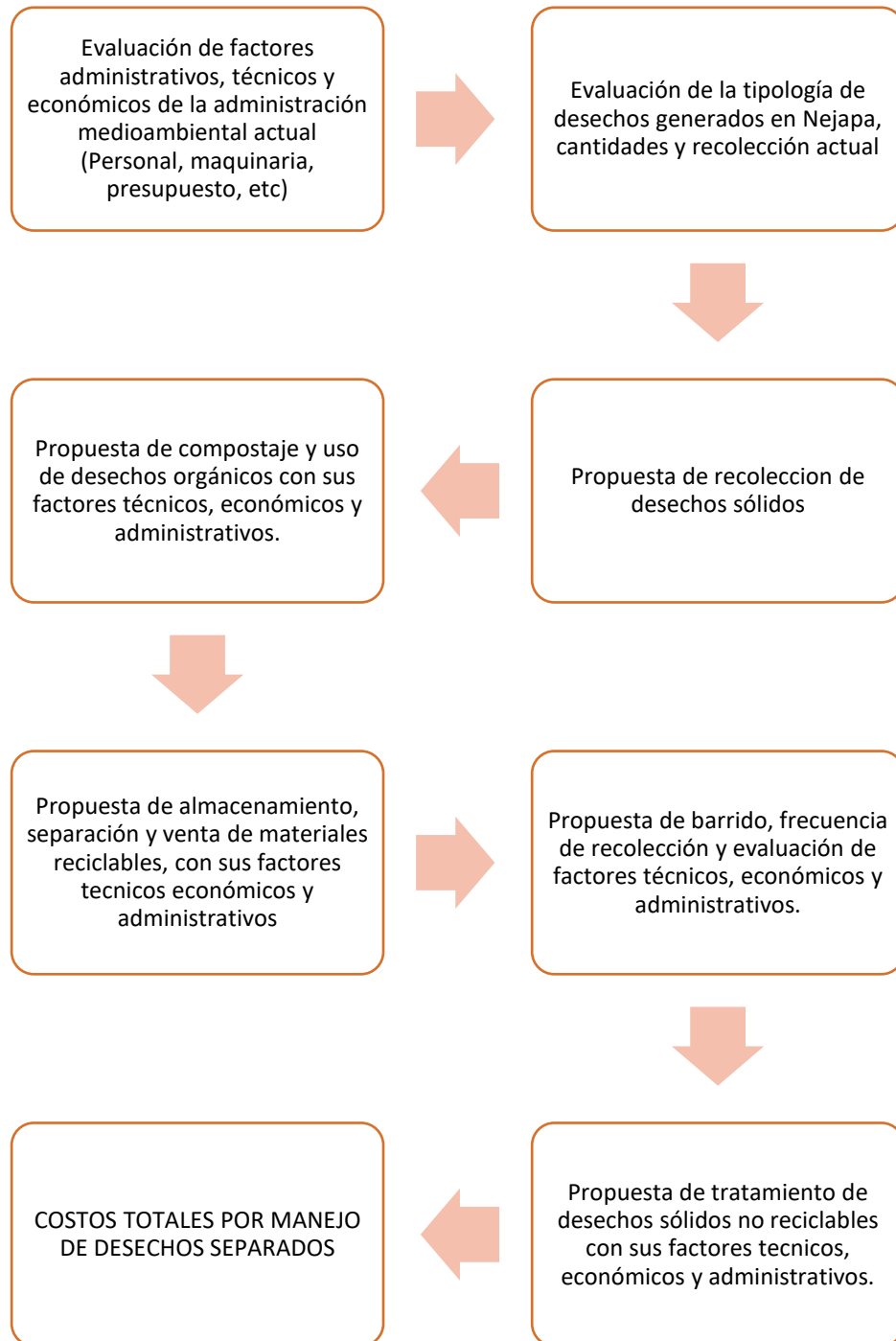
Se evaluarán las rutas de recolección actuales y se valorarán cambios para mejorar la eficiencia, se hará siguiendo la teoría de creación de rutas expuesta en la unidad II<sup>30</sup>.

Resumimos el estudio de la siguiente manera:

---

<sup>30</sup> Página 21 a 28 de esta investigación.

Figura 4.1: Resumen de propuesta de recolección integrada de desechos sólidos por clasificación.



Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

## 4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

### 4.1.1 FACTORES TÉCNICOS

Para la elaboración de este trabajo tomaremos en cuenta el personal que posee actualmente la alcaldía para no incurrir en gastos adicionales con una nueva contratación.

La cantidad de personas que se tomarán en cuenta es la siguiente:

Tabla 0.1: Cantidad de personas laborando en el área medio ambiental de la alcaldía de Nejapa.

CANTIDAD DE PERSONAS LABORANDO EN EL ÁREA MEDIO AMBIENTAL DE LA ALCALDIA DE NEJAPA		
ÁREA	PERSONAL	CANTIDAD
ADMINISTRACIÓN	JEFA DE UNIDAD MEDIOAMBIENTAL	1
	AUXILIARES DE MEDIO AMBIENTE	3
	AUXILIAR DE MANTENIMIENTO	1
RECOLECCIÓN	MOTORISTAS DE RUTAS	5
	AUXILIARES DE RECOLECCIÓN EN RUTAS	9
BARRIDO	AUXILIARES DE BARRIDO	4
VIVERO	ENCARGADO DE VIVERO MUNICIPAL	1
	AUXILIAR DE VIVERO MUNICIPAL	4
	<b>TOTAL</b>	<b>28</b>

Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de vehículos a tomar en cuenta para el trabajo será la existente actualmente siempre para no incurrir en gastos adicionales, tratando de optimizar estos recursos, los vehículos existentes son los siguientes:

Tabla 0.2: Maquinaria actual en el área medioambiental de la alcaldía de Nejapa

MAQUINARIA ACTUAL EN EL ÁREA MEDIOAMBIENTAL DE LA ALCALDIA DE NEJAPA						
CANTIDAD	TIPO	ESPECIFICACIONES	CAPACIDAD (T)	AÑO	RUTA ACTUAL	ESTADO
1	COMPACTADOR	INTERNATIONAL, ROJO	8.56	1995	1, 2	USO
1	COMPACTADOR	INTERNATIONAL, 4300, BLANCO	8.5	2014	3, 4	USO
1	COMPACTADOR	UD, 2600, BLANCO	7.35	2000	5, 6	USO
2	CAJÓN	FUTIAN, BJ1036V3JB3, BLANCO	3 (C/U)	2017	APOYO A RUTAS Y BARRIDO	USO
1	COMPACTADOR	ROJO (sin placa en reparación)	-	-	-	REPARACIÓN
1	COMPACTADOR	ROJO (sin placa en reparación)	-	-	-	REPARACIÓN

Fuente: Elaboración propia con datos otorgados por el área medio ambiental de la alcaldía de Nejapa a fecha septiembre de 2018.

Por cantidad de desechos generado por tipo, contrastándolo con la capacidad vehicular, se propondrá el uso vehicular más adelante.

#### 4.1.2 FACTORES ECONÓMICOS

De igual manera se tomará como referencia el presupuesto total otorgado al área medio ambiental de la alcaldía para el año 2018, el cual se detalla a continuación:

Tabla 0.3: Resumen de presupuesto 2018 para área medioambiental de alcaldía de Nejapa.

CENTRO DE COSTOS	MATERIALES	MANO DE OBRA	TOTAL
<b>MEDIOAMBIENTE</b>	\$ 6.042,99	\$ 29.819,21	\$ 35.862,20
<b>RECOLECCIÓN</b>	\$ 53.805,54	\$ 74.072,03	\$ 127.877,57
<b>BARRIDO</b>	\$ 2.741,14	\$ 20.867,34	\$ 23.608,48
<b>MANTENIMIENTO DE PARQUES</b>	\$ 1.427,40	\$ 9.697,09	\$ 11.124,49
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO</b>	\$ 1.514,00	\$ 9.481,98	\$ 10.995,98
<b>VIVERO</b>	\$ 2.919,44	\$ 28.894,44	\$ 31.813,88
<b>TOTAL</b>	\$ 68.450,51	\$ 172.832,09	\$ 241.282,60

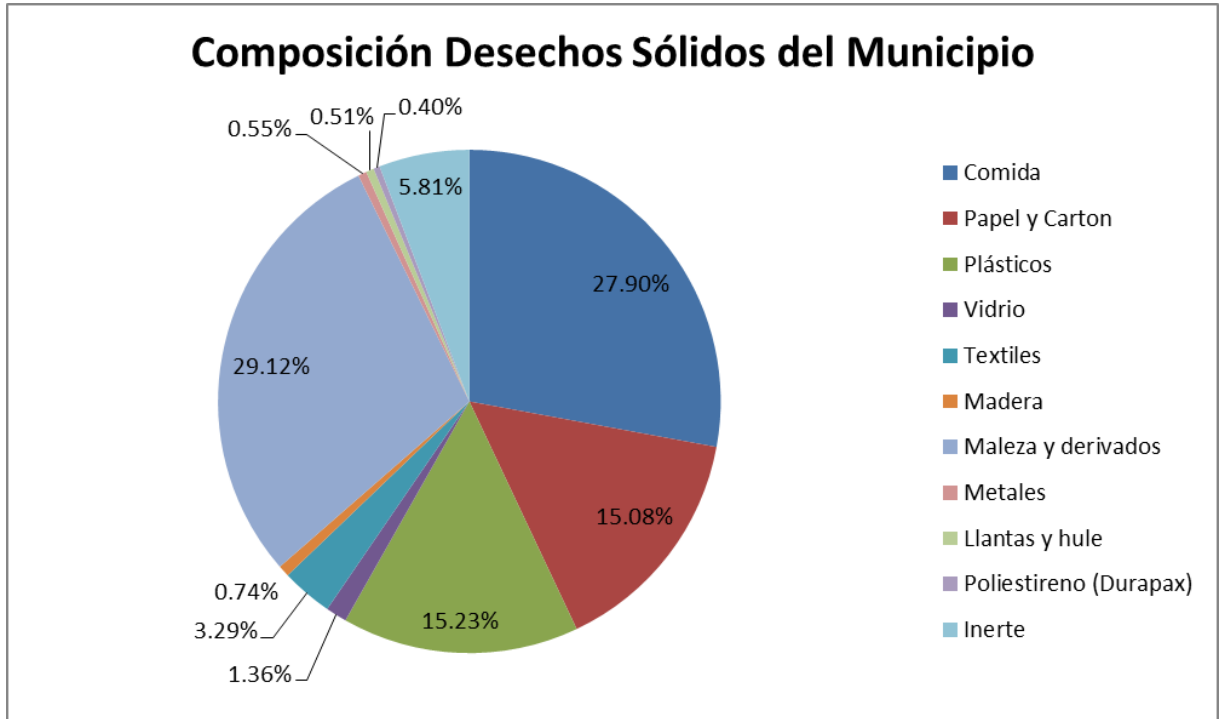
Fuente: Elaboración propia con datos otorgados por el área medio ambiental de la alcaldía de Nejapa a fecha septiembre de 2018.

Si bien existe una asignación definida, se tomará como referencia el total de \$241,282.60 como techo máximo de gasto anual, la reasignación de fondos a cada área correspondiente será de acuerdo a necesidad presentada por el nuevo proyecto que se presentará en este estudio.

#### 4.1.3 TIPOS DE DESECHOS GENERADOS

Como tipología de desecho se ha tomado como base el estudio hecho en esta investigación que volvemos a detallar a continuación:

Figura 4.1.1: Composición de los desechos sólidos del municipio de Nejapa



Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

Este es un promedio de los desechos generados por todo el municipio, pero para la recolección se tomará en cuenta la generación de cada ruta.

#### 4.1.4 CANTIDADES GENERADAS POR RUTA

En el siguiente cuadro se puede observar la generación que se tiene de desechos sólidos por ruta, teniendo la tres con mayor recolección, seguida de la uno.

Tabla 0.4: Generación de desechos sólidos por rutas.

RECORRIDO	TON GENERADA AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
RUTA 1	75.33	17.58	2.51
RUTA 2	64.08	14.95	2.14
RUTA 3	90.10	21.02	3.00
RUTA 4	71.47	16.68	2.38
RUTA 5	69.81	16.29	2.33
RUTA 6	58.54	13.66	1.95

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

Ahora evaluando cada una de las rutas, tenemos los datos siguientes:

### RUTA 1

Tabla 0.5: Generación por tipo de desecho Ruta 1

TIPO DE DESECHO	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
Comida	25.61%	19.29	4.50	0.64
Papel y Carton	12.34%	9.29	2.17	0.31
Plásticos	18.33%	13.81	3.22	0.46
Vidrio	1.88%	1.41	0.33	0.05
Textiles	2.72%	2.05	0.48	0.07
Madera	0.79%	0.59	0.14	0.02
Maleza y derivados	30.69%	23.12	5.39	0.77
Metales	0.77%	0.58	0.13	0.02
Llantas y hule	0.61%	0.46	0.11	0.02
Poliestireno (Durapax)	0.36%	0.27	0.06	0.01
Inerte	5.90%	4.44	1.04	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>75.33</b>	<b>17.58</b>	<b>2.51</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

Tabla 0.6: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 1

AGRUPACIÓN	COMPOSICIÓN	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
ORGÁNICOS	Comida	57.09%	43.00	10.03	1.43
	Madera				
	Maleza y derivados				
RECICLAJE	Papel y Carton	36.65%	27.61	6.44	0.92
	Plásticos				
	Vidrio				
	Textiles				
	Metales				
	Llantas y hule				
HACIA RELLENO SANITARIO	Poliestireno (Durapax)	6.26%	4.72	1.10	0.16
	Inerte				
<b>TOTAL</b>		<b>100.00%</b>	<b>75.33</b>	<b>17.58</b>	<b>2.51</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

## RUTA 2

Tabla 0.7: Generación por tipo de desecho Ruta 2

TIPO DE DESECHO	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
Comida	28.42%	18.21	4.25	0.61
Papel y Carton	12.52%	8.02	1.87	0.27
Plásticos	15.62%	10.01	2.34	0.33
Vidrio	1.41%	0.90	0.21	0.03
Textiles	2.77%	1.77	0.41	0.06
Madera	0.89%	0.57	0.13	0.02
Maleza y derivados	31.04%	19.89	4.64	0.66
Metales	0.68%	0.44	0.10	0.01
Llantas y hule	0.47%	0.30	0.07	0.01
Poliestireno (Durapax)	0.44%	0.28	0.07	0.01
Inerte	5.76%	3.69	0.86	0.12
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>64.08</b>	<b>14.95</b>	<b>2.14</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.



Tabla 0.8: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 2

AGRUPACIÓN	COMPOSICIÓN	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
ORGÁNICOS	Comida	60.35%	38.67	9.02	1.29
	Madera				
	Maleza y derivados				
RECICLAJE	Papel y Carton	33.46%	21.44	5.00	0.71
	Plásticos				
	Vidrio				
	Textiles				
	Metales				
	Llantas y hule				
HACIA RELLENO SANITARIO	Poliestireno (Durapax)	6.19%	3.97	0.93	0.13
	Inerte				
<b>TOTAL</b>		<b>100.00%</b>	<b>64.08</b>	<b>14.95</b>	<b>2.14</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

### RUTA 3

Tabla 0.9: Generación por tipo de desecho Ruta 3

TIPO DE DESECHO	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
Comida	28.44%	25.63	5.98	0.85
Papel y Carton	13.95%	12.57	2.93	0.42
Plásticos	12.94%	11.65	2.72	0.39
Vidrio	1.30%	1.17	0.27	0.04
Textiles	2.50%	2.25	0.53	0.08
Madera	1.00%	0.90	0.21	0.03
Maleza y derivados	33.15%	29.87	6.97	1.00
Metales	0.68%	0.61	0.14	0.02
Llantas y hule	0.30%	0.27	0.06	0.01
Poliestireno (Durapax)	0.81%	0.73	0.17	0.02
Inerte	4.94%	4.45	1.04	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>90.10</b>	<b>21.02</b>	<b>3.00</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

Tabla 0.10: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 3

AGRUPACIÓN	COMPOSICIÓN	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
ORGÁNICOS	Comida	62.59%	56.40	13.16	1.88
	Madera				
	Maleza y derivados				
RECICLAJE	Papel y Carton	31.66%	28.52	6.66	0.95
	Plásticos				
	Vidrio				
	Textiles				
	Metales				
	Llantas y hule				
HACIA RELLENO SANITARIO	Poliestireno (Durapax)	5.75%	5.18	1.21	0.17
	Inerte				
<b>TOTAL</b>		<b>100.00%</b>	<b>90.10</b>	<b>21.02</b>	<b>3.00</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

#### RUTA 4

Tabla 0.11: Generación por tipo de desecho Ruta 4

TIPO DE DESECHO	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
Comida	37.85%	27.05	6.31	0.90
Papel y Carton	18.29%	13.07	3.05	0.44
Plásticos	12.54%	8.96	2.09	0.30
Vidrio	1.26%	0.90	0.21	0.03
Textiles	2.84%	2.03	0.47	0.07
Madera	0.75%	0.54	0.13	0.02
Maleza y derivados	18.99%	13.58	3.17	0.45
Metales	0.38%	0.27	0.06	0.01
Llantas y hule	0.61%	0.43	0.10	0.01
Poliestireno (Durapax)	0.19%	0.14	0.03	0.00
Inerte	6.30%	4.50	1.05	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>71.47</b>	<b>16.68</b>	<b>2.38</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018.

Tabla 0.12: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 4

AGRUPACIÓN	COMPOSICIÓN	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
ORGÁNICOS	Comida	57.60%	41.17	9.61	1.37
	Madera				
	Maleza y derivados				
RECICLAJE	Papel y Carton	35.92%	25.67	5.99	0.86
	Plásticos				
	Vidrio				
	Textiles				
	Metales				
	Llantas y hule				
HACIA RELLENO SANITARIO	Poliestireno (Durapax)	6.49%	4.64	1.08	0.15
	Inerte				
<b>TOTAL</b>		<b>100.00%</b>	<b>71.47</b>	<b>16.68</b>	<b>2.38</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

## RUTA 5

Tabla 0.13: Generación por tipo de desecho Ruta 5

TIPO DE DESECHO	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
Comida	20.05%	13.99	3.27	0.47
Papel y Carton	16.11%	11.25	2.62	0.37
Plásticos	15.94%	11.13	2.60	0.37
Vidrio	1.08%	0.75	0.18	0.03
Textiles	4.13%	2.88	0.67	0.10
Madera	0.40%	0.28	0.06	0.01
Maleza y derivados	34.36%	23.99	5.60	0.80
Metales	0.49%	0.34	0.08	0.01
Llantas y hule	0.92%	0.64	0.15	0.02
Poliestireno (Durapax)	0.27%	0.19	0.04	0.01
Inerte	6.25%	4.36	1.02	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>69.81</b>	<b>16.29</b>	<b>2.33</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

Tabla 0.14: Generación por tipo de desecho agrupado Ruta 5

AGRUPACIÓN	COMPOSICIÓN	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
ORGÁNICOS	Comida	54.81%	38.26	8.93	1.28
	Madera				
	Maleza y derivados				
RECICLAJE	Papel y Carton	38.67%	27.00	6.30	0.90
	Plásticos				
	Vidrio				
	Textiles				
	Metales				
	Llantas y hule				
HACIA RELLENO SANITARIO	Poliestireno (Durapax)	6.52%	4.55	1.06	0.15
	Inerte				
<b>TOTAL</b>		<b>100.00%</b>	<b>69.81</b>	<b>16.29</b>	<b>2.33</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

## RUTA 6

Tabla 0.15: Generación por tipo de desecho Ruta 6

TIPO DE DESECHO	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
Comida	16.98%	9.94	2.32	0.33
Papel y Carton	14.93%	8.74	2.04	0.29
Plásticos	20.16%	11.80	2.75	0.39
Vidrio	1.56%	0.91	0.21	0.03
Textiles	5.52%	3.23	0.75	0.11
Madera	0.45%	0.27	0.06	0.01
Maleza y derivados	33.81%	19.79	4.62	0.66
Metales	0.43%	0.25	0.06	0.01
Llantas y hule	0.18%	0.11	0.03	0.00
Poliestireno (Durapax)	0.39%	0.23	0.05	0.01
Inerte	5.59%	3.27	0.76	0.11
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>58.54</b>	<b>13.66</b>	<b>1.95</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

Tabla 0.16: Generación por tipo de desecho Ruta 6

AGRUPACIÓN	COMPOSICIÓN	PORCENTAJE	TON GENERADAS AL MES	TON PROMEDIO GENERADA A LA SEMANA	TON PROMEDIO GENERADA AL DÍA
ORGÁNICOS	Comida	51.24%	30.00	7.00	1.00
	Madera				
	Maleza y derivados				
RECICLAJE	Papel y Carton	42.78%	25.04	5.84	0.83
	Plásticos				
	Vidrio				
	Textiles				
	Metales				
	Llantas y hule				
HACIA RELLENO SANITARIO	Poliestireno (Durapax)	5.98%	3.50	0.82	0.12
	Inerte				
<b>TOTAL</b>		<b>100.00%</b>	<b>58.54</b>	<b>13.66</b>	<b>1.95</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

## 4.2 PROPUESTA DE RECOLECCIÓN

### 4.2.1 MAQUINARIA A UTILIZAR PARA LIMPIEZA MECÁNICA

Tomando en cuenta los datos generados en las tablas anteriores en CANTIDADES GENERADAS POR RUTA (4.1.4) y acomodándonos con los tipos de vehículos que posee la alcaldía de Nejapa para la recolección, es conveniente hacer la recolección de la siguiente manera en cada una de las rutas:

Tabla 0.17: Clave de cálculos

TIPO DE RECOLECCIÓN	FRECUENCIA	CANTIDAD POR VIAJE (TON)	VEHICULO PROPUESTO		EFICIENCIA VEHICULAR (%)	
ORGÁNICOS	"X" VECES A LA SEMANA	CANTIDAD TOTAL DE TONELADAS QUE SE RECOLECTARÁN EN EL DIA DE TRABAJO	VEHICULO PROPUESTO PARA PRIMER RECORRIDO	VEHICULO PROPUESTO PARA SEGUNDO RECORRIDO EN EL MISMO DIA	100(%)EFICIENCIA PARA PRIMER RECORRIDO= ((CANTIDAD DE DESECHOS A RECOLECTAR EN EL DIA DE TRABAJO) - (TONELAJE RECOLECTADO EN PRIMER RECORRIDO)) / (CARGA MAXIMA DE VEHICULO PROPUESTO PARA PRIMER RECORRIDO)	100(%)EFICIENCIA PARA SEGUNDO RECORRIDO= ((CANTIDAD DE DESECHOS A RECOLECTAR EN EL DIA DE TRABAJO) - (TONELAJE RECOLECTADO EN SEGUNDO RECORRIDO)) / (CARGA MAXIMA DE VEHICULO PROPUESTO PARA SEGUNDO RECORRIDO)
RECICLAJE	"X" VECES A LA SEMANA		VEHICULO PROPUESTO PARA RECORRIDO		100(%)EFICIENCIA VEHICULAR= (CANTIDAD DE DESECHOS A RECOLECTAR EN EL DIA DE TRABAJO) / (CARGA MAXIMA DE VEHICULO PROPUESTO)	
HACIA RELLENO SANITARIO	"X" VECES A LA SEMANA		VEHICULO PROPUESTO PARA RECORRIDO		100(%)EFICIENCIA VEHICULAR= (CANTIDAD DE DESECHOS A RECOLECTAR EN EL DIA DE TRABAJO) / (CARGA MAXIMA DE VEHICULO PROPUESTO)	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 0.18: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 1

TIPO DE RECOLECCIÓN	FRECUENCIA	CANTIDAD POR VIAJE (TON)	VEHICULO PROPUESTO		EFICIENCIA (%)	
ORGÁNICOS	1 VEZ A LA SEMANA (2 VIAJES)	10.03	INTERNACIONAL 1995 ROJO (7.5 T)	FUTIAN 2017 BLANCO A (2.53 T)	87.62	84.48
RECICLAJE	1 VEZ A LA SEMANA	6.44	UD 2000 BLANCO		87.64	
HACIA RELLENO SANITARIO	CADA 2 SEMANAS	2.20	FUTIAN 2017 BLANCO B		73.33	

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

Tabla 0.19: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 2

TIPO DE RECOLECCIÓN	FRECUENCIA	CANTIDAD POR VIAJE (TON)	VEHICULO PROPUESTO		EFICIENCIA (%)	
ORGÁNICOS	1 VEZ A LA SEMANA (2 VIAJES)	9.02	1995 ROJO (7.00 T)	FUTIAN 2017 BLANCO A (2.02 T)	81.78	67.44
RECICLAJE	1 VEZ A LA SEMANA	5.00	UD 2000 BLANCO		68.06	
HACIA RELLENO SANITARIO	CADA 2 SEMANAS	1.85	FUTIAN 2017 BLANCO B		61.75	

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

Tabla 0.20: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 3

TIPO DE RECOLECCIÓN	FRECUENCIA	CANTIDAD POR VIAJE (TON)	VEHICULO PROPUESTO		EFICIENCIA (%)	
ORGÁNICOS	1 VEZ A LA SEMANA (DOS VIAJES)	13.16	INTERNACIONAL 1995 ROJO (7.5 T)	INTERNACIONAL 2014 BLANCO (7.5 T)	77.41	77.40
RECICLAJE	1 VEZ A LA SEMANA	6.66	UD 2000 BLANCO		90.55	
HACIA RELLENO SANITARIO	CADA 2 SEMANAS	2.42	FUTIAN 2017 BLANCO B		80.59	

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

Tabla 0.21: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 4

TIPO DE RECOLECCIÓN	FRECUENCIA	CANTIDAD POR VIAJE (TON)	VEHICULO PROPUESTO		EFICIENCIA (%)	
ORGÁNICOS	1 VEZ A LA SEMANA (DOS VIAJES)	9.61	INTERNACIONAL 1995 ROJO (7.0 T)	FUTIAN 2017 BLANCO A (2.61 T)	81.78	86.84
RECICLAJE	1 VEZ A LA SEMANA	5.99	UD 2000 BLANCO		81.49	
HACIA RELLENO SANITARIO	CADA 2 SEMANAS	2.16	FUTIAN 2017 BLANCO B		72.10	

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

Tabla 0.22: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 5

TIPO DE RECOLECCIÓN	FRECUENCIA	CANTIDAD POR VIAJE (TON)	VEHICULO PROPUESTO		EFICIENCIA (%)	
ORGÁNICOS	1 VEZ A LA SEMANA (DOS VIAJES)	8.93	INTERNACIONAL 1995 ROJO (7.0 T)	FUTIAN 2017 BLANCO A (1.93 T)	81.78	64.25
RECICLAJE	1 VEZ A LA SEMANA	6.30	UD 2000 BLANCO		85.70	
HACIA RELLENO SANITARIO	CADA 2 SEMANAS	2.12	FUTIAN 2017 BLANCO B		70.83	

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

Tabla 0.23: Propuesta de frecuencia de recolección y vehículo a utilizar Ruta 6

TIPO DE RECOLECCIÓN	FRECUENCIA	CANTIDAD POR VIAJE (TON)	VEHICULO PROPUESTO		EFICIENCIA (%)	
ORGÁNICOS	1 VEZ A LA SEMANA	7.00	INTERNACIONAL 1995 ROJO (7.0 T)		81.77	
RECICLAJE	1 VEZ A LA SEMANA	5.84	UD 2000 BLANCO		79.50	
HACIA RELLENO SANITARIO	CADA 2 SEMANAS	1.63	FUTIAN 2017 BLANCO B		54.48	

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

En la mayoría de las propuestas se ha ideado usar la máxima eficiencia haciendo una interpolación entre la cantidad de desechos generados, la capacidad del vehículo y el tiempo mínimo que se puede esperar para recolectar los desechos en el punto generador.

La recolección de desechos orgánicos una vez a la semana puede llegar a generar dudas de la factibilidad de este procedimiento, pero se debe recordar que para la implementación de este proyecto la población debe estar informada de la forma de separación y del cuidado del desecho hasta el día en que el camión compactador pase por él, por lo que también se ha ideado proveer a cada familia de un basurero plástico verde con tapadera y capacidad de 20 galones para que el desechos se resguarde dentro el hogar.

Como información adicional queda la posibilidad de utilizar otro de los camiones compactadores para hacer un recorrido intermedio y que la frecuencia de recolección sea menor, pero se tiene que valorar pues representaría un aumento en el costo de recolección.

#### 4.2.2 LIMPIEZA MANUAL (BARRIDO)

El barrido se da en las zonas comunes utilizadas por la población en el área urbana de la municipalidad, las rutas de recolección serán las mismas (Cuadro 3.3), la propuesta es utilizar contenedores separados para la recolección.

El diseño propuesto toma en consideración la generación promedio de los tipos de desecho:



Tabla 0.24: Promedio de tipo de desechos y propuesta de recipientes a utilizar para recolección manual

TIPO DE DESECHO	PORCENTAJE	RECIPIENTE PARA RECOLECCIÓN MANUAL	VOLUMEN DE RECIPIENTE (m3)	% RESPECTO A VOLUMEN TOTAL
ORGANICOS	57.28%	BARRIL DE METAL	0.235	56.22
RECICLAJE	37.23%	5 CUBETAS	0.1525	36.48
HACIA RELLENO SANITARIO	6.20%	1 CUBETA	0.0305	7.30
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>		<b>0.418</b>	<b>100.00</b>

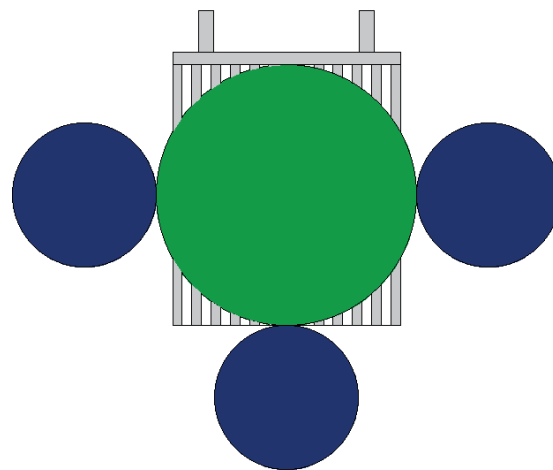
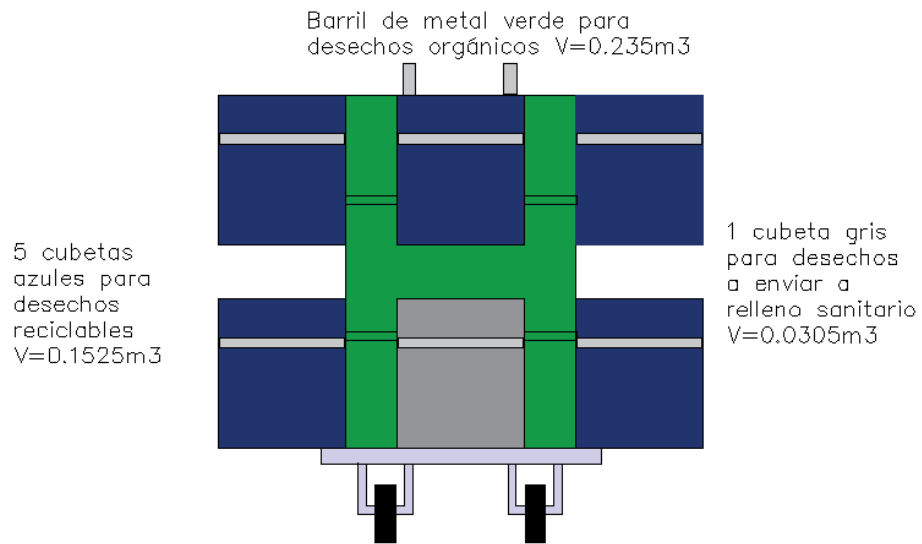
Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018

Teniendo esta referencia se procede a realizar un diseño utilizando herramientas y materiales que se encuentran en nuestro medio:

- 1 barril metálico para desechos orgánicos
- 5 cubetas para desechos reciclables
- 1 cubeta para desechos a enviarse al relleno
- 1 carretilla tipo diablo recta
- Hierro plano para crear anillos soldado a carretilla y sostener cubetas

Como podemos observar en la tabla 4.24 no se alcanza a cubrir el porcentaje total de orgánicos y reciclaje con la cantidad de recipientes propuestos, por lo que se recomienda no hacer uso del cien por ciento de la carretilla creando descansos intermedios a los recorridos utilizando contenedores de mayor tamaño para depositar los desechos recolectados en esos puntos para posterior recolección en camiones compactadores.

Figura 4.2.1: Carretilla para recolección de desechos manualmente



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3 PROPUESTA DE FRECUENCIA DE RECOLECCIÓN

Se ha ideado que la recolección se repita en días específicos para no tener problemas de entendimiento con la población, así el día lunes y martes, todas las recolecciones serán de desechos orgánicos, tendiendo el día lunes la recolección de las rutas 1, 3 y 5 presentadas en la tabla 4.25.

Completando así las recolecciones de todas las rutas trabajando de lunes a sábado (como actualmente se trabaja) así no se afecta el horario de los trabajadores.

Así mismo se ha ideado realizar tres recolecciones al día con una misma maquinaria, dado que la disposición de orgánicos y reciclaje estará dentro de la ciudad no habrá inconvenientes externos que afecten los tiempos de disposición de los camiones, no así los envíos de desechos al relleno, que por su cantidad se harán dos envíos máximos al día programados por lo que los tiempos de transporte se prevé no afectarán los horarios que actualmente poseen los trabajadores de la alcaldía.

Tabla 0.25: Rutas a tomar de recolección por día.

DIA	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
<b>VIAJE 1</b>	R1 ORGANICO	R2 ORGANICO	R1 RECICLAJE	R2 RECICLAJE	R1 RELLENO (CADA 2 SEMANAS)	R2 RELLENO (CADA 2 SEMANAS)
<b>VIAJE 2</b>	R3 ORGANICO	R4 ORGANICO	R3 RECICLAJE	R4 RECICLAJE	R3 RELLENO (CADA 2 SEMANAS)	R4 RELLENO (CADA 2 SEMANAS)
<b>VIAJE 3</b>	R5 ORGANICO	R6 ORGANICO	R5 RECICLAJE	R6 RECICLAJE	R5 RELLENO (CADA 2 SEMANAS)	R6 RELLENO (CADA 2 SEMANAS)

Fuente: Elaboración propia

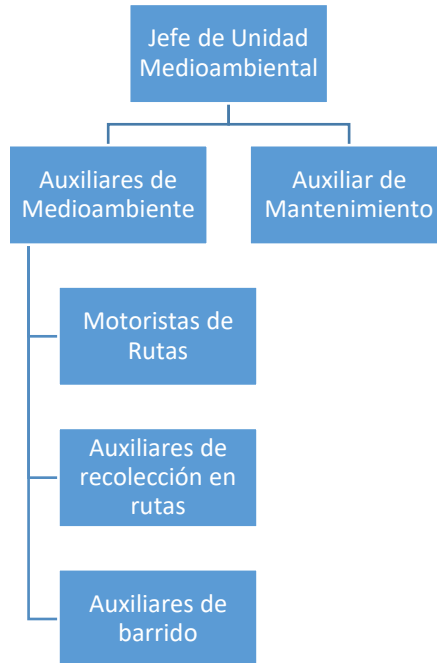
#### 4.2.4 LIMPIEZA DE UNIDADES RECOLECTORAS POR CAMBIO DE TIPO DE DESECHO

En la programación actual y con la cantidad de camiones que se tienen para la recolección no existiría el problema de la combinación de maquinaria para transportar diferentes tipos de desechos; pero en algún dado caso se diera, bastaría con la utilización de un hidrocompresor para lavar de manera profunda la caja compactadora o de estaca donde coloquemos los desechos, dado que la distribución realizada en la tabla 4.25 nos dá cuatro a cinco días de reposo para cada una de las maquinarias se aconseja lavarlas a presión luego de los 2 días de trabajo.

#### 4.2.5 MANEJO ADMINISTRATIVO

La recolección, así como todas las áreas que componen el manejo de desechos y procesos medioambientales de la municipalidad estará bajo la dirección del jefe de la unidad medioambiental, que a su cargo tiene a los auxiliares de medioambiente que en este momento esta compuesto por tres personas y el auxiliar de mantenimiento que es el encargado de las reparaciones y mantenimiento general de la maquinaria, el organigrama se resume a continuación:

Figura 4.2.2: Organigrama del equipo de recolección de desechos



Fuente: Elaboración propia

Las funciones en el área de recolección son las siguientes:

Tabla 0.26: Funciones de equipo de recolección.

CARGO	FUNCIONES
Jefe de la unidad medioambiental	Manejo de la distribución de rutas, personal, maquinaria y presupuesto.
Auxiliares de medioambiente	Supervisión de la recolección y barrido, atención ciudadana y demás tareas necesarias.
Auxiliar de mantenimiento	Mantenimiento y reparación de vehículos recolectores.
Motoristas de rutas	Encargado de tripulación de recolección y conducción de vehículo recolector.
Auxiliares de recolección	Recolectar todos los desechos en la ruta definida y colocarlo dentro de camión compactador o de estaca.
Auxiliares de barrido	Barrer y recolectar desecho de áreas designadas en el casco urbano.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.6 MANEJO TÉCNICO Y OPERATIVO

El proceso para la recolección mecánica de desechos será el siguiente:

1. El almacenaje de la maquinaria será el que se posee actualmente en el estacionamiento de las oficinas del área medioambiental, ubicado sobre la Avenida Isaac Esquivel, frente a Hotel y Restaurante Los Ranchos.
2. El recorrido se iniciará en tempranas horas de la mañana con horario flexible de acuerdo a necesidad que no altere el tráfico, ni otras actividades importantes para la comunidad así evitar generar molestias en la población.
3. Utilizando las rutas, horarios y orden ya preestablecido se procede a iniciar el recorrido que está compuesto por un motorista y dos auxiliares de recolección, los cuales deberán ser provistos de equipo de seguridad necesario para tal actividad (guantes, mascarillas, camisas manga larga identificadas, chaleco reflectivo, zapatos industriales, sombrero o gorra en buenas condiciones, lentes de ser necesarios) los cuales se encargarán de recoger los desechos e irlos a descargar a las áreas designadas de acuerdo a composición, ya sea el área de compostaje (desechos orgánicos), área de separación (desechos reciclables) o directamente al relleno sanitario para disposición final.
4. Al finalizar las rutas establecidas en los dos días de recolección de un mismo material se procede a lavar la maquinaria con bomba a presión poniéndole énfasis al área que contiene los desechos.

Se tiene entre cuatro a cinco días para darle el mantenimiento necesario a la maquinaria en la que participará el auxiliar de mantenimiento para luego seguir con el proceso de recolección nuevamente.

El proceso para el barrido y recolección manual será el siguiente:

1. El almacenaje de las herramientas será el que se posee actualmente en el estacionamiento de las oficinas del área medioambiental, ubicado sobre la Avenida Isaac Esquivel, frente a Hotel y Restaurante Los Ranchos.
2. El recorrido se iniciará en horas diurnas para que el personal cuente con suficiente luz de día para realizar las tareas cómodamente, brindándoles el equipo de seguridad necesario para tal actividad (guantes, mascarillas, camisas manga larga identificadas, chaleco reflectivo, zapatos cómodos y resistentes, sombrero o gorra en buenas condiciones, lentes de ser necesarios).
3. Utilizando las rutas, horarios y orden ya preestablecido se procede a iniciar el recorrido con la carretilla para recolección de desechos manuales de la figura 4.2, con esta el personal se encargará de recoger los desechos e irlos a descargar a las áreas designadas de acuerdo a composición, ya sea el área de compostaje (desechos orgánicos), área de separación (desechos reciclables) o almacenaje para luego enviarlo al relleno sanitario para disposición final.

4. Al finalizar las rutas establecidas se procede a lavar la carretilla con bomba a presión.

En el proceso deberá tener la participación continua del encargado del área medioambiental como de sus auxiliares para evaluar el proceso de recolección y generar los cambios necesarios para hacerlo más eficiente.

#### 4.2.7 CANTIDAD Y COSTOS

Como se ha mencionado anteriormente, este trabajo trata de acomodarse al presupuesto que ya tiene establecido el área medioambiental de la municipalidad de Nejapa, en lo respectivo a costos de maquinaria, personal y herramientas utilizadas; por lo que agregaremos detalle nada más de lo que no se tiene aún, o lo que conlleva un costo recurrente, como lo son las carretillas de recolección manual:

Tabla 0.27: Detalle de costos de materiales para creación de carretilla para recolección manual a fecha diciembre de 2018.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>MATERIAL</b>				
Barril de acero	unidad	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Cubeta	unidad	6	\$ 5.00	\$ 30.00
Hierro plano 1/8x1" de 6m	unidad	2	\$ 5.00	\$ 10.00
Pintura	1/4 galón	4	\$ 8.00	\$ 32.00
Carretilla	unidad	1	\$ 49.00	\$ 49.00
Soldadura	unidad	1	\$ 10.00	\$ 10.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 151.00</b>

Fuente: Elaboración propia



Al ver el costo unitario, tenemos que para suministrar esta herramienta de trabajo debemos tener en total cuatro de ellas, lo que nos da una inversión de **\$604.00** en total.

Una herramienta primordial para mantener en óptimas condiciones los equipos recolectores en una hidrolavadora que actualmente (Diciembre 2018) su valor asciende a los **\$300.00**<sup>31</sup>

Por último, un costo recurrente que se debe realizar anualmente es el de proveer de implementos de seguridad ocupacional necesarios para todo el equipo de trabajo, teniendo una inversión detallada a continuación:

Tabla 0.28: Inversión anual en equipo de seguridad para área medioambiental de la alcaldía.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>MATERIAL</b>				
Guantes de cuero	unidad	60	\$ 5.00	\$ 300.00
Mascarilla para polvo	unidad	1344	\$ 0.65	\$ 873.60
Camisa manga larga con logo Alc.	unidad	28	\$ 20.00	\$ 560.00
Chaleco reflectivo	unidad	28	\$ 5.00	\$ 140.00
Zapatos industriales	par	28	\$ 40.00	\$ 1,120.00
Sombrero o gorra	unidad	28	\$ 6.00	\$ 168.00
Lentes para polvo y sol	unidad	56	\$ 3.00	\$ 168.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3,329.60</b>

Fuente: Elaboración propia

Nota: Los guantes son pensados para un uso de seis meses.

Las mascarillas están pensadas para cambiarlas cada semana.

Las camisas, chalecos reflectivos, zapatos industriales, sombreros o gorras están pensadas para un uso anual.

<sup>31</sup> Hidrolavadora Marca Stanley, 1740 psi, cotizada en Almacenes Vidrí.

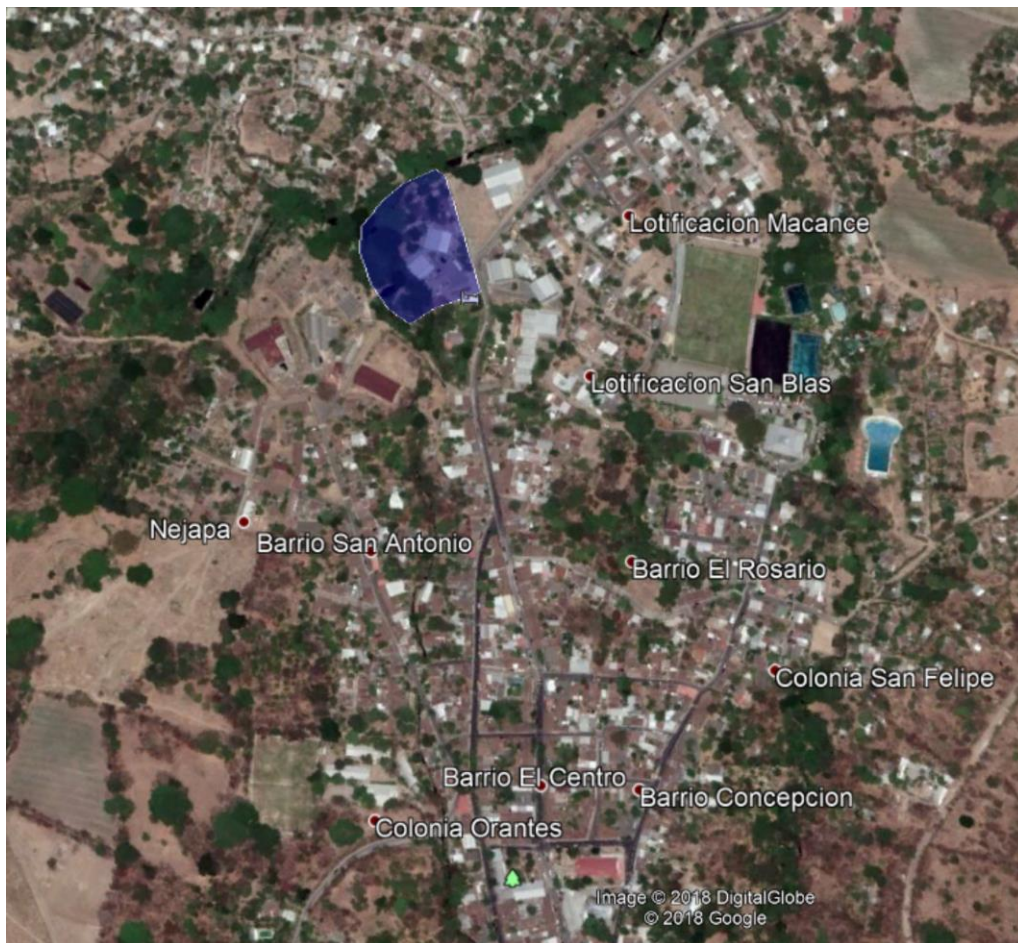
Los lentes están pensados para un uso de seis meses.

#### 4.3 ALMACENAMIENTO DE MATERIALES RECICLABLES

##### 4.3.1 LUGARES PROBABLES PARA ALMACENAMIENTO

Para almacén de materiales reciclables se ha ideado junto con la jefa de la unidad ambiental de Nejapa, la utilización del área siguiente:

Figura 4.3.1: Ubicación de terreno designado para almacenar materiales a reciclar, así como centro de separación y almacenaje de materiales separados.



Fuente: Captura de pantalla realizada a Google Earth 2018.

El área propiedad de la comuna está compuesta por tres edificaciones, teniendo alrededor de 12,000 metros cuadrados con áreas de patio suficiente para almacenar desechos reciclables provenientes de la municipalidad.

#### 4.3.2 DISEÑO DE INSTALACIÓN PARA ALMACENADO DE MATERIALES RECICLABLES A SEPARAR

Para el almacenamiento de materiales recolectados disponibles para ser reciclados calcularemos el volumen máximo a poder almacenar de acuerdo a las restricciones espaciales que se tienen en el área designada para tal fin.

El área de almacenaje de materiales a separar es la siguiente:

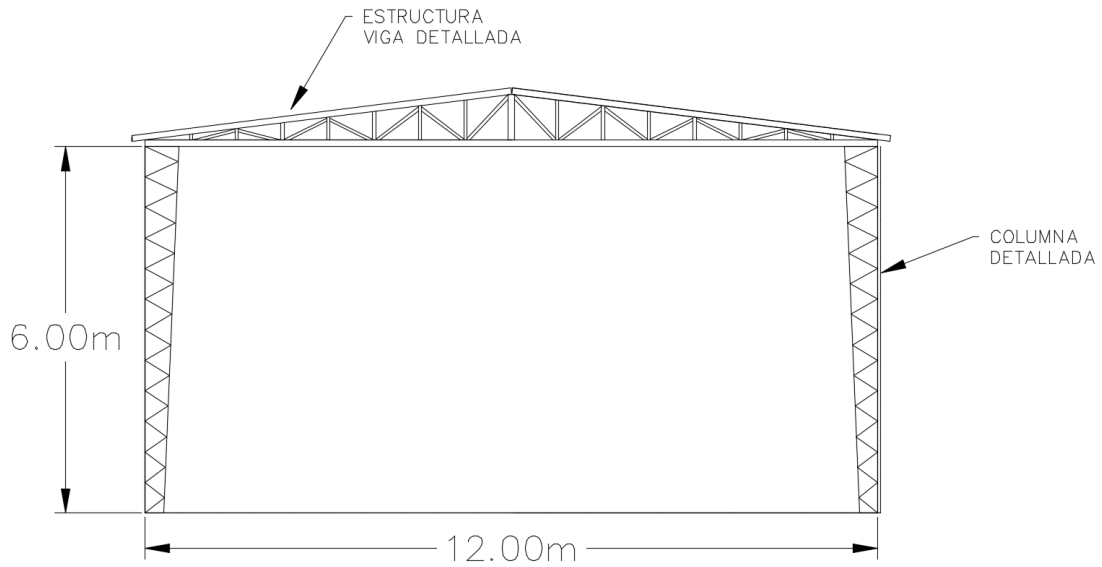
Figura 4.3.2: Área donde se almacenarán materiales reciclables a separar.



Fuente: Foto realizada en Diciembre 2018.

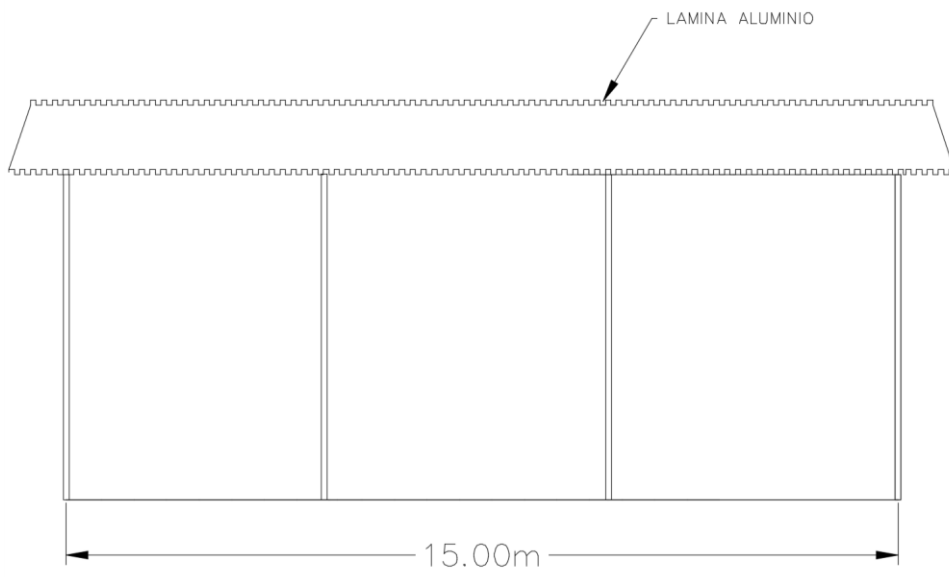
Con esta área designada se ha diseñado una nave industrial que posee las características siguientes:

Figura 4.3.3: Vista frontal de nave industrial para almacenamiento de materiales reciclables a separar.



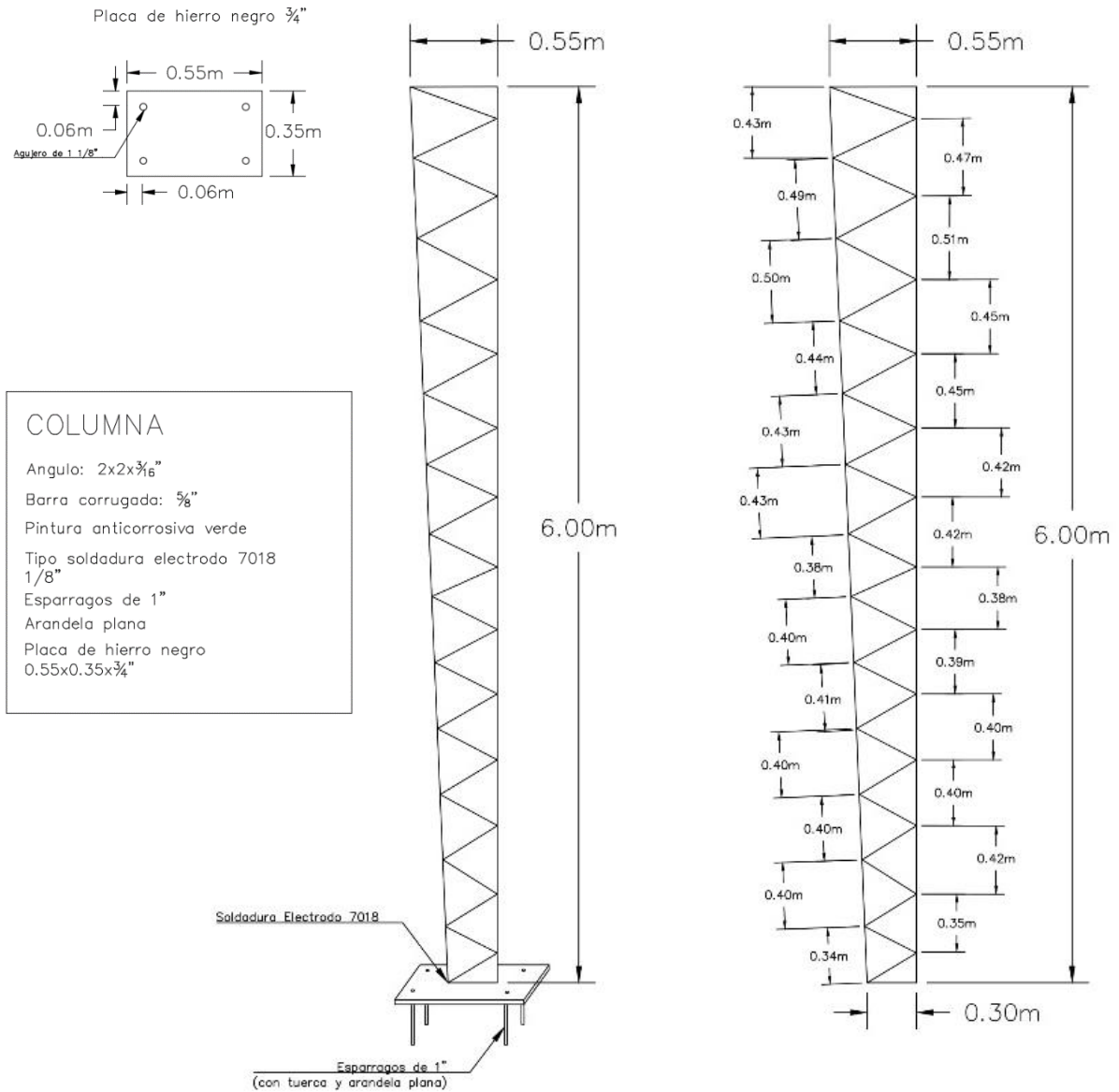
Fuente: Diseño proporcionado por MIDES.

Figura 4.3.4: Vista lateral de nave industrial para almacenamiento de materiales reciclables a separar.



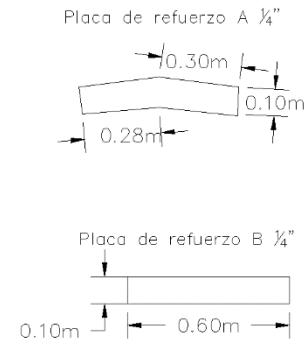
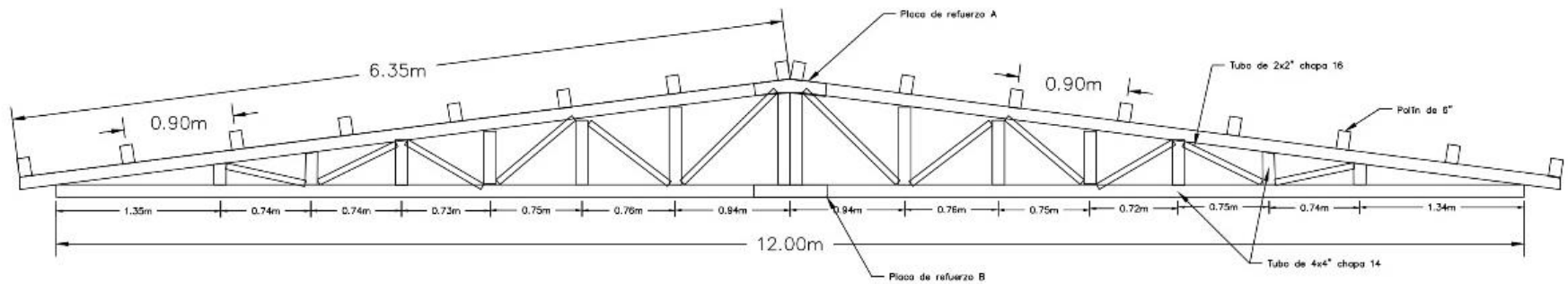
Fuente: Diseño proporcionado por MIDES.

Figura 4.3.5: Diseño de columna de nave industrial para almacenamiento de materiales reciclables a separar.



Fuente: Diseño proporcionado por MIDES.

Figura 4.3.6: Diseño de viga de nave industrial para almacenamiento de materiales reciclables a separar.



VIGA
Tubo cuadrado de 4x4" chapa 14
Pintura anticorrosiva verde
Tubo cuadrado de 2x2" chapa 16
Tipo de soldadura 6013 1/8"
Placas de refuerzo A y B en ambas caras

Fuente: Diseño proporcionado por MIDES.

El diseño anterior se creó de acuerdo con el área disponible para tal fin, el ancho y la altura está pensada para que acceda un vehículo compactador y deposite los desechos reciclables a separar dentro de ella, la nave no poseerá paredes y el piso será de concreto.

#### 4.3.3 FACTORES ADMINISTRATIVOS

Todo este proceso estará bajo la supervisión de la Unidad Ambiental y se dividirán en tres pasos Recepción, Almacenado y Envío a Separación.

**Recepción:** Estará a cargo de una persona designada entre el personal de recolección, este puesto funcionará por rotación de acuerdo con la ruta establecida para cada trabajador, pudiendo este estar en esta área los días miércoles y jueves y los demás trabajando en recolección. Esta persona estará encargada de llegar el registro de ingresos de desechos reciclables a separar.

**Almacenado:** Estará a cargo de otra persona designada entre el personal de recolección, funcionando por rotación, y se encargará de ordenar los desechos de tal manera que no generen inconvenientes ambientales y espaciales.

**Envío a separación:** Esta área estará a cargo de la persona designada al almacenado, pues dirigirá que desechos serán los primeros en ser enviados a separación, los desechos serán transportados por el personal de separación.

#### 4.3.4 FACTORES TÉCNICOS Y OPERATIVOS

Teniendo un área disponible de 180 metros cuadrados, y llegando a una altura máxima de dos metros para evitar que las personas que laborarán en esta área trabajen en lugares clasificadas como “Trabajo en altura”<sup>32</sup> (dado que requieren

---

<sup>32</sup>Asamblea Legislativa de El Salvador. Mayo, 2010. Ley General de Prevención de Riesgos en los Lugares de Trabajo

medidas de seguridad industrial más rigurosas), se tiene un volumen máximo retenido calculado así:

$$V = A \times h = (180m^2)(2m) = 360m^3 \text{ de desechos reciclables a separar}$$

Ahora tomando un peso específico uniforme de 0.7 Ton/m<sup>3</sup> de los desechos no compactados de acuerdo a los datos proporcionados por la empresa MIDES por estudios realizados a los desechos que reciben, tenemos que se pueden recibir la siguiente cantidad de desechos:

$$W = (Pe)(V)$$

Donde:

W= Peso de desechos

Pe= Peso específico

V= Volumen

Entonces:

$$W = \left(\frac{0.7Ton}{m^3}\right)(360m^3) = 252 Ton$$

Estudiando los datos de la generación de desechos de la tabla siguiente:

Tabla 0.29: Generación promedio de desechos en Nejapa por tipo.

TIPO DE DESECHO	PORCENTAJE	PROM PESO GENERADO AL MES (Ton)	PROMEDIO PESO GENERADO SEMANAL (Ton)	PROMEDIO PESO GENERADO DIARIO (Ton)
ORGANICOS	57.28%	245.92	57.38	8.20
RECICLAJE	37.23%	159.85	37.30	5.33
HACIA RELLENO SANITARIO	6.20%	26.62	6.21	0.89
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>429.34</b>	<b>100.18</b>	<b>14.31</b>

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados a fecha septiembre de 2018



Por lo tanto, tenemos que se pueden almacenar desechos reciclables a separar de:

$$\text{Días máximos a almacenar} = \frac{252\text{Ton}}{5.33\text{Ton}/\text{dia}} = 47 \text{ días}$$

#### 4.3.5 CANTIDAD Y COSTOS

La inversión para la nave industrial es la siguiente:

Tabla 0.30: Materiales y costo para elaboración de nave industrial para almacenar materiales reciclables a separar.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>Materiales</b>				<b>\$ 6,146.19</b>
CEMENTO CEMEX	BOLSA	103	\$ 7.75	\$ 794.38
ARENA DE RIO	m3	7	\$ 15.00	\$ 97.50
GRAVA	m3	6	\$ 35.00	\$ 210.00
HIERRO CORRUGADO 5/8"x6m g40	UNIDAD	28	\$ 5.98	\$ 167.44
TUBO ESTRUCTURAL HCR CH 14 4X4"	UNIDAD	21	\$ 29.79	\$ 625.59
TUBO ESTRUCTURAL CH 16 CUAD 2	UNIDAD	88	\$ 10.35	\$ 905.63
PINTURA ANTICORROSIVA	GALÓN	17	\$ 9.69	\$ 164.73
TUBO ESTRUCTURAL GHT 14 G72 CUAD 2	UNIDAD	8	\$ 17.50	\$ 140.00
DISCO CORTE METAL DRONCO 9X1/8X7/8	UNIDAD	11	\$ 1.98	\$ 20.79
ELECTRODO HO DULCE 1/8P WEST ARC	UNIDAD	27	\$ 1.50	\$ 39.75
VARILLA ROSCADA GALV L1-8	UNIDAD	14	\$ 10.58	\$ 148.12
ELECTRODO PARA TUBERIA 1/8" OK 27.08/601	UNIDAD	10	\$ 1.50	\$ 15.00
TUERCA HEXAGONAL ROSCA ORD ZINC 1"	UNIDAD	53	\$ 0.89	\$ 46.73
ARANDELA PLANA ZINC 1"	UNIDAD	53	\$ 0.44	\$ 23.10
ARANDELA DE PRESION ZINC 1"	UNIDAD	53	\$ 0.48	\$ 25.20
VARILLA DE 3/8" CORRUGADA X 6m G39	UNIDAD	9	\$ 2.71	\$ 24.39
HO CORRUGADO 3/8"X6m G40 STD	UNIDAD	47	\$ 2.15	\$ 99.98
VARILLA DE 1/2" CORRUGADO x6m G40	UNIDAD	22	\$ 4.36	\$ 95.92
LAMINA 5/8"	UNIDAD	7	\$ 47.70	\$ 333.90
GRIFA 3/8x1/2" 260238	UNIDAD	1	\$ 11.42	\$ 11.42
TABLA DE PINO 5 VARAS	UNIDAD	4	\$ 9.29	\$ 32.52
CLAVO CON CABEZA 2. 1/2"	UNIDAD	3	\$ 0.43	\$ 1.29
PLYWOOD 4X8" 1/2" CLASE B	UNIDAD	1	\$ 20.31	\$ 20.31
CINTA METRICA 8mX1" STANLEY	UNIDAD	1	\$ 8.41	\$ 8.41
TORNILLO A UR PLUS 5/16X1"	UNIDAD	525	\$ 0.09	\$ 47.25
TORNILLO A UR PLUS 5/16X3/4"	UNIDAD	132	\$ 0.09	\$ 11.84
GALVAMAX C28 (0.3mm) E25 G65	M	200	\$ 3.41	\$ 680.30
TORNILLO AURT A PLUS (A+) 5/16X3/4"	UNIDAD	1	\$ 0.09	\$ 0.09
POLÍN C 6X2 CFX 1.8MM MDA	UNIDAD	221	\$ 3.22	\$ 710.01
BROCA P/HIERRO HSS 1 1/16"	UNIDAD	1	\$ 52.00	\$ 52.00
TUBO INDUSTRIAL RECTANGULAR 1X2" CHAPA	UNIDAD	6	\$ 6.64	\$ 36.52
PINTURA PARA TRAFICO ACEITE AMARILLO 16	UNIDAD	2	\$ 33.58	\$ 67.16
BANDEJA CON RODILLO 9" KV100	UNIDAD	1	\$ 3.63	\$ 3.63
RODILLO PARA PINTAR 9"X3/8"	UNIDAD	2	\$ 2.61	\$ 5.22
EXTRACTOR GRAVITACIONAL CUMBRERA MOI	UNIDAD	2	\$ 250.00	\$ 375.00
DISCO PARA METAL 9X1/8X7/8"	UNIDAD	3	\$ 3.19	\$ 9.57
ELECTRODO PARA HIERRO DULCE 1/8" OK 46	UNIDAD	10	\$ 1.50	\$ 15.00
SILICON CLARO 300ML DAP 08641	UNIDAD	2	\$ 4.38	\$ 8.76
TORNILLO GOLOZO WAFER 8X1" PUNTA BROC	UNIDAD	22	\$ 3.19	\$ 70.18
PUNTA ATORNILLADOR PHILLIPS 2"#2	UNIDAD	3	\$ 0.53	\$ 1.59
<b>Mano de Obra (Con Renta)</b>				<b>\$ 1,758.60</b>
ALBAÑIL	DIA	30	\$ 20.69	\$ 620.70
AUXILIAR	DIA	30	\$ 17.24	\$ 517.20
SOLDADOR	DIA	25	\$ 20.69	\$ 517.25
ELECTRICISTA	DIA	5	\$ 20.69	\$ 103.45
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 7,904.79</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 4.4 SEPARACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES

### 4.4.1 ÁREA DE SEPARACIÓN

Para la separación de materiales reciclables se utilizará una de las naves industriales ya construidas. Esta es actualmente un centro de separación de desechos sólidos reciclables comprados a los pepenadores directamente, o en su defecto a vendedores que han conseguido este material de los pepenadores, por lo que crear un orden en el proceso ayudaría a la eliminación de esta práctica (hurgar en desechos sin las medidas sanitarias necesarias) y en vez de comprar el material este sería proporcionado por la comuna, generando ingresos mayores a la comunidad.

Figura 4.4.1: Acceso al área de separación de desechos sólidos designados (utilizado actualmente para separación de productos comprados).



Fuente: Foto realizada en Diciembre 2018.

Figura 4.4.2: Área de separación de desechos sólidos reciclados.



Fuente: Foto realizada en diciembre 2018.

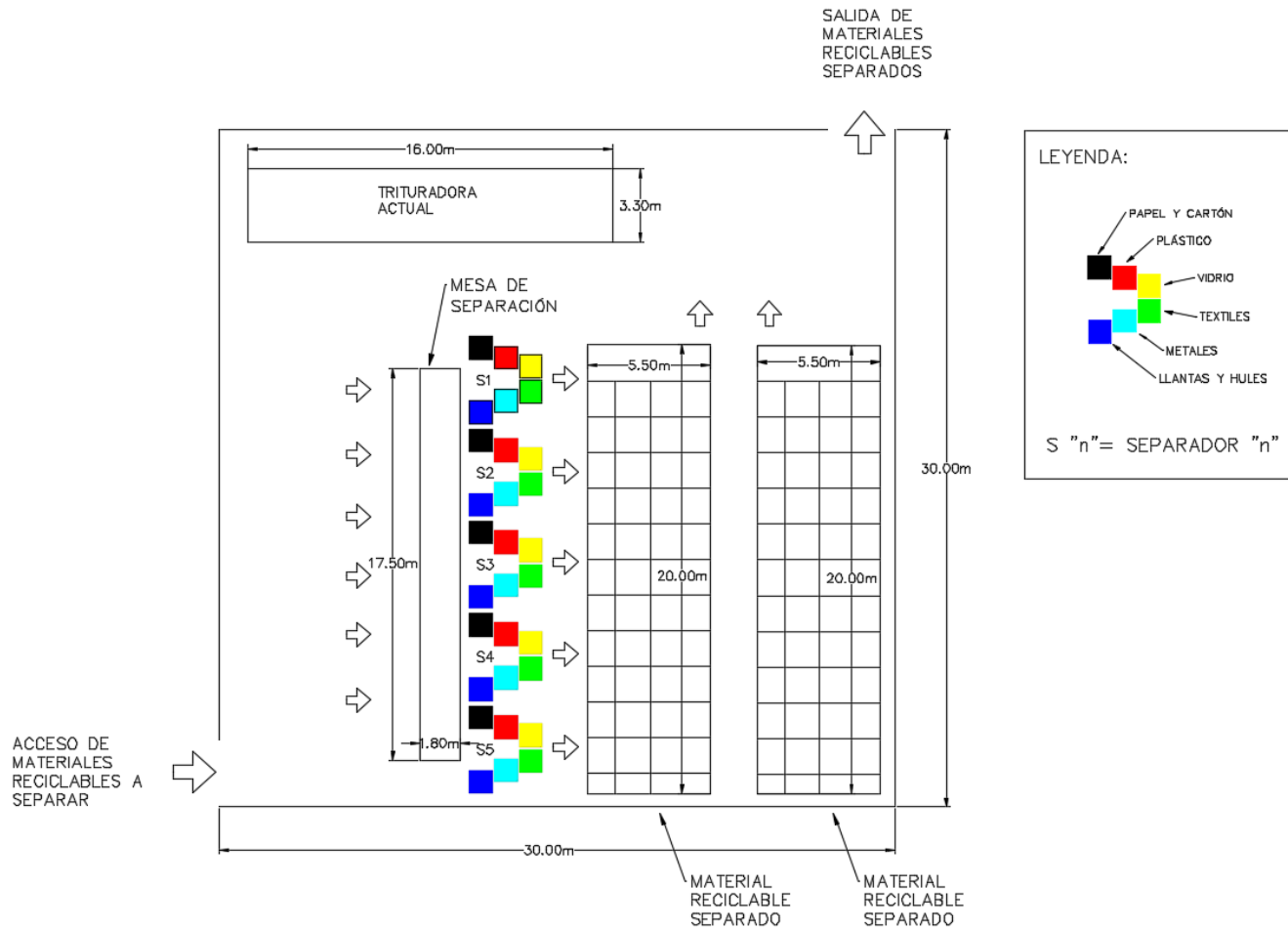
#### 4.4.2 METODOLOGÍA DE LA SEPARACIÓN

El método de separación que utilizaremos será el siguiente:

Traslado: Se trasladarán de manera manual los desechos reciclables anteriores a separar desde la bodega a construir (figura 4.6 a 4.9) hacia la edificación existente (figura 4.10) colocándolos en la mesa de separación.

Separado: Se utilizarán las mesas que actualmente poseen para separación, poniendo pequeñas cantidades de desechos manualmente sobre estas mesas (utilizando las medidas de seguridad laboral necesarias como guantes, mascarillas) y separándolos a lo largo de ella. Los separadores contarán con recipientes alrededor de ellos en los cuales podrán depositar los desechos de cada tipo. A continuación se detalla la distribución en planta del local de separación.

Figura 4.4.3: Área propuesta para separación de desechos sólidos reciclados y almacenaje.



Fuente: Diseño propio.

Se puede observar en el diseño de la figura 4.12 que se contempla el acceso de los materiales reciclables a separar en la esquina inferior izquierda, colocando estos desechos en la mesa de separación donde un aproximado de cinco separadores (cantidad variable de acuerdo a personal de separación disponible) colocarán los desechos en 6 diferentes contenedores cada uno que contendrán:

Papel y cartón (negro)

Plástico (rojo)

Vidrio (amarillo)

Textiles (verde)

Metales (celeste)

Llantas y hules (azul)

Luego estos pasan a un área de almacenaje donde se tienen hasta tener una cantidad que puedan ser vendidas; actualmente la separación realizada por la comunidad incluye trituración de plástico, por lo que poseen una trituradora instalada dentro de esta instalación la cual puede seguirse usando sin ningún inconveniente.

#### 4.4.3 FACTORES ADMINISTRATIVOS

La dirección de la separación estaría a cargo de la actual comunidad que realiza ya una separación y trituración de plásticos, con nuevos materiales estas personas tendrían un ingreso mayor (monetario y de materiales) por lo que tendrían que contratar a más colaboradores por ende una mayor generación de empleos. Dado que actualmente la alcaldía ha cedido su participación en la

separación a la comunidad, la injerencia es mínima, pero esto podría ser regulado si se llega a un acuerdo entre ambas partes.

#### 4.4.4 FACTORES TÉCNICOS Y OPERATIVOS

Entre los factores técnicos de la separación, se aclara que la edificación ya está construida por lo que compete nada más hablar de la separación en sí. Esta se realizará de manera manual como ya se ha explicado anteriormente siguiendo un curso de funcionamiento muy práctico.

Se debe de hacer énfasis en la utilización de equipo de seguridad industrial para estas personas, como lo son:

Mascarillas, lentes transparentes, delantales de cuero, casco, guantes de cuero, zapatos industriales, tapones de oídos, chaleco reflectivo.

#### 4.4.5 CANTIDAD Y COSTOS

Tomando un promedio de 15 personas laborando en el área de separación, la cantidad invertida en equipo de seguridad industrial al año se detalla en la tabla 4.31.

Además de esto existe la necesidad de hacer una inversión extra en una mesa de separación, la cual se aconseja comprar de acero inoxidable por los materiales que se separarán sobre ella, cotizando a soldadores de la zona de Nejapa con experiencia en la creación de mesas de trabajo, aconsejaron por facilidad en el transporte crearlas individuales en medidas de dos por un metros, necesitando para la separación un total de dieciocho mesas, que unitariamente tienen un valor

de \$150.00 (dólares de Norteamérica) a fecha Diciembre de 2018, elevando la inversión a **\$2,700.00 (dólares de Norteamérica)**.

Tabla 0.31: Materiales y costo para equipo de seguridad industrial para personal de separación.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>MATERIAL</b>				
Guantes de cuero	par	30	\$ 5.00	\$ 150.00
Mascarilla	unidad	780	\$ 0.65	\$ 507.00
delantal de cuero	unidad	15	\$ 15.00	\$ 225.00
Chaleco reflectivo	unidad	15	\$ 6.00	\$ 90.00
Zapatos industriales	par	15	\$ 40.00	\$ 600.00
Tapones de oidos	par	780	\$ 0.35	\$ 273.00
Lentes transparentes	unidad	15	\$ 6.00	\$ 90.00
Cascos	unidad	15	\$ 15.00	\$ 225.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2,160.00</b>

Fuente: Elaboración propia, valores cotizados a empresa Vidrí (Diciembre 2018).

#### 4.5 VENTA Y REUTILIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES SEPARADOS

##### 4.5.1 POSIBLES LUGARES DE VENTA DE MATERIALES SEPARADOS PARA RECICLAJE

Según las investigaciones realizadas en campo, existen muchos lugares que podrían estar interesados en la utilización de materiales reciclados, para fines prácticos se han colocado las que están cerca de la municipalidad. Debido a la diversificación de materiales obtenidos se tiene la necesidad de buscar compradores adicionales a los existentes para el plástico actual, haciendo una búsqueda por el tipo de material obtenido podemos destacar los siguientes:



**Plásticos:** Los principales a tomar en cuenta son los contactos que poseen las personas que actualmente están haciendo separación de plásticos, de no estar dispuesto a comprarlo todo, se podría tomar en cuenta a las siguientes empresas:

- MAQUIPLASTIC, Calle Antigua a Nejapa, Cantón Joya Galana, Polígono 5 lote 13, sv-101180390 San Salvador correo: [ventas@maquiuplastic.com.sv](mailto:ventas@maquiuplastic.com.sv) Números (503) 2561-0142 2201-1805 2101-8148

**Papel y Cartón:**

- ECOSALVA, Km. 13 Carretera a Quezaltepeque desvío a Colonia Las Margaritas, Apopa, San Salvador, El Salvador. Correo: [info@ecosalva.com](mailto:info@ecosalva.com) Números (503) 2216-7186 (503) 2216-7192 (503) 2216-7178
- PARQUE INDUSTRIAL VERDE, Parque Industrial Verde, Bodega #2 Calle Agua Caliente, KM 5 ½, Soyapango, El Salvador Correo: [info@reciclaelsalvador.com](mailto:info@reciclaelsalvador.com) Número (503) 2121 1400

**Vidrios:**

- LIZA S.A., 6 Calle Oriente y final Avenida San Martín, Santa Tecla, La Libertad, Correo: [mticas@liza.com.sv](mailto:mticas@liza.com.sv) Número 2241-0457

**Textiles:**

- FIBERTEX, Calle Nueva y Calle Palmira Edificio Matex, Costado Sur Col. Santa Lucia, Ilopango, San Salvador. Correo: [fibertex@navegante.com.sv](mailto:fibertex@navegante.com.sv) Números 2254-1950 y 2294-7783

**Metales:**

- EL COCAL, Carretera a Quezaltepeque, Nejapa con Señor Reynaldo Hurtado y Sr. Jaime Portillo, Número 7994-7828

**Llantas y Hule:**

- ECOLOGIA Y TECNOLOGÍA S.A., Urb. Madre Selva, Edificio Cessa, Antiguo Cuscatlán Correo: [amilcar.flores@cessa.com.sv](mailto:amilcar.flores@cessa.com.sv) Número 2505-0000

**4.5.2 FACTORES ADMINISTRATIVOS**

La persona encargada del área medioambiental y sus auxiliares serán los designados para negociar con estas empresas y definir si será necesario enviar los materiales hasta sus plantas o si las empresas se encargarán de llegar por ellos, todo utilizando las generaciones proyectadas acá definidas.

**4.5.3 OTRAS FORMAS DE UTILIZACIÓN DE MATERIALES SEPARADOS**

La población de la municipalidad que necesite de alguno de estos materiales para reutilización nada más, estarían en toda la libertad de llegar y solicitarlo.

Esto debido a que el impacto ambiental generado por el reciclaje es mayor que el de la reutilización.

Así también si la alcaldía en sus proyectos puede reutilizar estos materiales obtenidos de la separación sería la primera opción antes del reciclaje.

## 4.6 PROPUESTA DE COMPOSTAJE DE DESECHOS ORGÁNICOS

### 4.6.1 LUGARES PROBABLES PARA ÁREA DE COMPOSTAJE

Actualmente se está creando compostaje de los desechos de poda y hojas que se realiza en los parques de la ciudad y las zonas verdes, estos son llevados al vivero municipal el cual posee un área de 4,780 metros cuadrados aproximadamente; el compostaje es utilizado para abonar las plantas que se cultivan ahí, las personas también pueden llegar a solicitar este abono orgánico.

Figura 4.6.1: Área del vivero municipal propiedad de la Alcaldía de Nejapa.



Fuente: Captura realizada en Google Earth a fecha enero 2019.

Figura 4.6.2: Área donde se reciben los desechos orgánicos de poda en el terreno del vivero municipal.



Fuente: Foto realizada en diciembre 2018.

Figura 4.6.3: Área de acumulación de desechos de poda y zonas verdes en el vivero municipal



Fuente: Foto realizada en diciembre 2018.

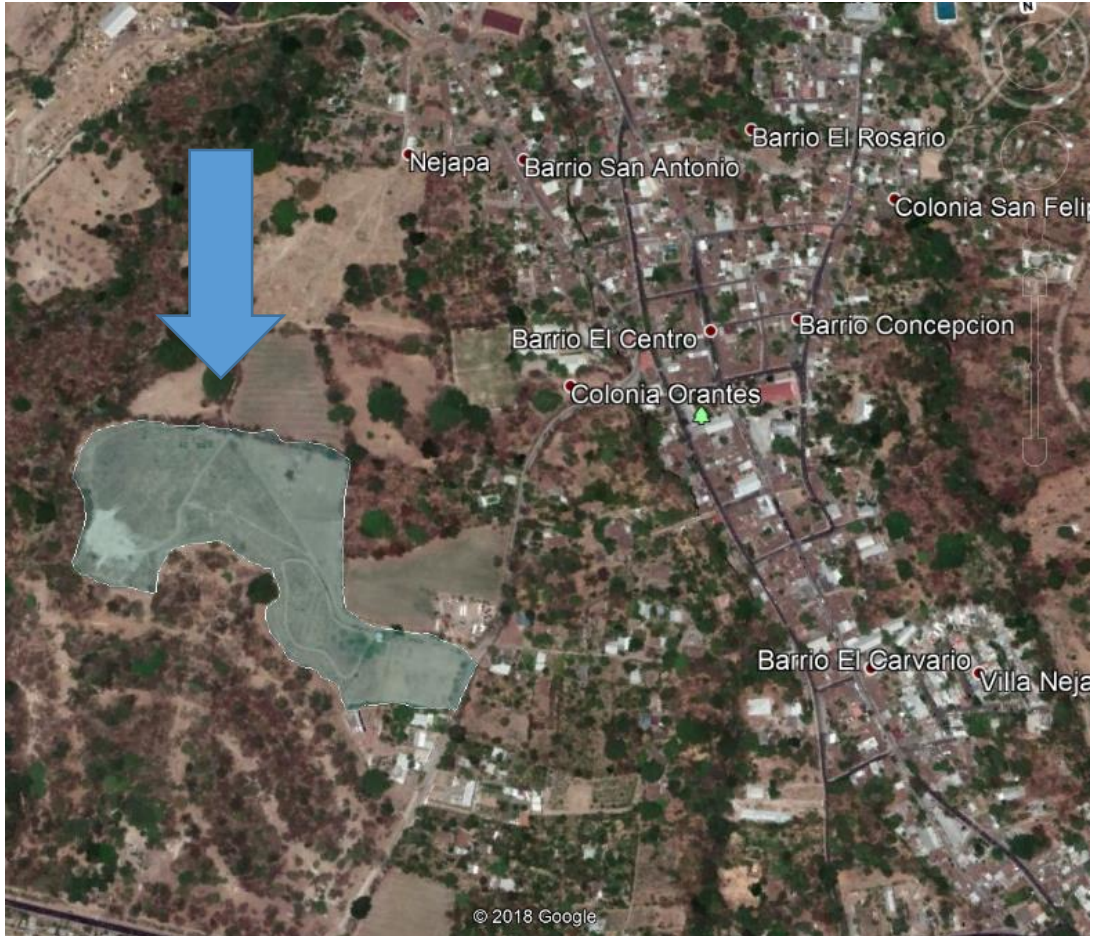
Figura 4.6.4: Producto de compostaje terminado listo para ser usado en el vivero municipal o donarlo a la población que lo solicite.



Fuente: Foto realizada en diciembre 2018.

Debido al aumento de desechos orgánicos que se procesarán en el municipio, de acuerdo al cuadro 4.29 se recibirá un total de 8.20 Toneladas diarias, lo que corresponde a una cantidad de desechos en la cual se hace necesaria la utilización de maquinaria para movilizar estos desechos, así como una mayor área, por lo cual la alcaldía propone la utilización del terreno siguiente:

Figura 4.6.5: Terreno propiedad de la alcaldía Municipal de Nejapa.



Fuente: Captura realizada en Google Earth a fecha enero 2019.

El terreno mencionado posee un área de 51,300 metros cuadrados aproximadamente teniendo suficiente para pensar en manejar los desechos diarios mencionados; encontrándose a un kilómetro de distancia del lugar de almacenaje de los camiones compactadores (aproximadamente cinco minutos de viaje) y a la misma distancia del vivero municipal este tiene una posición estratégica.

#### 4.6.2 FACTORES ADMINISTRATIVOS

El manejo de la estructura administrativa del área de compostaje estará a cargo de la jefa de la unidad medioambiental de la comuna, apoyándose en sus auxiliares para las supervisiones constantes de un buen manejo del sitio.

Las personas encargadas del manejo de este proyecto en lo referente a la mano de obra serán los encargados de la recolección de los orgánicos en los días que no anden en ruta y rotándose con el personal que recolecta los otros tipos de desechos cuando recorran la ciudad.

La distribución no puede ser fija sin haber hecho una prueba de personal en campo para definir la cantidad exacta de auxiliares que funcionarán a la vez.

Como número tentativo tenemos al personal siguiente:

- Un motorista de retroexcavadora para creación de trincheras, acomodación de desechos, aireación, cobertura de ellos y cargado de compostaje maduro a vehículos que lo soliciten (este puesto se recomienda sea fijo).
- Un auxiliar necesario para la colocación de tubería de oxigenación en montículos de desechos orgánicos, verificación de humedad y temperatura en compost, mantenimiento del cerco perimetral y cualquier otra actividad adicional (este puesto puede ser rotado).

#### 4.6.3 FACTORES TÉCNICOS Y OPERATIVOS

Según el reglamento especial para el manejo integral de los desechos sólidos en El Salvador para tener una planta de compost se tienen que tener los siguientes criterios mínimos:

- a) Proporción Carbono: Nitrógeno de 25:1 – 35:1;
- b) Temperatura de 40-50 °C;
- c) Humedad entre el 40 o 50%;
- d) Preferiblemente incorporar materiales en el rango de 1 a 4 centímetros de diámetro.

Por la cantidad de desechos recibidos diariamente de desechos orgánicos (8.20 Toneladas) el sitio no entra dentro de los rangos para la creación de un estudio de impacto ambiental según la normativa vigente del MARN a este año (2018), los rangos son de la siguiente manera:

De 0 a 25 Toneladas de recepción diaria: No necesita EIA.

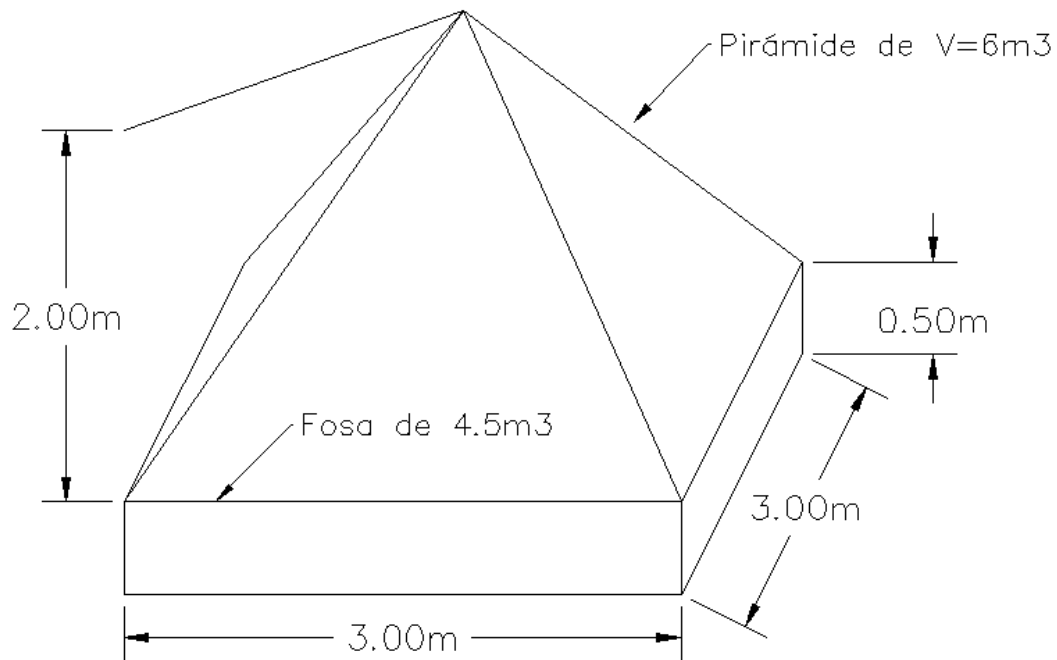
Mas de 25 a 60 Toneladas de recepción diaria: De acuerdo a evaluación.

Más de 60 toneladas de recepción diaria: Si necesita EIA.

Para la creación de compostaje en nuestro proyecto utilizaremos la combinación del método de trinchera (creación de un orificio en el suelo) donde colocaremos una carpeta para impermeabilizar y depositaremos los orgánicos de los hogares, llegando la trinchera a cincuenta centímetros de profundidad, y creando un montículo en forma de pirámide con base cuadrada de tres metros por lado y altura de dos metros; cubriendo los desechos con producto de poda, luego una capa de 10cm de tierra negra, todo lo anterior como se muestra en las siguientes imágenes:



Figura 4.6.6: Diseño de montículo de desechos orgánicos con capacidad para contener el volumen que transporte un compactador.



Fuente: Diseño propio.

El cálculo volumétrico de la cantidad de desechos que contendrá cada montículo fue procesado de la siguiente manera:

$$\text{Volumen total} = \text{volumen pirámide} + \text{volumen cuadrado} = \frac{b^2h}{3} + b^2h$$

Donde b=base, h=altura

Entonces:

$$\text{Volumen total} = \frac{(3m)^2(2m)}{3} + (3m)^2(0.50m) = 10.5m^3$$

Ahora si sabemos que la densidad de los desechos tomamos el dato brindado por la empresa MIDES en su estudio realizado, sabemos que 1m<sup>3</sup> de desecho es igual a 0.7Ton.

Ahora la cantidad de desechos máximo que se ha proyectado incluir en los compactadores de desechos orgánicos es de 7.5 Ton según datos tomado de la tabla 4.18 a 4.23 de este documento, tenemos que cubrir esta cantidad con el montículo creado por lo que verificando tenemos que:

$$\mathbf{Si\ 1m^3 \rightarrow 0.7Ton}$$

Entonces:

$$\mathbf{10.5m^2 \rightarrow 7.35Ton}$$

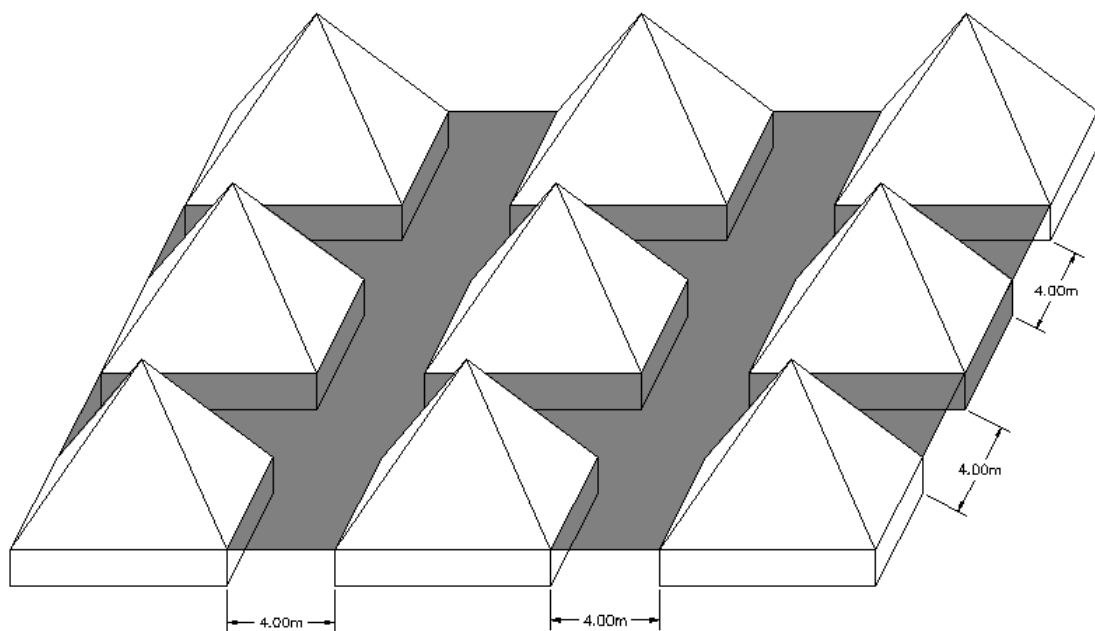
Que para fines prácticos en facilidad constructiva consideramos cubre la necesidad volumétrica, dado que, si bien esa sería la cantidad máxima de desechos a ingresar en un montículo, no todos los compactadores irán a la capacidad de 7.5Ton según datos de tablas 4.18 a 4.23 por lo que volumétricamente se compensan.

Para la creación de trincheras, acomodación de los desechos en cada una de ellas, aireación y el moldeo de los montículos se ha ideado la utilización de una retroexcavadora por la versatilidad que esta da; si bien se tendría que invertir en su compra, se tiene el beneficio de poder utilizarla en los demás proyectos que planea llevar a cabo la municipalidad por la alta gama de tareas que esta puede desempeñar.

Para la creación de trincheras se plantea dejar un espaciamiento entre cada una de ellas de 4.00 metros (como figura 4.20) para facilitar traslado de retroexcavadora, que utilizando el área total designada para esta actividad por la alcaldía de Nejapa, tenemos que en 51,300 metros cuadrados de terreno, podemos crear un total de 1,046 trincheras; y utilizando 8 trincheras como máximo a la semana por datos obtenidos en nuestro estudio, tenemos un tiempo

de estancia mínimo de desechos de 130 días, cubriendo los 90 días de estancia mínima que establece el tratamiento de desechos orgánicos en trincheras por el “Manual para hacer composta Aeróbica” creado por el Doctor Ricardo Arnoldo Navarro Pineda para CESTA ( Centro Salvadoreño de Tecnología Apropiada) actualizada en el año 2012.

Figura 4.6.7: Diseño trincheras para colocación de desechos orgánicos y creación de composta aeróbica, colocados a cuatro metros de distancia entre ellos para facilitar traslado de retroexcavadora.



Fuente: Diseño propio.

#### 4.6.4 PROCESO DE COMPOSTAJE Y PRODUCTO

El proceso será aeróbico, se podría pensar que al estar una parte del desecho en trinchera se vuelve anaeróbico, pero la colocación de tubería al centro y la

aireación una vez a la semana (revolver compost con retroexcavadora) hace que esté en contacto con el oxígeno, haciéndolo aeróbico, esto con la idea de acelerar el proceso de compost y crear un mejor producto.

Al tener compost de 90 días o más este estará listo para ser utilizado como fertilizante natural en los cultivos del vivero municipal, jardines a los que le dé mantenimiento la municipalidad y para ser donado a las personas del municipio para que estos lo utilicen en sus cultivos.

#### 4.6.5 CANTIDAD Y COSTOS

El manejo de los desechos orgánicos para crear compost es una de las inversiones más grandes que presenta este proyecto; para poder utilizar el terreno propuesto para compostar se necesita crear un cerco perimetral para delimitarlo y evitar daños, como propuesta razonable se ha ideado la utilización de tubo galvanizado de dos pulgadas y media colocado a cada dos metros y de dos metros y medio de altura, además de 6 líneas de alambre de púa colocadas equidistantes.

Adicionalmente como se mencionó se necesitará la participación de una retroexcavadora para el manejo del compost, que también se ha colocado en la tabla 4.32 junto con los costos adicionales que esta maquinaria requiere.

El operador y el auxiliar de campo para este proceso son personas que pueden ser designadas dentro del personal actual del área medioambiental.

Tabla 0.32: Cantidad y costo para manejo de desechos orgánicos para compostaje.

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	
			UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				<b>\$ 241,705.50</b>
<b>CERCO PERIMETRAL</b>				
<b>Basurero para orgánicos a c/familia</b>	unidad	4100	\$ 12.50	\$ 51,250.00
Tubo galvanizado de 2 1/2"	unidad	242	\$ 20.00	\$ 4,840.00
Alambre de puas x 334.36m	rollo	26	\$ 22.55	\$ 586.30
Alambre de amarre	lb	150	\$ 1.00	\$ 150.00
Arena	m3	10	\$ 20.00	\$ 200.00
Grava	m3	10	\$ 45.00	\$ 450.00
Cemento Portland	unidad	50	\$ 8.75	\$ 437.50
Carpeta negra doble de 72plg	yarda	4122	\$ 0.85	\$ 3,503.70
<b>RETROEXCAVADORA (Precio de mercado a Diciembre 2018)</b>	unidad	1	\$ 160,000.00	\$ 160,000.00
Diesel para retroexcavadora (para 1 año de utilización) jornada de 7h diarias consumo 2gal/hora)	galón	4368	\$ 3.50	\$ 15,288.00
Reparaciones y mantenimientos de retroexcavadora (costo anual promedio)	año	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
<b>MANO DE OBRA (Con Renta) para cerco perimetral</b>				<b>\$ 864.00</b>
Albañil	día	27	\$ 18.00	\$ 486.00
Auxiliar	día	27	\$ 14.00	\$ 378.00
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 242,569.50</b>

Fuente: Elaboración propia, valores cotizados a empresa Vidrí y otros (Diciembre 2018).

## 4.7 PROPUESTA DE TRATAMIENTO DEL DESECHO SÓLIDO NO RECICLABLE

### 4.7.1 TRASLADO DEL DESECHO SÓLIDO NO RECICLABLE

La recolección de este tipo de desechos como se ha mencionado anteriormente se hará los viernes y sábado cada dos semanas (por cada ruta) como lo vimos en la tabla 4.25, ahora estas rutas luego de hacer todo su recorrido saldrán directamente al relleno sanitario a hacer la disposición final, al ser tres rutas diarias como máximo y dado que el relleno sanitario está a siete kilómetros del centro de la ciudad esta programación no representaría una dificultad para completarse.

### 4.7.2 DISPOSICIÓN FINAL EN RELLENO SANITARIO

La disposición final en el relleno sanitario como se mencionó no representa un costo actualmente a la municipalidad. Este será conducido dentro del vehículo designado para la recolección y seguirá las indicaciones propias que brinde el personal del relleno sanitario, acatándolas a cabalidad para salvaguardar el bienestar del personal y de las unidades recolectoras.

## 4.8 COSTOS TOTALES

### 4.8.1 COSTOS TOTALES ADICIONALES POR MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS A LA COMUNA

La idea general de esta investigación es la de crear un proyecto de beneficio social y medioambiental, que tiene que ir de la mano con una sostenibilidad

económica para que sea factible y se pueda concretar, por lo que el impacto benéfico principal es la generación de más fuentes de trabajo, la utilización del compost en parques, vivero municipal y personas naturales que lo necesiten, al igual que personas que soliciten materiales reciclables para uso personal (no comercial); ahora para la autosostenibilidad podremos ver los beneficios al no comprar abono por parte de la comunidad para los parques, en los viveros se puede aumentar la producción generando más ingresos y eliminando la compra de abonos químicos, en cierto momento se puede llegar a la venta de compost en pequeña y gran escala de acuerdo a necesidad del mercado y por último el ingreso por la venta de materiales reciclables es considerable, pero al no ser uno de los alcances de esta investigación el analizar el mercado de éste no se han incluido.

En resumen, los costos que se adicionarán al presupuesto para el área medioambiental de la comuna, sin tomar en cuenta los ingresos y beneficios obtenidos serán los siguientes:

Tabla 0.33: Inversión total por manejo de desechos sólidos separados por parte de la Alcaldía Municipal de Nejapa en el primer año de implementación adicional a los costos actuales de operación.

<b>INVERSIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Materiales para creación de carretilla de recolección manual	\$ 604.00
Hidrolavadora	\$ 300.00
Equipo de seguridad área medioambiental de la alcaldía	\$ 3,329.60
Nave industrial para almacenamiento de materiales reciclables a separar	\$ 7,904.79
Equipo de seguridad industrial para personal de separación	\$ 2,160.00
Mesas de separación	\$ 2,700.00
Manejo de desechos orgánicos para compostaje	\$ 242,569.50
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 259,567.89</b>

Fuente: Elaboración propia.

Luego del primero año de implementación del proyecto, la inversión disminuiría quedando de la siguiente manera:



Tabla 0.34: Inversión total por manejo de desechos sólidos separados por parte de la Alcaldía Municipal de Nejapa en el segundo año en adelante adicional a los costos actuales de operación.

<b>INVERSIÓN</b>	<b>COSTO</b>
Equipo de seguridad área medioambiental de la alcaldía	\$ 3,329.60
Equipo de seguridad industrial para personal de separación	\$ 2,160.00
Diesel para retroexcavadora (para 1 año de utilización) jornada de 7h diarias consumo 2gal/hora)	\$ 15,288.00
Carpetas para orgánicos	\$ 3,503.70
Reparaciones y mantenimientos de retroexcavadora (costo anual promedio)	\$ 5,000.00
	<b>\$ 29,281.30</b>

Fuente: Elaboración propia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Unidad de Desechos Sólidos del AMSS-OPAMSS (UDS-OPAMSS). (2008). Estudio de Tiempos y Movimientos de Recolección de Residuos Sólidos en la Ciudad de Nejapa. San Salvador, El Salvador.

Uriel Ramos. (2006). Nejapa. San Salvador, El Salvador: Fondo de Inversión Social para el Desarrollo Local de El Salvador (FISDL). Obtenido de: <http://www.fisdsl.gob.sv/servicios/en-linea/ciudadano/conoce-tu-municipio/san-salvador/654-612>

MARN. (Mayo, 2010). Programa nacional para el manejo integral de los desechos sólidos de El Salvador. San Salvador, El Salvador

MARN. (Marzo, 2016). Copilación de Convenios y Tratados Internacionales en Materia Ambiental. San Salvador, El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Recuperado de <http://www.marn.gob.sv/descarga/compilacion-de-convenios-y-tratados-internacionales-en-materia-ambiental/>

## CAPÍTULO V

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Actualmente el manejo general de los desechos sólidos y su tratamiento es efectivo, tanto en su recolección como disposición final; pero se ha entendido que se puede obtener un provecho mayor a este material y ya no verlo como un gasto sino como materia prima. Explicando esto iniciamos con los desechos sólidos orgánicos, estos representan el 57.28% de los desechos totales generados por la población, si lo vemos desde la perspectiva de beneficio, utilizando este material tendríamos 8.20 Toneladas diarias de materia prima para compost que se puede utilizar para fertilizar siembras, promover huertos caseros en la población, disminuir la contaminación de los suelos y acuíferos por abonos químicos y una fuente de ingreso al comercializarse a empresas privadas y personas naturales que lo soliciten; cómo podemos ver se trata de un cambio de perspectiva. De esta misma manera tendríamos 5.33 toneladas diarias de desechos sólidos inorgánicos que se pueden reciclar, éstos dejarían de ir al relleno sanitario para comercializarse entre todos los compradores de reciclaje existentes en el país, vendiéndolo a precios competitivos y como adición disminuiríamos la depredación medioambiental por conseguir más material para la fabricación de bienes de uso humano reduciendo en gran medida la huella de carbono dejada

por la población, aumentando el nivel de vida de las generaciones actuales y futuras.

- Éste sistema de manejo de desechos sólidos plantea beneficios adicionales para todos los trabajadores del área medioambiental de la municipalidad y de la comunidad separadora, proveyendo de equipo de protección personal adecuado para las actividades realizadas y herramientas funcionales para desempeñar su trabajo. Además, se plantea la necesidad del apoyo de más personal en el área de separación de desechos sólidos reciclables que maneja la comunidad actualmente, debido a un aumento en la cantidad de material, generando más fuentes de empleos.
- Para la implementación de este modelo se requiere una inversión inicial alta pero alcanzable para el presupuesto otorgado a la municipalidad, luego del primer año con \$259,567.89 de inversión anual esta se reduce en un 88.71% pasando a \$29,281.30, estos valores se sumarán al presupuesto actual, pudiéndose cubrir con los ingresos generados por el mismo proyecto (ingresos no colocados por no corresponder en este estudio debido a los alcances planteados).
- El recorrido de las rutas de recolección actuales son efectivas por lo que se plantea una reducción de viajes nada más; así tenemos que cada ruta actualmente realiza un total de 12 viajes mensuales, que con nuestra propuesta se llegaría a 10 viajes, reduciéndose en un 16.7% por ruta y así aumentando su eficiencia; debiendo tomar en cuenta también que para el estudio e implementación de este proyecto se ha tomado la generación y

el nivel de recolección actual, no se ha incluido la expansión de la poblacional.

- El tamaño de la nave industrial para almacenar los desechos sólidos inorgánicos a separar para reciclaje se ha diseñado de acuerdo con la disponibilidad espacial del terreno proporcionado por la alcaldía de Nejapa; de la misma manera la separación de estos se ha diseñado y planeado de acuerdo al inmueble que se utiliza para este mismo fin por la comunidad de separadores.
- El compostaje de la materia orgánica se efectuará en los inmuebles que ya posee la municipalidad, las herramientas adicionales como la retroexcavadora podrán ser utilizado además en obras viales y construcciones varias que se desarrollen.
- El mejor comprador de material reciclable es el que se tiene más inmediato, siendo el contacto que tiene actualmente la comunidad de recicladores que laboran en los inmuebles de la municipalidad.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Para el buen desarrollo de este proyecto se deberá capacitar a todo el personal involucrado, desde los encargados de las operaciones hasta los auxiliares, siendo estas de manera periódica iniciando antes de la implementación y durante ésta.

- Es necesario un estudio de los beneficios totales que generará la implementación de este proyecto así generar datos exactos de la autosostenibilidad supuesta.
- Para la implementación del proyecto se debe hacer un estudio antes, en donde se verifique con datos concretos, que la población está separando los desechos efectivamente en su mayoría para un aprovechamiento máximo.
- Este proyecto debe ser un esfuerzo de toda la población local, dándolo a conocer a todos desde edades tempranas, por ejemplo en las escuelas desde primer grado hasta bachillerato mostrarles a los niños y adolescentes la importancia de la separación y los procesos que se hacen a partir de ella, detallándolo de manera que sea entendible para cada rango de edades, para que sepan el impacto que causan las acciones humanas pero que éstas se pueden reducir si entre todos colaboramos por un desarrollo sostenible.
- Es deber del gobierno central y subsecuentemente del MARN apoyar iniciativas que beneficien el medio ambiente paralelamente al bienestar poblacional, por lo que solicitar ayuda técnica y económica sería una opción recomendable.
- Las empresas privadas en su mayoría apoyan este tipo de iniciativas en gran medida, por lo que solicitar ayuda técnica y/o económica a estas entidades sería de mutuo beneficio.

- Otras entidades que pueden apoyar esta iniciativa son las ONG's y otras organizaciones internacionales que velan por el mejoramiento medioambiental.

## 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.

**Nivel 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.

**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.

**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.