

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN DENOMINADO:
“DISEÑO DE RUTA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS
URBANOS PARA LA ZONA SUR-ORIENTE DE LA CIUDAD DE
SANTA ANA”.**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:
CHACHAGUA DERAS, BRENDA MAGALI.
FIGUEROA SIGUENZA, JOSÉ MOISÉS.
RODRÍGUEZ CERÓN, SANDRA MARLENE.**

**DOCENTE DIRECTOR:
ING. CARLOS ARTURO RUANO SALAZAR**

**NOVIEMBRE, 2012
SANTA ANA, EL SALVADOR, CENTROAMERICA**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Ing. Mario Roberto Nieto Lovo

VICERRECTOR ACADÉMICO:

MSd. Ana María Glower de Alvarado

SECRETARIA GENERAL:

Dra. Ana Leticia Zavaleta de Amaya

FISCAL GENERAL:

Lic. Francisco Cruz Letona

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DECANO:

Lic. Raúl Ernesto Azcúnaga López

VICEDECANO:

Ing. William Virgilio Zamora Girón

SECRETARIO:

Lic. Víctor Hugo Merino Quezada

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA:

Ing. Soraya Lissette Barrera de García

COORDINADOR DE PROCESOS DE GRADO:

Ing. Mauricio García Eguizábal

SANTA ANA, NOVIEMBRE DE 2012

TRABAJO DE GRADUACIÓN APROBADO POR:

ING. CARLOS ARTURO RUANO SALAZAR.

DOCENTE DIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODO PODEROSO Y A MARIA AUXILIADORA:

Por haberme dado la sabiduría y la fortaleza para alcanzar este triunfo.

A MI MADRE Y HERMANO:

Por su cariño, su apoyo, su constante lucha y esfuerzo para que yo alcanzara este triunfo.

A MI PADRE (Q.D.D.G):

Por permanecer conmigo y guiarme.

A MIS ABUELOS:

Por su cariño tan especial y su confianza de siempre.

A MI HERMANA:

Por ser la persona más importante en mi vida y formación personal.

A MIS MAESTROS:

Por su comprensión y cariño durante mi carrera, especialmente a mi gran amigo y docente director **Ing. Carlos Arturo ruano**.

A TODOS MIS FAMILIARES Y AMIGOS:

Que de una u otra manera estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindado su apoyo incondicional.

A MI NOVIO:

Por ser mi motor y apoyo incondicional en este proceso.

Sandra Marlene Rodríguez Cerón.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO:

Sin El nada es posible.

A MIS PADRES:

Que con su esfuerzo, apoyo y amor siempre han estado ahí para mí, este logro es de ellos.

A MIS HERMANOS:

Que siempre me apoyan, uno de ellos desde el cielo.

A MIS AMIG@S:

Quienes de una u otra manera, me han brindado su apoyo.

A ESA PERSONA ESPECIAL:

Porque no ha dejado de creer en mí y su apoyo es incondicional.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:

Porque en este tiempo, más que relación de compañeros, fue una relación de amigos.

A NUESTRO DOCENTE ASESOR ING. CARLOS ARTURO RUANO:

De quien aprendimos mucho, nos supo orientar y nos brindo su apoyo.

Brenda Magali Chachagua Deras.

ÍNDICE GENERAL.

INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPITULO I GENERALIDADES.....	xix
ANTECEDENTES.....	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
JUSTIFICACIÓN.....	26
OBJETIVOS.....	29
ALCANCES.....	30
LIMITACIONES.....	31
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	32
2.1 Desechos sólidos urbanos.	33
2.1.1 Reseña histórica de los desechos sólidos urbanos.....	33
2.1.2 La problemática de los desechos sólidos	35
2.1.3 Clasificación de los desechos sólidos	36
2.1.4 Caracterización de los desechos sólidos.....	40
2.2 Aspectos legales.....	48
2.2.1 Política de desechos sólidos	48
2.2.2 Marco legal.....	50
2.3 Gestión integral de los desechos urbanos	51
2.3.1. Generación de los desechos sólidos urbanos	53
2.3.2 Almacenamiento y presentación de los desechos sólidos urbanos..	56
2.3.3 Recolección y transporte de los desechos sólidos urbanos	61
2.3.4. Tratamiento y disposición final de los desechos sólidos	72

2.3.5 Disposición final de los desechos sólidos urbanos.....	76
CAPITULO III SITUACIÓN ACTUAL DE GENERACIÓN Y TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS URBANOS EN LOS HOGARES DE LA ZONA SUR ORIENTE DE LA CIUDAD DE SANTA ANA.....	
3.1 Generalidades de la ciudad de Santa Ana.....	80
3.1.1 Generalidades de la zona Sur – Oriente de la Ciudad de Santa Ana...	83
3.2. Metodología utilizada para la investigación de la situación actual.	85
3.2.1. Selección de la muestra	92
3.3. Resultado de las encuestas dirigidas a los habitantes de la zona sur-oriente de la ciudad de Santa Ana.....	96
3.4 Análisis e interpretación de la información recopilada en la zona sur-oriente de la ciudad de Santa Ana.....	99
3.5. Análisis de resultados de la entrevista realizada al jefe de aseo urbano de la alcaldía municipal de Santa Ana.....	100
CAPITULO IV.....	
DISEÑO DE RUTA DE RECOLECCIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS URBANOS PARA LA ZONA SUR – ORIENTE DE LA CIUDAD DE SANTA ANA.	
4.1 Desarrollo de la metodología para el diseño de la ruta de recolección.....	104
4.1.1 Determinación de las variables que influyen en el diseño de rutas de recolección.	106
4.2 Diseño de macro rutas de recolección de desechos sólidos urbanos.....	115
4.2.1 Sectorización de la zona sur - oriente de la ciudad de Santa Ana	116
4.2.2 Descripción de sectores	118
4.2.3 Recorridos de macro rutas	124

4.3 Diseño de micro rutas de recolección de desechos sólidos urbanos.....	127
4.3.1 Reglas básicas para el diseño de rutas.....	127
4.3.2 Recorridos de micro rutas	129
4.3.3 Determinación de distancias de recolección para la zona sur oriente de la ciudad de Santa Ana	130
4.3.4 Elaboración de alternativas de micro ruta y selección de alternativa por sector.	131
CONCLUSIONES	199
RECOMENDACIONES	201
BIBLIOGRAFÍA.....	204
GLOSARIO	206
ANEXOS.....	210
Anexo 1.0.....	211
Población total, distribución porcentual, extensión territorial y densidad de población, según departamento. Censo 2007.....	211
Anexo 2.0.....	212
Población total por área de residencia, sexo, índice de masculinidad y porcentaje urbano, según departamento y municipio. Censo 2007.	212
Anexos 3.0.....	213
Encuesta dirigida a los habitantes de la zona sur oriente de la ciudad de Santa Ana.	213
Anexos 4.0.....	217
Instrumento de observación para colonias de la zona sur oriente de la ciudad de Santa Ana.....	217

Anexos 5.0.....	221
Instrumento de observación para colonias de la zona sur oriente de la ciudad de Santa Ana.....	221
Anexos 6.0.....	223
Leyes y Ordenanzas Municipales.....	223
Anexos 7.0.....	233
Tablas con nodos y distancias asignadas por sector.....	233
Anexos 8.0.....	242
Fichas de MIDES para equipos asignados para la zona y peso de los desechos recolectados.....	242

INDICE DE FIGURAS

ILUSTRACION 1. 1: Relación de las actividades entre los usuarios y el servicio público urbano.	52
ILUSTRACION 2. 1: Relación de las actividades entre los usuarios y el servicio público urbano.	52
ILUSTRACION 2. 2: Recipientes para la separación y almacenamiento de residuos sólidos domésticos.	55
ILUSTRACION 2. 3: Procesamiento manual de la materia orgánica en pilas para la producción de compost.	74
ILUSTRACION 3. 1: Mapa y Escudo de la Ciudad de Santa Ana.....	81
ILUSTRACION 4. 1: Generación per-cápita promedio por habitante por día para la zona de estudio.....	109
ILUSTRACION 4. 2: Sector 1.....	118
ILUSTRACION 4. 3: Sector 2.....	119
ILUSTRACION 4. 4 Sector 3.....	120
ILUSTRACION 4. 5: Sector 4.....	121
ILUSTRACION 4. 6: Sector 5.....	122
ILUSTRACION 4. 7: Sector 6.....	123
ILUSTRACION 4. 8: Recorrido de garage a inicio de micro ruta de Sector 1 .	125
ILUSTRACION 4. 9: Asignación de nodos en Sector 1	132

ILUSTRACION 4. 10: Asignación de nodos en Sector 2	138
ILUSTRACION 4. 11: Asignación de nodos en Sector 3 parte 1	145
ILUSTRACION 4. 12: Asignación de nodos en Sector 3 parte 2	146
ILUSTRACION 4. 13: Asignación de nodos en Sector 4 parte 1	158
ILUSTRACION 4. 14: Asignación de nodos en Sector 4 parte 2	159
ILUSTRACION 4. 15: Asignación de nodos en Sector 4 parte 3	160
ILUSTRACION 4. 16: Asignación de nodos en Sector 5 parte 1.	175
ILUSTRACION 4. 17: Asignación de nodos en Sector 5 parte 2.	176
ILUSTRACION 4. 18 Asignación de nodos en Sector 5 parte 3.	177
ILUSTRACION 4. 19: Asignación de nodos en Sector 6 parte 1	189
ILUSTRACION 4. 20: Asignación de nodos en Sector 6 parte 2	190

INDICE DE TABLAS

TABLA 2. 1: Ventajas y desventajas de los recipientes utilizados para almacenaje de desechos.	59
TABLA 2. 2: Ventajas y desventajas de las cajas Rotativas.	68
TABLA 2. 3: Proceso de desarrollo de métodos de disposición final en ciudades en desarrollo.	78
TABLA 3. 1: Calculo de la densidad poblacional por cada sub – zona.	96
TABLA 3. 2: Tabla resumen de resultado de encuestas dirigida a habitantes de la zona Sur – Oriente de la Ciudad de Santa Ana.	99
TABLA 4. 1: Factores que influyen en el diseño de rutas.	104
TABLA 4. 2: Generación per cápita de la zona Sur – Oriente de la Ciudad de Santa Ana.	108
TABLA 4. 3: Factores de frecuencia de recolección.	110
TABLA 4. 4: Equipos asignados por día.	111
TABLA 4. 5: Tabla comparativa de capacidad útil de recolección por equipo.	112
TABLA 4. 6: Sectorización de Zona Sur Oriente de la Ciudad de Santa Ana.	117
TABLA 4. 7: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 1	118
TABLA 4. 8: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 2	119
TABLA 4. 9: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 3	120

TABLA 4. 10: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 4	121
TABLA 4. 11: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 5	122
TABLA 4. 12: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 6	123
TABLA 4. 13: Resumen de recorridos de garage a micro ruta de sector 1	126
TABLA 4. 14: Resumen de recorridos de micro ruta de cada sector a relleno sanitario.	126
TABLA 4. 15: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar por sector.	130
TABLA 4. 16: Alternativa 1 de micro ruta para sector 1	133
TABLA 4. 17: Alternativa 2 de micro ruta para sector 1	134
TABLA 4. 18: Descripción de recorridos para sector 1	135
TABLA 4. 19: Actividades asignadas para alternativas del sector 1	136
TABLA 4. 20: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 1	137
TABLA 4. 21: Alternativa 1 de micro ruta para sector 2	140
TABLA 4. 22: Alternativa 2 de micro ruta para sector 2	141
TABLA 4. 23: Descripción de recorridos para sector 2	142
TABLA 4. 24: Actividades asignadas para alternativas del sector 2	143
TABLA 4. 25: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 2	143
TABLA 4. 26: Alternativa 1 de micro ruta para sector 3.	150
TABLA 4. 27: Alternativa 2 de micro ruta para sector 3.	155
TABLA 4. 28: Descripción de recorridos para sector 3.	155

TABLA 4. 29: Actividades asignadas para alternativas del sector 3	156
TABLA 4. 30: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 3.	157
TABLA 4. 31: Alternativa 1 de micro ruta para sector 4	165
TABLA 4. 32: Alternativa 2 de micro ruta para sector 4	171
TABLA 4. 33: Descripción de recorridos para sector 4	172
TABLA 4. 34: Actividades asignadas para alternativas del sector 4	173
TABLA 4. 35: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 4	174
TABLA 4. 36: Alternativa 1 de micro ruta para sector 5	181
TABLA 4. 37: Alternativa 2 de micro ruta para sector 5	185
TABLA 4. 38: Descripción de recorridos para sector 5	186
TABLA 4. 39: Actividades asignadas para alternativas del sector 5	187
TABLA 4. 40: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 5	188
TABLA 4. 41: Alternativa 1 de micro ruta para sector 6.	193
TABLA 4. 42: Alternativa 2 de micro ruta para sector 6.	195
TABLA 4. 43: Descripción de recorridos para sector 6	196
TABLA 4. 44: Actividades asignadas para alternativas del sector 6	197
TABLA 4. 45: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 6	197

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

DSU: Desechos sólidos urbanos.

RSU: Residuos sólidos urbanos.

RSM: Residuos sólidos municipales.

DS: Desechos sólidos.

NMX: Norma Mexicana.

Eq.: Equipo.

Prom.: Promedio.

Hab.: Habitantes.

GPP: Generación per cápita promedio.

INTRODUCCIÓN

En toda ciudad, un objetivo primordial de la municipalidad es proporcionar bienestar a los ciudadanos, por lo que debe existir una administración adecuada de los recursos naturales, humanos y económicos, de tal manera que de cumplimiento a sus obligaciones por medio de la prestación de los servicios públicos correspondientes, uno de estos es el servicio de recolección de los desechos generados los habitantes de la población, como resultado de la mayor parte de las actividades realizadas por los habitantes de la ciudad, siendo esta de gran importancia, pues de lo contrario puede ocasionar daños en la salud y en el entorno.

La ciudad de Santa Ana está creciendo, al igual que la cantidad de desperdicios generados por sus habitantes, esto tomando en cuenta que la generación de desechos sólidos es directamente proporcional al incremento en la población. Desechos que pueden ser clasificados por su origen como derivados de las actividades urbanas y se definen como cualquier basura, desperdicio o material descartable, sólido o semisólido que una vez utilizado carece de valor de recuperación para el actual poseedor y se convierte en indeseable para el generador (según su cultura), representando un riesgo.

La correcta y oportuna recolección de los desechos sólidos urbanos es de vital importancia, ya que de esta forma se pueden disminuir los posibles focos de infección causantes de diversas enfermedades que afectan a los habitantes, dicha tarea se encuentra bajo la responsabilidad de la Alcaldía municipal.

La presente investigación, pretende contribuir a la reducción en la acumulación de desechos, por medio del diseño de una ruta de recolección de desechos sólidos urbanos para la zona sur-oriente de la ciudad de Santa Ana.

El capítulo I trata sobre las generalidades de la investigación, los antecedentes, el planteamiento del problema, la justificación, los objetivos de la

investigación, los antecedentes, luego se exponen los alcances y limitaciones de la investigación y a continuación se describe la metodología que se seguirá a lo largo del trabajo de grado.

En el capítulo II se detalla el Marco teórico, en el cual se detallan documentos en los cuales se ha tratado el problema investigado. Las generalidades de los desechos sólidos, los aspectos legales del mismo, así como también la gestión de desechos sólidos urbanos.

En el capítulo III se describe la situación actual de la generación y recolección de desechos sólidos en la zona estudiada, se detallan los siguientes aspectos: generalidades de la zona investigada, metodología utilizada para la investigación de la situación actual, selección de la muestra, resultado y el análisis e interpretación de la información recolectada en la zona de estudio.

En el capítulo IV expone y detalla la metodología a seguir en el diseño de la ruta de desechos sólidos propuesta para la zona Sur – Oriente de la Ciudad de Santa Ana, esto incluye la determinación de las variables que influyen en el diseño, la sectorización y las rutas específicas de cada sector

Por último, el capítulo V expone las conclusiones a las que se llegue con la realización del estudio, así como las recomendaciones con respecto a la temática.

CAPITULO I

GENERALIDADES

ANTECEDENTES

El sistema de recolección de los desechos sólidos de origen domiciliar y comercial urbano, ha correspondido a las municipalidades respectivas a través de los diferentes períodos, en el sector rural deshacerse de estos desechos, ha corrido por cuenta y riesgo propio de los pobladores; en cuanto a la incineración que se ha efectuado comúnmente en el campo, no ha sido muy recomendable, ya que esto ha contribuido grandemente a la contaminación de la atmosfera.

Se estima que en las áreas urbanas del país se generaron 3186.97 toneladas de desechos por día, concentrándose el 82.79% de la producción en los departamentos de San Salvador (1768.78 ton), La Libertad (368.19 ton), Santa Ana (270.56 ton) y San Miguel (231.01 ton)¹. El departamento de Santa Ana ocupa el tercer lugar de la lista y el 80% de los desechos sólidos generados son atribuidos a la zona urbana del municipio.

¹ ECOTRANS S.A. de C.V. (2006). Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales, Generación de Desechos Sólidos, San Salvador.

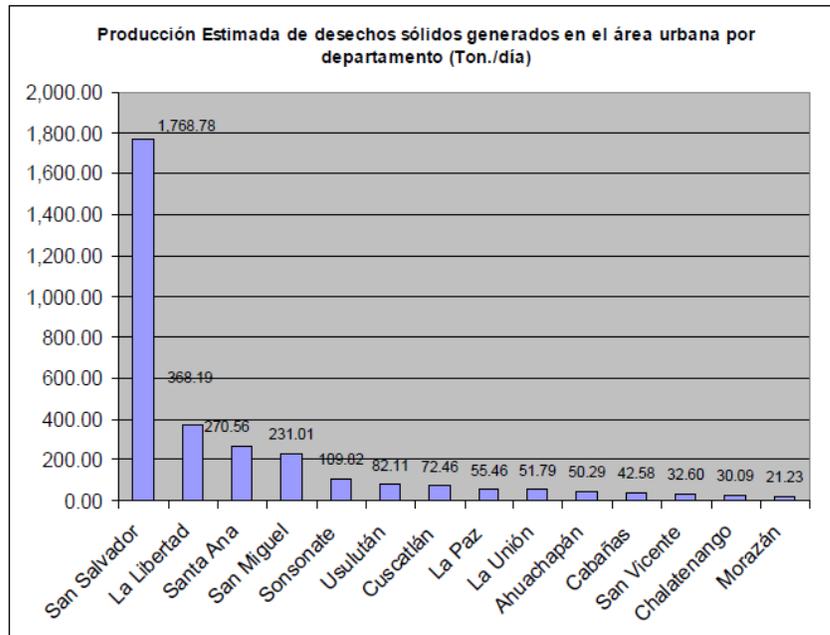


Figura 1.1: Producción estimada de desechos generados en el área urbana por departamento.

La recolección de los desechos sólidos en la ciudad de Santa Ana, tuvo su inicio a finales de la década de los cincuenta, cuando se instauró la recolección de basura a través de carretas tiradas por bueyes por rutas establecidas; en este caso el barrido de calles y la recolección de estos desechos corría a cuenta de los ciudadanos².

En la década de los sesenta, los primeros trabajadores municipales implementaron el recoger los residuos de las vías públicas urbanas mediante el barrido manual; para el inicio de los setenta se inauguró el botadero municipal, se continuó con el sistema manual y se agregó un sistema mecánico que consistió en camiones especializados para tal fin; el procedimiento se iniciaba

² Argueta Jacinto, Silvia Lorena. Escobar Menjivar, Claudia Guadalupe. Umaña Ordoñez, Patricia Elizabeth. (julio de 2004). "Proyecto de Creación de una empresa de recolección de desechos sólidos para la zona Norte de la Ciudad de Santa Ana. Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

en ese entonces con la recolección de la basura por calles, para luego ser recolectados en promontorios específicos o lugares señalados para tal efecto.

Este proceso se modernizó grandemente en los ochenta y los noventa, recogiendo los desechos en su lugar de origen, mediante la definición de las colonias, las calles y avenidas por las que las unidades recolectoras realizan su recorrido, con un horario y frecuencia especificado y variado a conveniencia.

El procedimiento que sigue actualmente el sistema público municipal es:

Una vez generados los residuos sólidos por cada uno de los ciudadanos, se procede a su almacenamiento, etapa que se refiere a la acción de retener los desechos sólidos en un recipiente seguro y adecuado, en espera de ser recolectado por el servicio de recolección de la municipalidad. Este elemento reúne todas las actividades relacionadas con la disposición de los residuos sólidos en el lugar de origen o generación.

Posteriormente, el ciudadano espera que pase el camión recolector, el cual, hace su recorrido con un horario entre 5:00 am y 6:00 pm por las calles y avenidas de la ciudad y con la frecuencia especificada que por lo general es 3 veces por semana, para llevarse los desechos al relleno sanitario sin ningún tipo de clasificación.

Los trabajadores de la alcaldía municipal salen en dos turnos predeterminados (uno por la mañana y el otro por la tarde) y recogen la basura de forma manual por las calles y avenidas, realizando este proceso con mayor frecuencia en los lugares de concentración pública y actividad comercial. Actualmente los desechos son transportados al relleno sanitario MIDES Nejapa.

La creación de botaderos clandestinos, se debe fundamentalmente a la falta de conocimiento por parte de la ciudadanía respecto al tratamiento que se le debe dar a los desechos luego de su generación.

La falta en el cumplimiento de leyes y reglamentos referentes a botaderos abiertos clandestinamente, aumentan los problemas de eliminación de desechos.

En Santa Ana, el manejo de la basura no posee selección alguna, lo que no permite reciclar los materiales y su mala disposición contamina las aguas subterráneas y medio ambiente, provocando la proliferación de insectos y roedores, incrementando la insalubridad y deterioro del área donde tiene lugar esta situación.

En la actualidad, para la prestación del servicio de recolección de desechos sólidos urbanos se cuenta con: 18 camiones recolectores, entre ellos 8 compactadores en uso, 4 compactadores nuevos y 6 camiones de cama abierta.

Tomando en cuenta que Santa Ana tiene una extensión territorial de aproximadamente 21,040.2 Km² (Ver Anexo 1.0) y que según: el “VI Censo de Población y V de Vivienda 2007”, cuenta con una población de 523,555 habitantes, de los cuales 204,340 habitantes se concentran en el área urbana del municipio de Santa Ana (Ver Anexo 2.0), siendo esta, la principal generadora de desechos sólidos del departamento, lo cual hace evidente la enorme necesidad de planificar una serie de actividades que estén encaminadas a resolver el problema existente con la recolección de desechos sólidos, por medio de una propuesta donde se defina la mejor ruta de tal manera el servicio cuente con la mayor cobertura.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, la ciudad de Santa Ana ha experimentado un aumento en la población, dando como resultado una expansión desordenada del espacio físico que ocupa la ciudad, esto debido a la utilización de un diseño horizontal en las construcciones habitacionales, ocasionando hacinamiento y utilización de pasajes, lo cual provoca problemas en la recolección de los desechos sólidos, puesto que esto representa un obstáculo para poder llegar hasta el punto donde se genera el desperdicio. Además, la cantidad de desperdicios generados se ha incrementada diversas razones, tales como: los cambios en los patrones de consumo de los ciudadanos, la gran variedad de productos que actualmente se ofrecen en el mercado y a los diseños que estos tienen, ya que no contribuyen a preservar el medio ambiente, pues sus desechos en su mayoría no son biodegradables.

El mal manejo de los desechos sólidos por parte de los pobladores son las causantes principales de enfermedades gastrointestinales, oculares, infecciones respiratorias agudas, enfermedades de la piel y parasitarias. A demás de otros impactos negativos en el medio ambiente, entre los que se destacan: la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, malos olores y contaminación por humo en los casos donde los desechos sólidos son quemados

El gobierno local es entidad responsable de administrar la recolección de los desechos, llevándolas a cabo, ya sea con sus propios medios o por medios privados, a través de las tasas municipales que los habitantes pagan, por lo que uno de los grandes retos a los que se enfrenta es: La modernización en la prestación del servicio de recolección, manejo y disposición final de los desechos sólidos generados en la misma.

En las ciudades de América Latina, generalmente se utilizan camiones recolectores compactadores importados para la recolección de basura, lo que da lugar a muchos problemas de mantenimiento y reparación por falta de repuestos y accesorios en el país³. Por lo tanto, es imprescindible una mejora del rendimiento en el uso de dichos equipos, siendo el diseño de las rutas de recolección de basura uno de los caminos para alcanzar esta meta.

Como respuesta a lo planteado anteriormente, se pretende colaborar en el esfuerzo de la recolección de los desechos sólidos urbanos, mediante la realización de un estudio que contenga una metodología que sirva como modelo para el diseño de rutas de recolección, para que sea utilizado por la municipalidad o por una empresa privada interesada.

³ Instituto Nacional de Desarrollo Municipal (2001). Diseño de Rutas de Recolección. El Salvador.

JUSTIFICACIÓN

La ciudad de Santa Ana ha experimentado un crecimiento desordenado en el número de habitantes, esto debido a la emigración de las personas que viven en zonas rurales o aledañas y deciden hacer de la ciudad su lugar de residencia, en algunos casos es porque consideran que las condiciones de vida son más favorables, por ejemplo: Hay diversidad de ofertas educativas, más oportunidades de empleo y mayor accesibilidad para transportarse a sus trabajos o centros de estudio, dentro o fuera de la ciudad, todo esto conlleva a una serie de problemas para la población y el gobierno local, ya que contribuye al incremento en la generación de desechos sólidos urbanos y por lo tanto obliga a la municipalidad a contar con los servicios que permitan recolectarlos.

La oferta y consumo de productos es grande y variada, como resultado de ello, los desperdicios generados son en gran porcentaje residuos sólidos no biodegradables. Lo cual agrava la situación del saneamiento básico y degradación de los recursos naturales.

Santa Ana cuenta con 2,023.2 Km² y con una población de 523,555 habitantes, de los cuales 204,340 habitantes se concentran en el área urbana⁴.

Por ello se dividió la ciudad en cuatro zonas de la siguiente manera a partir del centro de la misma:

Zona Nor-Oriente: Avenida Independencia Norte y Calle Libertad Oriente.

Zona Nor-Poniente: Avenida Independencia Norte y Calle Libertad Poniente.

⁴ Ministerio de Economía. División General de Estadísticas y Censos (2008). VI Censo Nacional de Y V de Vivienda 2007. "Población total por área de residencia, sexo, índice de masculinidad y porcentaje urbano, según departamento y municipio". (El Salvador).

Zona Sur-Oriente: Avenida Independencia Sur y Calle Libertad Oriente.

Zona Sur-Poniente: Avenida Independencia Sur y Calle Libertad Poniente.

Dado que el equipo investigador cuenta con limitantes como: tiempo, recurso humano y recurso económicos, y debido a la complejidad que tiene realizar el estudio en toda la ciudad, se escogió únicamente una de las cuatro zonas, tomando en cuenta que se sentarán las bases para que estudiantes universitarios puedan en un futuro retomar el estudio y continuar con la cobertura de total la Ciudad de Santa Ana.

Se seleccionó la zona Sur-Oriente de la Ciudad, debido a que es una zona habitacional atractiva y que posee fácil acceso a centros comerciales, hospitalarios y de estudio, además que cuenta con gran extensión territorial disponible para la expansión de la zona de habitación. Esta se delimitó tomando en cuenta su límite natural que es el Boulevard los 44, incluyendo las colonias aledañas importantes, tanto por su extensión como por la cantidad de personas que en ellas habitan, tales como: Barrio El Ángel, Urbanización Jardines del Rocío, Colonia Piramidal y Urbanización Bella Santa Ana.

Para reducir los efectos negativos de la generación desorganizada de desechos sólidos en la zona urbana, tales como: acumulación de desechos en los hogares, botaderos de basura clandestinos, basura en las calles, contaminación de suelo, vectores de infección, condiciones insalubres, etc. se diseñará una ruta de recolección, utilizando como base un estudio técnico que incluirá una metodología para el diseño de la misma, tomando como caso práctico la zona sur- oriente de la Ciudad de Santa Ana, para que pueda ser utilizado por las entidades de gobierno locales o municipales encargadas de la recolección, así como empresas privadas.

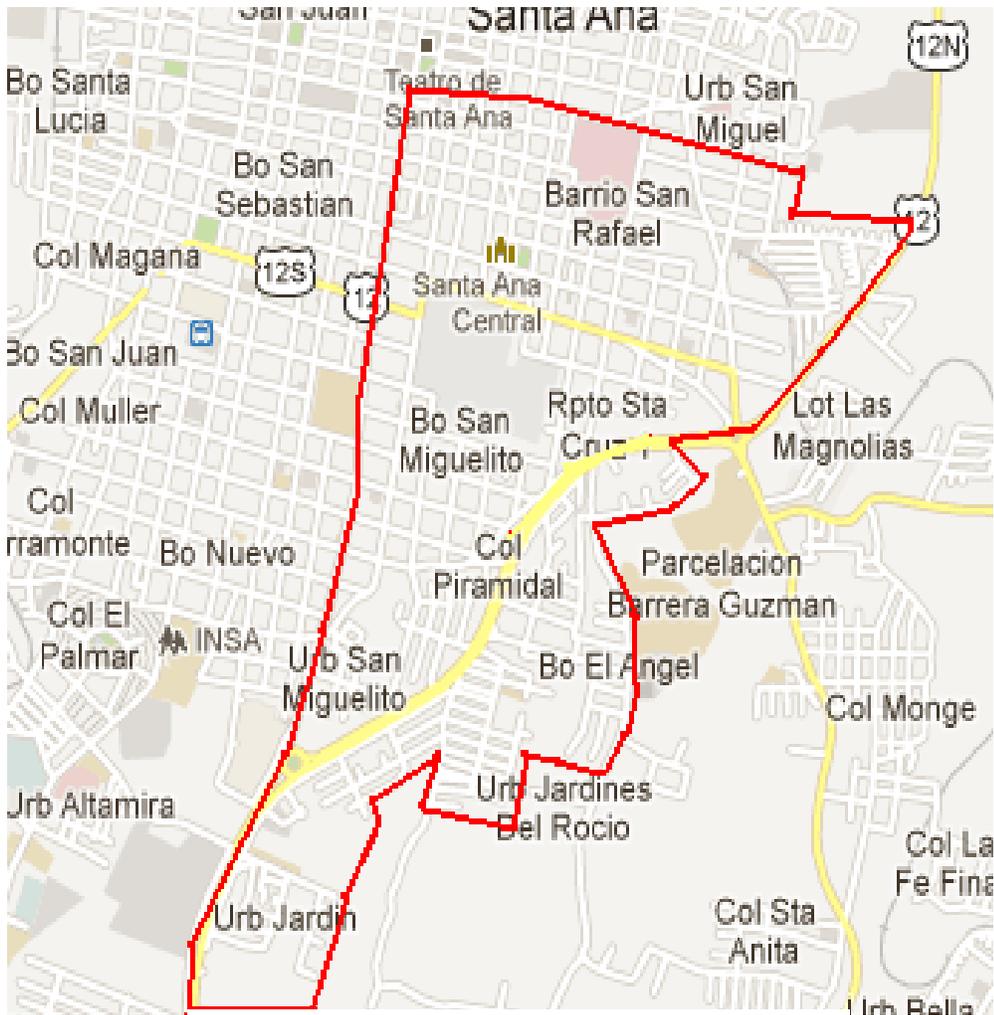


Figura 1.2: Área de estudio – Zona Sur-Oriente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ⊙ Diseñar una ruta de recolección de desechos sólidos urbanos para la zona sur- oriente de la Ciudad de Santa Ana.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ⊙ Proponer una metodología para el diseño de rutas de recolección que se adecuen a las condiciones de la zona.
- ⊙ Determinar las variables que intervienen en el diseño de la ruta de recolección de desechos sólidos urbanos, por medio de una investigación de campo realizada en la zona de estudio.
- ⊙ Dividir en sectores la zona sur-oriente de la Ciudad de Santa Ana tomando en cuenta los parámetros de sectorización establecidos en metodología de diseño de rutas.
- ⊙ Recomendar la forma más adecuada en la que los habitantes deben poner a disposición de los desechos para su recolección.

ALCANCES

- ⊙ La ruta será diseñada específicamente para la zona Sur-Oriente de la Ciudad de Santa Ana.

- ⊙ El diseño de la ruta estará basado en la distribución urbana actual de la zona de estudio.

- ⊙ El estudio estará dirigido a la recolección de los desechos sólidos urbanos domiciliarios.

- ⊙ La ruta será diseñada tomando en cuenta como punto de disposición final de los desechos sólidos urbanos, el relleno sanitario en proceso de construcción que se encuentra ubicado en el Caserío El Zompopo, municipio de Texistepeque.

- ⊙ Para el diseño de la ruta no se tomarán en cuenta los tiempos atribuidos a la recolección.

- ⊙ El diseño de la ruta no tomará en cuenta los ajustes de domingo, por lo que la ruta será aplicable solamente para miércoles y viernes o jueves y sábado.

LIMITACIONES

- ⊙ Tiempo limitado del equipo de trabajo para realizar la investigación de campo.
- ⊙ Falta de disposición de los habitantes de la zona para colaborar con la investigación.
- ⊙ Las calles de la ciudad en su mayoría son estrechas, a demás gran parte de ellas se encuentran en mal estado.
- ⊙ Debido a la falta de información específica de la zona, el número de habitantes, al igual que los sentidos de las calles se determinarán manualmente.
- ⊙ La propuesta de rutas para la recolección incluirá solamente direcciones y sentidos basándose en la red vial existente a la fecha.

CAPITULO II

MARCO

TEÓRICO

2.1 Desechos sólidos urbanos.

2.1.1 Reseña histórica de los desechos sólidos urbanos.

Evolución de la gestión de los desechos sólidos en los últimos 10 años

Como parte de la evolución de los desechos sólidos, se encuentran la formación de microempresas, haciendo su aparición formal en el ámbito nacional, con la concesión del servicio de recolección en la ciudad de San Miguel en el año 1995, cuando este municipio transfirió los equipos a los empleados para que formaran microempresas y que atendieran las zonas de recolección.

Para el año de 1997, el Área Metropolitana de San Salvador, con un proyecto denominado "Manejo Integral de Desechos Sólidos", inicia un proceso de conversaciones con diferentes empresas, que mostraron su interés en invertir especialmente en la disposición final, proceso que se extendió hasta finales de 1997, culminando en la firma de un convenio con una empresa canadiense, finalmente como producto de dicho esfuerzo se conforma una empresa de sistema mixto denominada MIDES SEM de CV; con un 90% de capital privado y un 10% de capital municipal. A esta empresa se le encomienda en concesión el tratamiento final de los desechos sólidos por 20 años.

Para el año 1998, en un esfuerzo conjunto del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y la Organización Panamericana de la Salud, elaboraron el estudio "Análisis Sectorial de los Desechos Sólidos" (agosto de 1998), documento que en los últimos años ha sido la guía en materia de desechos sólidos, siendo éste el primer esfuerzo a escala nacional de recopilación de

información en el ámbito de país. Algunas inferencias del estudio se han ido actualizando, especialmente en lo que se refiere a las cifras de producción per cápita, debido a que las investigaciones de campo subsiguientes han ido demostrando que los datos de campo difieren significativamente de ésta. Sin embargo, en su gran mayoría la información recopilada en dicho análisis sigue teniendo validez.

En el año 1999, el MARN, a través de la Universidad Don Bosco, y con financiamiento internacional, llevaron adelante un estudio denominado SIGA, que contempla también, en uno de sus componentes investigados, los desechos sólidos que trasciende a la evaluación de campo, con lo que se va forjando la metodología sugerida para investigación de campo, ya que toma un municipio pequeño "Nuevo Cuscatlán" como piloto, para aplicar las metodologías de obtención de información tal como caracterización y producción per cápita, que definen claramente una metodología práctica de aplicación y que posteriormente recomienda el MARN sea utilizada para los estudios de análisis de desechos sólidos.

En 1999 se inaugura y entra en funcionamiento el relleno sanitario del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) denominado Relleno Sanitario de Nejapa, operado por la empresa MIDES SEM DE CV. En ese mismo marco los municipios participantes abren espacios para que microempresas prioritariamente formadas por los ex-pepenadores que trabajaban en el anterior sitio de disposición llamado Mariona, participen en barrido de calles o servicios de recolección, este último en aquellos lugares de difícil acceso para el sistema tradicional, ampliando la cobertura especialmente en las comunidades denominadas zonas marginales o en vías de desarrollo.

Para el año 2002, la Agencia de Cooperación Alemana GTZ, en un esfuerzo conjunto con la Corporación de Municipalidades de la República de El Salvador COMURES, y el MARN, financió la realización de un estudio que

localiza 12 sitios potenciales para la instalación de rellenos sanitarios regionales, que cubren las cuatro regiones en que está dividido El Salvador por algunas instituciones (Occidental, Central, Paracentral y Oriental).

Desde el año 2000, la OPS ha asistido al país en la capacitación técnica de personal profesional del ámbito municipal y del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social en materia de selección de sitios para rellenos sanitarios, el diseño de los mismos, y los aspectos de operación y mantenimiento. Más de 20 profesionales nacionales están ya capacitados en estas disciplinas.

Además, a través de OPS se han elaborado los diseños de los rellenos sanitarios de Perquín y Suchitoto, brindándose asesoría técnica en la verificación del cumplimiento de las normas de los sitios escogidos, la fase constructiva, operación y mantenimiento.

Durante el 2003, iniciaron operaciones en el relleno sanitario manual de San Francisco Menéndez, departamento de Ahuachapán, y el Relleno Manual de Perquín, Departamento de Morazán, ambos con administración municipal.

2.1.2 La problemática de los desechos sólidos

Análisis de la calidad y cobertura de los servicios de recolección, transporte y disposición final en núcleos poblacionales, grandes, medianos y pequeños

A principios de la década del 90, 132 municipios de los 262 brindaban el servicio de recolección, ya para inicios de la primera década del siglo XXI, se ve incrementada la prestación del servicio a 182 municipios.

Conforme a esta información para el año 2000, El Salvador cuenta con una cobertura urbana de recolección de 73.72%, que a su vez representa 2,496,581 habitantes que si se compara con la población total de 6,276,049 habitantes, se desciende a 39.78%, sin embargo el problema sanitario de mayor incidencia causado por la ausencia de recolección es en las áreas urbanas, que comparado con el rango aceptable de 85% a 100%, definido para áreas urbanas, se puede afirmar que se está muy cerca de alcanzar ese nivel.

2.1.3 Clasificación de los desechos sólidos

Los desechos sólidos se clasifican de acuerdo a sus características, según su origen en la producción, por el tipo y constitución, por el tiempo que sus materiales tardan en descomponerse ó degradarse; a continuación veremos más a fondo en qué consiste cada una de estas clasificaciones.

Clasificación por sus características

- a) Desechos comunes: son aquellos que debido a su naturaleza no presentan un riesgo significativo para la salud humana, animal o al medio ambiente, éstos incluyen al papel, cartón, restos de alimentos y plantas, plásticos.
- b) Los desechos peligrosos: son aquellos que tienen características físicas, químicas o infecciosas, como las siguientes: corrosivas, reactivas, radioactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y con actividad biológica, que por su cantidad y concentración producen incapacidades temporales o enfermedades serias a veces irreversibles, ejemplos de ellos son:

ácidos y bases fuertes, solventes, materiales radioactivos, desechos de tintas, metales pesados, pinturas, baterías o pilas.

Clasificación según su origen en la producción

- a) Domiciliares ó domésticos: que son los producidos en el hogar.
 - b) Industriales: como producto de transformación de materia prima en los procesos productivos y aunque no contamos con industria pesada siempre se generan sustancias tóxicas incluyendo metales pesados como: plomo, mercurio, zinc, cobre, arsénico bromo, cromo, además de hidrocarburos derivados del petróleo y compuestos de cloro.
 - c) Agroindustriales y agropecuarios: de gran importancia por sus efectos perjudiciales, por ejemplo las aguas mieles de los beneficios de café, los desechos orgánicos de agroquímicos de ingenios azucareros, los desechos de las fincas ganaderas (químicos, estiércol), granjas de pollos y de cerdos, botes de agroquímicos cuya contaminación afecta grandemente la salud de las personas.
 - d) Comerciales: los producidos en establecimientos como restaurantes, mercados, almacenes, hoteles.
 - e) Institucionales: producidos en oficinas, centros educativos, militares, etc.
 - f) Hospitalarios: estos pueden ser comunes, peligrosos y especiales.
- Comunes: debido a su naturaleza no presentan un riesgo significativo a la salud, estos pueden ser papel, cartón, restos de alimentos, plantas y plásticos.
 - Peligrosos: tienen precedencia medica biomédica o clínicas por lo que también se conocen como bioinfecciosas ya que son generados durante las

diferentes etapas de atención a la salud y representan diferentes niveles de peligro potencial por que poseen agentes patógenos y por tanto transmiten enfermedades y se encuentran en:

- Desechos de laboratorio: como materiales de cultivo, vacunas vencidas, muestra de tejidos infectados, instrumentos contaminados: jeringas, todo lo cual constituye 15% infeccioso.
- Restos anatómicos: como vísceras, sangre.
- Corto punzantes: como agujas, bisturí que constituye el 1% de todos los desechos infecciosos.
- Desechos de áreas críticas: por ejemplo de salas de cirugía: gasas, apósitos, guantes, tubos, catéteres.
- Desechos de investigación: como cadáveres o partes de animales contaminados en laboratorios, industrias de productos biológicos, farmacéuticos, veterinarios.
- Desechos especiales: (aunque son hospitalarios también pueden ser producidos en algunas industrias) son los generados en los servicios de diagnóstico y tratamiento hospitalario constituyendo el 4% de desechos. Estos son:

a) Desechos químicos: tóxicos, corrosivos, explosivos. En el caso de placas radiográficas, productos de revelado, pilas, baterías, sustancias envasadas a presión, así como químicos de laboratorios, alcohol butílico, eterdietilicos, formaldehido, alcohol etílico, pentano, propanol, xileno, heptano.

b) Desechos radioactivos: contienen desechos que emiten partículas o radiaciones generalmente en servicios de medicina nuclear y radiología como por ejemplo: carbono 14, cromo 59, cobalto 57 y 64, Yodo 125, Talio 204, Cesio 137.

- c) Los desechos farmacéuticos que son residuos de medicamentos vencidos especialmente antibióticos y anti cancerígenos. Existen otros desechos peligrosos muy especiales y que necesitan un manejo muy particular por su gran tamaño como los contenedores presurizados, maquina, y fármacos vencidos.

Clasificación por el tipo y constitución

- a) Orgánicos: que provienen de materia viva como restos de alimentos, plantas; muchos de estos son los elegibles para utilizarse en la fabricación de mejoradores de suelo, abono orgánico o composta; papel, que representa una tercera parte de la bolsa de basura aunque de fácil reciclaje su demanda obliga a talar miles de árboles.
- b) Inorgánicos: formados por materia inerte como el vidrio el cual puede reutilizarse muchísimas veces antes de su reciclaje ya que de todas maneras su procesamiento aun temprano, gasta energía y contamina y contamina, los plásticas como bolsa, envoltorio, y envases que se fabrican a partir del petróleo, un recurso natral no renovable y lo0s metales como hierro y el aluminio que se procesan a altas temperaturas generando una contaminación térmica.

Uno de los productos altamente contaminados son los “bricks” esos envases atractivos de leches, vinos y jugos constituidos por capas finas de celulosa, aluminio y plástico (polietileno) por lo que hay una alta dificultad de separación, lo que impide su reciclaje.

Así mismo los envases de aluminio de un solo uso se fabrican a partir de la bauxita otro recurso no renovable y cuyo proceso es altamente contaminante pues se produce dióxido de azufre (O₂S) y otros vapores que contaminan la atmosfera y producen la lluvia ácida que destruye cultivos y es nociva para la salud humana.

Clasificación de desechos por el tiempo de descomposición

En la naturaleza de desechos se degradan por acción de los microorganismos como bacterias y hongos. Por ello los identificamos así:

- a) Biodegradables: los cuales se descomponen en un tiempo relativamente corto que puede durar desde unos días a meses como por ejemplo los desechos orgánicos (plantas, animales).
- b) No biodegradables: que son difíciles de degradarse y su descomposición varía desde unos pocos años a cientos de años tal como es el caso de una lata cuya descomposición puede durar 10 años y los diferentes tipos de plástico cuyo proceso puede tardar de 100 a 1000 años. Aquí se incluyen algunas partes de automóviles, los electrodomésticos y basura electrónica de corta vida sin contar que muchas de sus partes pueden ser tóxicas llegando a la categoría de residuos peligrosos tales como los metales pesados de mercurio, cadmio, plomo, y cromo.

2.1.4 Caracterización de los desechos sólidos

Los estudios de caracterización son útiles para obtener información confiable sobre la cantidad y composición de los residuos, que nos permite hacer las proyecciones necesarias para la planificación de un sistema de recolección de los residuos en una comunidad urbana.⁵

Algunos métodos de caracterización evalúan los residuos en la disposición final, ya mezclados y compactados, otros se han aplicado desde la

⁵ Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. Runfola, J.; Gallardo, A. 2009

fuente de generación, también se han aplicado métodos de caracterización en las plantas clasificadoras.

Existen diversas metodologías de caracterización aplicadas en cada región y país con diferentes criterios de muestreo y parámetros, que se adaptan a las necesidades de cada caso. El objetivo del estudio es la revisión comparativa de las diferentes metodologías de caracterización de los residuos sólidos urbanos aplicadas para diseñar en el futuro una metodología estandarizada que se pueda adaptar a las necesidades presupuestarias, de exactitud y referencia, que pueda ser aplicable a las condiciones de cualquier comunidad.

Se realizó una revisión exhaustiva de conceptos, normas de caracterización, metodologías de algunos organismos oficiales, propuestas metodológicas hechas por algunos investigadores y metodologías aplicadas en algunos estudios de caracterización de residuos sólidos urbanos.

De acuerdo a la revisión realizada, se observa que no hay una metodología de caracterización general o estándar, con diversos criterios de muestreo y precisión, que hacen que no se disponga de un patrón de referencia a nivel local, regional e internacional.

La realización de la caracterización de los residuos sólidos urbanos es importante para muchos de los aspectos de la planificación y gestión de los mismos. Conocer las cantidades de residuos sólidos generadas es fundamental para seleccionar los equipos y maquinarias, el diseño de los itinerarios de recogida, las instalaciones de recuperación de materiales y las de disposición final.

Otra de las utilidades que tiene la caracterización de los residuos sólidos generados y recogidos, es determinar el cumplimiento de los programas nacionales y estatales de gestión y la implementación de mejoras en los diseños de sistemas de gestión y en la búsqueda de una definición sobre los

estudios de caracterización de los residuos, se han observado algunas afirmaciones en las investigaciones revisadas, entre las que tenemos:

- La realización de los estudios de caracterización nos permiten conocer la composición de los residuos sólidos y las fuentes de generación, para tomar las decisiones más adecuadas en la gestión de los mismos.
- La realización de estudios de caracterización de los residuos tienen como finalidad de identificar las fuentes, características y cantidades de residuos generados, en base a unos datos recolectados y analizados.
- La caracterización física es la obtención de la composición física, la distribución en tamaños y el contenido de humedad del Material Mezcla. La composición y la humedad son características que dependen mucho del origen de generación. Esta caracterización es muy importante para evaluar las posibilidades de aprovechamiento.

A partir de estas afirmaciones podemos definir los estudios de caracterización como un conjunto de acciones en base a una metodología, para recolectar los datos que nos permitan determinar las cantidades de residuos, su composición y sus propiedades en una determinada localidad y en un tiempo determinado.

Para realizar un estudio de caracterización es muy importante definir muy bien el objetivo, ya que para cada necesidad varían los tipos de análisis que deben realizarse y por lo tanto la metodología de muestreo. Entre los objetivos para los cuales se desarrollan los estudios de caracterización están:

- El diseño de los sistemas de gestión integral de residuos sólidos. Esto implica el diseño de los sistemas e instalaciones de recogida selectiva, almacenamiento, recuperación, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final.
- Seguimiento y control de los sistemas de gestión de los residuos sólidos urbanos.

- Evaluación de programas de reducción y recuperación.
- La evaluación de los residuos sólidos para su aprovechamiento energético.
- Analizar hábitos de consumo y de manejo de los residuos en una comunidad.
- La planificación de la gestión de los residuos sólidos por parte de los gobiernos nacionales, estatales, y locales o municipales.

Dependiendo de los objetivos que se hayan trazado para realizar el estudio de caracterización, se pueden obtener unos datos fundamentales para la gestión de los residuos sólidos urbanos, y estos a su vez se pueden relacionar con otros parámetros de investigación. Entre los principales parámetros que se pueden obtener en un estudio de caracterización están: la generación, la composición, densidad, humedad y otros parámetros químicos y biológicos.

Metodologías para la realización de los estudios de caracterización de los residuos sólidos urbanos

Para la planificación de la gestión de los residuos sólidos urbanos es muy importante conocer las cantidades de residuos y su composición, para lo cual necesitamos realizar los estudios de caracterización. En los estudios de caracterización se necesita implementar una metodología para obtener los datos de generación y composición lo más fiables posibles ya que estos son los datos que nos permitirán tomar las decisiones más precisas para la gestión de los residuos sólidos, ya sea en el diseño de un sistema, instalaciones, selección de equipos, así como en el control y seguimiento del funcionamiento de los mismos en una localidad.

Existen varios métodos generales para determinar las cantidades de residuos sólidos urbanos, RSU, entre los principales están:

Análisis de pesada total. Se pesan la totalidad de los residuos que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido. También se le llama análisis del número de cargas que implica el pesaje en básculas de un número de cargas que llegan a los lugares de tratamiento o disposición final en un periodo determinado. Las tasas de generación por unidad se determinan utilizando datos de campo.

Análisis peso-volumen. En este método se determina el peso y el volumen de las cargas que llegan a las instalaciones de tratamiento o vertido, con lo que se puede conseguir las densidades suelta y compactada. En base al volumen de carga de los camiones se puede determinar el peso y en base a la densidad se puede tener una idea del tipo de material contenido en los camiones de carga, este aspecto es muy utilizado en la recepción de residuos en plantas de tratamiento de residuos de construcción y demolición. También es muy utilizado para el diseño de Eco parques.

Análisis de balance de masas. Es la mejor forma de determinar la generación y el movimiento de residuos con cierto grado de fiabilidad. Consiste en identificar las entradas y salidas de materiales de un sistema limitado. El método se torna muy complejo debido a que se necesita una gran cantidad de datos, muchos de ellos no disponibles.

Para la aplicación de un balance de masas se requiere conocer las fronteras del sistema, las actividades que cruzan u ocurren dentro del mismo y la generación de residuos sólidos asociada con las actividades del sistema.

Análisis por muestreo estadístico. Este método implica la toma de un número representativo de muestras de residuos sólidos de alguna de las fuentes, durante un tiempo, determinándose los pesos totales y de sus componentes. A partir de un análisis estadístico se determinan la tasa de

generación y la composición. El número de muestras dependerá de la precisión que se quiera alcanzar, aplicándose métodos estadísticos.

Para el diseño de sistemas de gestión de residuos sólidos, es necesario determinar las características estadísticas de las tasas observadas de la generación de residuos. Por ejemplo la capacidad de los contenedores proporcionados debería basarse en el análisis estadístico de las tasas de generación, y en las características del sistema de recolección. La mayor parte de los estudios de caracterización utilizan el muestreo estadístico para obtener toda la información necesaria sobre los RSU con una diversidad de criterios.

Normas aplicadas a las caracterizaciones de los RSU

Habiendo hecho una exhaustiva revisión de la normativa en la caracterización de los residuos sólidos, encontramos que existen algunas normas internacionales que se aplican a la caracterización de los mismos, las cuales regulan los procedimientos, operaciones, mediciones y estadística de la producción y composición de los residuos sólidos, entre las que se encuentran:

- Reglamento de la Comunidad Europea. El Reglamento de la Comunidad Europea Nº 2150/2002, del 25 de noviembre de 2002 sobre las estadísticas de los residuos, publicado en el “Official Journal of the European Communities” el 09/12/2002, L 332, que tiene como objetivo establecer una normativa en la producción de estadísticas comunitarias sobre la generación, recuperación y eliminación de residuos. La norma europea solo plantea como deben llevarse los datos al EUROSTAT, para documentar las estadísticas.
- Norma ASTM D 5231-92 (American Society for Testing and Materiales). Las normas ASTM D 5231-92 “Método de Ensayo Estándar para la Determinación de la Composición de Residuos Sólidos Municipales sin Procesar”, establece una serie de procedimientos para la medición de los

residuos sólidos mediante una selección y caracterización manual. Se aplica para la determinación de la composición media de los residuos sólidos urbanos, en base a la recolección y clasificación de un determinado número de muestras durante un período de tiempo mínimo de una semana. El método de ensayo incluye los procedimientos para recoger una muestra representativa, la caracterización manual de los diferentes componentes de los residuos, el registro de datos y presentación de resultado.

- Normas Oficiales Mexicanas. En México existen unas normas para la realización de la caracterización de los residuos sólidos. Para la toma y procesamientos de muestras se aplica la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-15-1985 (SECOFI 1985), [15] y la NOM-AA-19-1985 (SECOFI 1985). Para determinar la generación de residuos aplican la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-61-1985 (SECOFI 1985), [17] y para la clasificación de subproductos de RSU, la Norma Oficial Mexicana NOM – AA- 22-1985 (SECOFI 1985). Las normas están orientadas en la toma de muestras desde fuentes directas, residencial y fuera de las residencia de habitación. Plantean la realización del muestreo en base al estrato socioeconómico como única variable a considerar.
- Norma Española UNE-EN-14899-2007 [19], trata sobre caracterización de residuos, toma de muestras de residuos, esquema para la preparación y aplicación de un plan de muestreo, elaborada por el comité técnico de la Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR, publicada en el BOE número 79 el 02 de abril de 2007, y aprobada por la Dirección General de Desarrollo Industrial, en Resolución el 02 de marzo de 2007, plantea la importancia de los ensayos de caracterización de los residuos para la toma de decisiones adecuadas en la gestión de los residuos.

Hecha la revisión y análisis de las normas podemos concluir que las mismas plantean la necesidad de recolectar información estadística necesaria y representativa desde el punto de vista estadístico sobre la composición y la

generación de residuos, en función de que los datos obtenidos puedan ser útiles en la toma de decisiones más adecuadas en la gestión de los residuos sólidos urbanos. También sugieren la necesidad de realizar muestreos preliminares para obtener parámetros estadísticos que nos permitan ajustar la representatividad y la confiabilidad de las muestras obtenidas para el proceso de caracterización.

Las normas presentan diferencias en las metodologías de selección de la muestras, proponen diferentes criterios estadísticos de acuerdo a los objetivos de muestreo que se plantean en cada una de ellas. Las normas ASTM propone la utilización de cualquier método aleatorio siempre que no cause sesgo en las muestras obtenidas, las normas Mexicanas proponen el uso de tablas de números aleatorios, la Norma Española propone tres métodos de selección de las muestras.

La metodología para determinar la composición de los residuos sólidos urbanos es diferente entre las normas ASTM y la mexicana. Utilizan diferentes listas de categorías de residuos para determinar la composición, unas más generales que otras. Algunas presentan flexibilidad para considerar otras categorías de residuos dentro del estudio de caracterización, o adaptar los componentes de acuerdo condiciones del lugar a estudiar, y los objetivos de caracterización de acuerdo a un plan de muestreo, tales como la Norma ASTM y la Norma Española.

2.2 Aspectos legales

2.2.1 Política de desechos sólidos

La política de Desechos Sólidos, presenta como Objetivo General, consolidar y priorizar el manejo Integral de Desechos Sólidos, enfocado a reducir la generación de desechos con el propósito de proteger el medio ambiente y los recursos naturales, y de esa manera mejorar la calidad de vida de la población.

La Política, comprende como objetivos específicos los siguientes:

- Orientar el cambio de actitud y de prácticas sanitarias a la población civil, que generen una mayor responsabilidad en el manejo integral de los desechos sólidos.
- Incorporar iniciativas tecnológicas apropiadas tendientes a la búsqueda de soluciones regionales, para la gestión integral de los desechos sólidos y su disposición final.
- Fortalecer la capacidad instalada y de recursos humanos de las municipalidades, con asistencia técnica, capacitación y de equipo necesario para el desarrollo de la gestión integral de los desechos sólidos.
- Internalizar los impactos ambientales en todas las actividades humanas que generen desechos sólidos, con el fin de prevenir la contaminación del suelo, agua y aire.
- Planificar la ubicación de los sitios de disposición final de desechos sólidos, conforme a los usos de suelo de los Municipios.

- Reducir los actuales volúmenes de desechos sólidos.

Los Lineamientos de Política para el Manejo Integral de Desechos Sólidos son los siguientes:

1. Promover la incorporación en la Información Ambiental lo relacionado a desechos sólidos.
2. Formular las normas técnicas y actualizarlas de acuerdo a las necesidades que se presenten, para el manejo integral de los desechos sólidos.
3. Promover el uso de embalajes, empaques y envases biodegradables.
4. Impulsar a los productores y distribuidores de embalaje, empaques y envases a reciclar.
5. Implementar un sistema de identificación y marcado de los envases para facilitar el proceso de reciclaje de acuerdo a procedimientos internacionales.
6. Promover la implementación de sistemas de tratamiento de desechos sólidos incorporando criterios de sostenibilidad.
7. Promover la separación de desechos sólidos en la fuente.
8. Orientar a los pobladores y operadores a disminuir el uso de recipientes que sean un riesgo para la salud.
9. Promover el mejoramiento de la eficiencia en los sistemas de transporte y rutas de recolección de desechos sólidos.
10. Fomentar la participación social en el aprovechamiento de materia orgánica para transformarla en compostaje.
11. Promover la auto sostenibilidad de los servicios de limpieza pública.
12. Incorporar el manejo integral de desechos sólidos en los programas de educación en hombres y mujeres de la sociedad salvadoreña.

13. Fomentar la participación intermunicipal o regional en los servicios de recolección y disposición final.
14. Incorporar en los planes de desarrollo regional o local, la ubicación de sitios para la disposición final de desechos sólidos.
15. Establecer los criterios para el establecimiento y funcionamiento de los sitios designados para la disposición final de los desechos sólidos.
16. Formular programas de reducción en la fuente, reciclaje y reutilización y adecuada disposición final de desechos sólidos.
17. Promover el establecimiento de empresas privadas que se dediquen a proporcionar el manejo de desechos sólidos.
18. Formular la normativa jurídica para implantar los procesos de manejo de desechos sólidos.
19. Establecer y adoptar criterios compatibles y de procedimientos comunes, entre el gobierno central, los municipios y la empresa privada, de conformidad a la legislación vigente que facilite un esquema de interrelación y colaboración para el manejo integral de desechos sólidos.
20. Promover la creación de un centro de investigación y sistema de información sobre desechos sólidos.

2.2.2 Marco legal

La jerarquía jurídica relacionada con el sector es la siguiente:

- Constitución Política de la República
- Tratados y Convenios suscritos y ratificados por El Salvador
- Convenio de Basilea

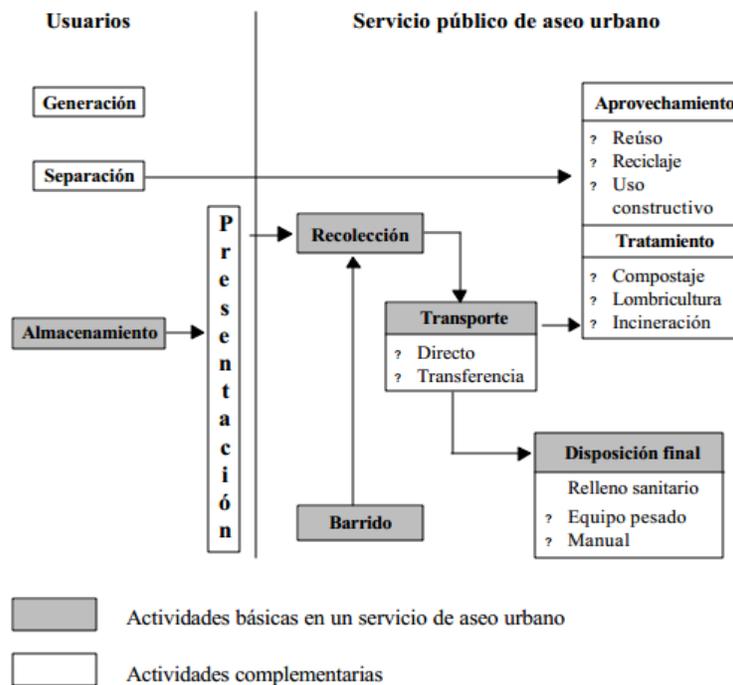
- Acuerdo sobre Movimiento Transfronterizo de Desechos Peligrosos en la Región Centroamericana
- Leyes secundarias relacionadas con los desechos sólidos
- Código Penal
- Código de Salud
- Código Municipal
- Ley de Medio Ambiente

El código municipal es el documento de mayor importancia para el presente trabajo de grado, su objetivo es establecer las bases que regulan el manejo de los desechos sólidos en la ciudad de Santa Ana, además de las respectivas multas por su incumplimiento (Ver Anexo 6.0)

2.3 Gestión integral de los desechos urbanos

La gestión integral de desechos sólidos urbanos consiste en toda una serie de actividades asociadas al control de la generación, separación, presentación, almacenamiento, recolección, transporte, barrido, tratamiento y disposición final, a fin de que se armonicen con los mejores principios de la salud pública, la economía, la ingeniería y la estética y otras consideraciones ambientales, y respondan a las expectativas públicas. Las primeras tres actividades son responsabilidad del generador de dichos residuos; las demás

son competencia del municipio o del organismo encargado de la prestación del servicio.⁶



ILUSTRACION 2. 1: Relación de las actividades entre los usuarios y el servicio público urbano.

Como se puede deducir de la figura 2.1, el generador de Desechos Sólidos Urbanos (vivienda, establecimiento comercial, industria) pasa a ser un usuario de los servicios de aseo urbano y tiene como responsabilidades separar sus residuos, almacenarlos en un recipiente adecuado y depositarlos con la frecuencia establecida en el lugar y horario indicados por el operador del

⁶ Organización Panamericana de la Salud, (2007). Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos.

servicio. Cabe destacar que, a diferencia de épocas pasadas, ahora existe la tendencia de separarlos en su lugar de origen a fin de facilitar el desarrollo de programas de recuperación y reciclaje.

En consecuencia, al municipio u operador del servicio de limpieza les corresponde recoger, transportar, barrer las vías y áreas públicas y colocar los DSU en un relleno sanitario. De manera complementaria, podrán asumir el procesamiento para su aprovechamiento o tratamiento a fin de obtener beneficios económicos y ambientales o de hacerlos inocuos.

2.3.1. Generación de los desechos sólidos urbanos

La generación y composición de los RSM de origen domestico vaya de acuerdo con la modificación de los patrones de consumo de la población y depende esencialmente de los siguientes factores:

El nivel de vida de la población.

La estación del año.

El día de la semana.

Las costumbres de los habitantes.

La zona donde se habita.

De acuerdo con lo anterior, el aumento en el nivel de vida de la población provoca un incremento en la generación de residuos de empaques o embalajes, plástico, papel y cartón. En cuanto a las estaciones del año, en el verano se producen más residuos de frutos y verduras, mientras que en el invierno se

desechan gran cantidad de residuos orgánicos derivados de festejos, botellas de licor, latas, envolturas y empaque de enseres.

La generación de DSU de una población se mide en kilogramos (kg) por habitante por día (generación per cápita) y se obtiene a partir de la información obtenida de un muestreo aleatorio en campo, en cada uno de los sectores socioeconómicos de la población. Para ser eficiente debe tenerse tres medidas por su destino y en cada una considerar el peso y el volumen (pues este demanda mayor manejo).

Muchas veces, la información obtenida mediante estudios de campo en una comunidad se puede usar en otra, pero antes es necesario verificar algunas coincidencias entre ambos lugares, como:

- Actividades no domésticas en el hogar (crianza de animales o huertos familiares).
- Condiciones de clima, especialmente el nivel de precipitación pluvial (lluvia), que puede influir en el contenido de humedad de los RSM.

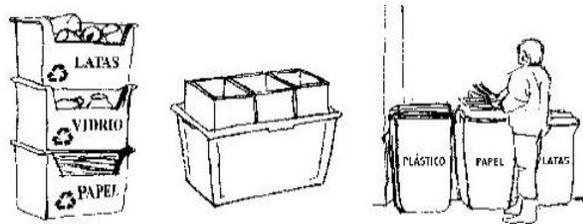
Si los parámetros mencionados son similares en dos o más ciudades, es probable que la generación *per cápita*, densidad y la composición física de los RSM sean parecidos, por lo tanto será posible extrapolar la información disponible de una ciudad para aplicarla en otra.⁷

Separación de residuos en la fuente

La separación de subproductos de los DSU se suele realizar en forma manual, ya sea en el sitio de origen, en las aceras, en el vehículo recolector o en el sitio de disposición final. Este último caso es muy frecuente en casi todos los botaderos de basura de las grandes ciudades y aun de pequeñas

⁷ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), (2001). Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales. México.

poblaciones. Esta actividad la realizan personas de escasos recursos que buscan el sustento diario para sus familias, en condiciones inhumanas y sin seguridad social.



ILUSTRACION 2. 2: Recipientes para la separación y almacenamiento de residuos sólidos domésticos.

El municipio debe dar el primer paso para eliminar la segregación de basura en los botaderos y buscar el apoyo del comercio, la industria y la comunidad en general, con el propósito de ofrecer otras oportunidades a los segregadores. En efecto, debería iniciar un proceso de acercamiento, capacitación y apoyo para la organización de estas personas en cooperativas autogestionarias, lo que les permitiría trabajar en condiciones dignas en los sitios de generación e incluso prestar otro tipo de servicio para salir de ese lamentable y degradante estado de marginalidad.

Actualmente la reglamentación en muchas áreas demanda que la separación de los materiales reciclables se haga por el residente de una vez en la fuente, en lo que respecta a componentes como papel, aluminio, vidrio y plástico. La separación en la fuente ofrece ventajas porque reduce los costos de procesamiento ulterior para la recuperación de los materiales y produce material de mayor calidad (menos contaminado) que las instalaciones centralizadas para la recuperación de materiales (ICRM). Los materiales que se separan en la fuente pueden recogerse ya sea por recolección en las aceras o por entrega por parte de los propietarios en centros locales de depósito y compra. Los

programas de recolección en las aceras en general reciben un mejor apoyo del público (entre 50 y 90% de participación de los residentes) que los programas de depósito o compra.⁸

2.3.2 Almacenamiento y presentación de los desechos sólidos urbanos

Cualquier material que adquiere la calidad de residuo pasa a formar parte de un proceso de operaciones secuenciales que conforman un sistema de manejo. La primera de estas operaciones en el manejo de los residuos sólidos consiste en almacenarlos en su lugar de origen.

El almacenamiento se entiende como: la acción de retener temporalmente los residuos en tanto se procesan para su aprovechamiento, se entregan al servicio de recolección o se dispone de ellos.

Debido a que los residuos que se producen no se pueden eliminar de inmediato, se requiere de un tiempo, un depósito y un lugar adecuados para mantenerlos mientras se espera que sean evacuados o retirados.

Esta operación es responsabilidad exclusiva del generador del residuo por ello, es necesario que exista una reglamentación al respecto con el objeto de que se haga un almacenamiento adecuado.

Los factores que deben considerarse, al escoger el tipo de almacenamiento en sitio, son: el espacio disponible, la localización de los

⁸ J Glynn Henry; Gary W Heinke; Ian Burton, (1999). Ingeniería Ambiental. México: Prentice Hall Hispanoamericana.

contenedores, aspectos estéticos y de salud pública, y los métodos de recolección que se piensan utilizar.⁹

El almacenamiento apropiado de los residuos tiene una influencia positiva en el manejo de los mismos y en el aseo urbano. Por el contrario, el almacenamiento inadecuado tiene varios efectos negativos sobre el servicio de recolección, debido principalmente a lo siguiente:

- Uso de recipientes de capacidad inadecuada (muy grandes o muy pequeños).
- Material de construcción de los recipientes inadecuado.
- No se separan los componentes (residuos orgánicos e inorgánicos).

En nuestra sociedad, el uso de recipientes inadecuados representa uno de los principales problemas en la forma de almacenar la basura en espera de la recolección. El uso de recipientes de gran capacidad, como los tambos de 200 Lt, ocasiona problemas debido al gran peso propio del recipiente y a que una vez llenos son muy difíciles de manejar para su descarga, por lo que son una fuente potencial de lastimaduras para el personal del servicio de recolección.

Otro tipo de recipientes, como las cajas de cartón y las bolsas de papel, resultan problemáticos debido a que los residuos que normalmente se desechan contienen una alta cantidad de basura orgánica, lo que origina que estos recipientes se humedezcan y se desbaraten con el manejo, esparciéndose los residuos; también, son fácilmente accesibles para la fauna nociva, propiciando su proliferación.

El uso de la bolsa de plástico también presenta algunos inconvenientes, ya que son perforadas fácilmente por materiales punzocortantes y además

⁹ Irene Campos Gómez, (2003). Saneamiento Ambiental (Reimpresión de la 1ª Edición). San José, Costa Rica: EUNED.

retardan la descomposición de los residuos contenidos en ellas una vez que son depositados en los rellenos sanitarios.

En la tabla 2 se presentan las ventajas y desventajas de varios tipos de recipientes utilizados para el almacenamiento.

TIPO DE RECIPIENTE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Caja de Cartón	<ul style="list-style-type: none"> • Económica. • Poco peso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de deteriorarse, se destruye fácilmente por la humedad de los residuos sólidos. • Difícil manejo. • Fácil acceso a fauna nociva. • Inflamable.
Caja de madera	<ul style="list-style-type: none"> • Económica. • Estructura más o menos solida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de deteriorarse • Provoca accidentes al personal de recolección. • Facilidad para que los residuos se dispersen. • Difícil manejo. • Fácil acceso a fauna nociva. • Inflamable. • Volumen inadecuado.
Bote de lamina	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manejo. • Mantiene condiciones sanitarias. • Estructura sólida. • Difícil acceso a fauna nociva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Con el uso se deterioran. • Provocan cortaduras cuando están deteriorados. • Fácil de oxidarse.
Bote de Plástico con tapa	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manejo • Mantiene condiciones sanitarias, disminuye el ruido, son de peso ligero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura no muy sólida.

	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil acceso a fauna nociva. 	
Bolsa de papel	<ul style="list-style-type: none"> • Económica. • Poco peso. • Reduce el tiempo de recolección. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se rompe fácilmente. • Se perfora con facilidad por materiales punzocortantes contenidos en los residuos. • Se destruye fácilmente por la humedad de los residuos. • Inflamable. • Fácil acceso a fauna nociva.
Bolsa de plástico	<ul style="list-style-type: none"> • Económica. • Fácil manejo. • Disminuye el tiempo de recolección. • Mantiene condiciones sanitarias. • Tiene un peso ligero. • Disminuye el ruido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se perfora con facilidad por materiales punzocortantes. • Inflamable. • Volumen inadecuado. • Fácil acceso a la fauna nociva. • Retarda el proceso de descomposición de los residuos en los rellenos.

TABLA 2. 1: Ventajas y desventajas de los recipientes utilizados para almacenaje de desechos.

Tipos de almacenamiento.

El almacenamiento de residuos sólidos municipales se divide en dos tipos: almacenamiento domiciliario y almacenamiento no domiciliario.

Almacenamiento domiciliario.

Este tipo de almacenamiento es el que se efectúa en las viviendas o casas-habitación, sean éstas unifamiliares o edificios multifamiliares. A su vez, se divide en almacenamiento interno y externo.

El almacenamiento interno es el que realizan los habitantes de la vivienda en las diversas áreas como son; cocina, baños, recámaras, etc. Por su parte, el almacenamiento externo es aquel donde se depositan todos los residuos generados en la vivienda, disponiendo para ello de un recipiente y un lugar especial en el exterior de la vivienda.

Almacenamiento no domiciliario.

El almacenamiento no domiciliario es aquel que se realiza en las diversas fuentes generadoras como:

- Comercios.
- Mercados.
- Tiendas de autoservicio.
- Terminales de autotransporte.
- Industrias.
- Hospitales.
- Sitios públicos.
- Institucionales.

Hay que considerar que en estas fuentes generadoras de basura también se realiza almacenamiento interno y externo. Por ejemplo, en el caso de mercados, se considera como almacenamiento interno el que realiza cada uno de los locatarios utilizando diversos tipos de recipientes de poco volumen; de esta forma, el almacenamiento externo se realiza en recipientes de mayor capacidad, generalmente tambos de 200 Lt, que captan la basura de los recipientes internos.

La presentación de los DSU para su recolección es también una responsabilidad del generador o usuario del servicio de limpieza y consiste en colocar los recipientes en el lugar indicado (al borde de la acera, junto a la

puerta de la casa, en una caja estacionaria o contenedor multifamiliar, en una canastilla, etc.), con la debida frecuencia y en el día y horario establecidos por el municipio o la entidad que presta el servicio de recolección.

2.3.3 Recolección y transporte de los desechos sólidos urbanos

El recogido de DSU implica su transporte al lugar donde deberán ser descargados. Este puede ser una instalación de procesamiento, tratamiento o transferencia de materiales o bien un relleno sanitario. La recolección y transporte es la actividad más costosa del servicio de aseo urbano; en la mayoría de los casos representa entre 80 y 90% del costo total.¹⁰

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

Barrido y limpieza de vías y áreas públicas

El barrido y limpieza se complementa con la recolección y se le podría llamar “el maquillaje de los centros urbanos”; y tiene como propósito mantener

¹⁰ Organización Panamericana de la Salud, (Abril 2007). Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales. http://www.bvsde.paho.org/cursoa_rsm/e/unidad2.html

las vías y áreas públicas libres de los residuos que arrojan al suelo los peatones, los asistentes a eventos especiales y espectáculos masivos, los responsables de la carga y descarga de mercancía o de materiales diversos, etc. La entidad encargada del aseo debe realizarla con una frecuencia tal que garantice que las vías y áreas públicas estén siempre limpias.

Sistema de recolección.

Para el diseño del sistema de recolección, una de las primeras decisiones que debe tomarse, es acerca del método de recolección de residuos. Entre los más comunes se tiene “de parada fija”, “de acera” y “de contenedores”; esta es una decisión importante porque incide en las otras variables de recolección, incluyendo el tipo de recipiente para el almacenamiento, tamaño de la cuadrilla y en la selección de los vehículos recolectores.

Otro punto de decisión es la frecuencia de recolección. Ambos factores; el método y la frecuencia deben considerarse en cuanto a su impacto en los costos de recolección. Dado que el costo de la recolección constituye de entre el 70 y el 85% del costo total del manejo de los residuos sólidos y, a su vez, el costo de mano de obra representa del 60 al 75 por ciento del costo de la recolección. El incremento en la productividad del personal de recolección puede reducir significativamente los costos globales.

Así mismo se debe determinar qué tipo de residuos deben ser rechazados por las cuadrillas de recolección, ciertos materiales tales como neumáticos, residuos de jardinería, muebles y animales muertos no son aceptados en el vehículo recolector. Los residuos peligrosos deben ser definitivamente excluidos de la recolección regular, debido a los peligros que entraña su recolección y disposición.

Método de parada fija o de esquina.

Este método consiste en recoger los residuos en las esquinas de las calles, en donde previamente por medio de una campana se comunica la llegada del camión y los usuarios acuden a entregar sus residuos.

El método de parada fija es de los más comunes y económicos, sin embargo cuando no hay quien tire la basura, ésta puede acumularse en exceso y ser arrojada clandestinamente.

Método de acera.

Consiste en que simultáneamente al recorrido del camión por su ruta, los “peones” de la cuadrilla van recogiendo los residuos, previamente colocados por los residentes en el frente de sus casas.

Este método debe tener un horario y una frecuencia cumplida, y los residentes deben estar informados de ello, para sacar sus bolsas con residuos en el momento adecuado evitando así que los perros u otros animales rompan las bolsas y derramen los residuos cuando se colocan con demasiada anticipación al paso del vehículo.

Con este fin, pueden instalarse soportes con canastillas metálicas para colocar las bolsas lejos del alcance de los animales.

La cuadrilla del vehículo debe estar integrada por un chofer y dos peones, los cuales se encargarán de ir recogiendo las bolsas plásticas con los residuos y depositarlas en el vehículo, cada peón tendrá a su cargo una acera.

El chofer de cada camión tiene como obligaciones cumplir con las rutas, horarios y frecuencias que se le hayan asignado, así como accionar el mecanismo de compactación cada vez que sea necesario.

Los residentes de la vivienda tienen como única obligación el colocar sus residuos en el frente de su casa, preferentemente protegidos en la forma ya indicada.

Método de contenedores.

La recolección mediante contenedores, requiere de empleo de camiones especiales y que los contenedores estén ubicados en forma accesible al vehículo recolector. Es un método ideal para centros de gran generación de basura; hoteles mercados, hospitales, industrias, tiendas de autoservicio, etc., exige que la recolección se dé con la debida oportunidad, ya que de lo contrario puede ocasionar focos de contaminación, al mantener almacenados grandes cantidades de residuos, en diferentes sitios de la ciudad.

Equipos de recolección y transporte primario.

Con respecto a los equipos de recolección y transporte primario, es importante indicar la conveniencia de emplear siempre que sea factible, vehículos con carrocerías de adecuada capacidad, provistos de compactadores para abatir los costos de recolección. Las carrocerías de volteo, aunque son preferidas por localidades con cierta tendencia rural, debido a su versatilidad y menor costo, no son adecuadas para la recolección y transporte de basura doméstica desde el punto de vista de salud pública, debido principalmente a que por el hecho de ser descubiertas y carentes de sello hermético en el fondo, propician el esparcido de residuos y líquidos contenidos en la misma basura, a lo largo de sus recorridos dentro y fuera de sus rutas de operación.

En términos generales, se puede decir que existen carrocerías de carga lateral, trasera y frontal, estos últimos se usan principalmente para la carga mecánica de contenedores, mediante un dispositivo consistente en un par de

brazos, que ensamblan con el contenedor, elevándolo y vaciándolo por la parte superior de la caja compactadora.

Los vehículos dotados de carrocería de carga trasera de dos ejes, son muy eficiente, 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 bien asentado 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, utilización y máximo aprovechamiento de tales vehículos. En muchos casos la utilización de unidades de las consideradas como no convencionales, pueden dar los mismos resultados que con el uso de unidades recolectoras especializadas. Al respecto, debe entenderse como unidad no convencional de recolección, todo aquel vehículo utilizado para la prestación de este servicio. De esta manera, desde un carretón movido por una cuadrilla de peones hasta un vehículo tipo volteo, pueden constituir una unidad de recolección no convencional. Normalmente, este tipo de unidades se utilizan en zonas de difícil acceso.

Por otro lado, se tiene que al vehículo especializado para la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos, puede tecnificarse aun más, si se le adaptan mecanismos para el uso de contenedores.

Con base en lo anterior, los equipos de recolección pueden ser clasificados de acuerdo con el siguiente criterio:

- Equipos recolectores de alta especialización o tecnificación.

Son aquellos que por adaptación o por diseño original, están capacitados para realizar maniobras de carga y descarga de contenedores.

Estos equipos están diseñados para atender la demanda del servicio, exclusivamente a través de la utilización de contenedores. Son equipos altamente tecnificados donde la variante radica casi exclusivamente en cuanto al mecanismo empleado para la carga y descarga de contenedores, cuya capacidad normalmente es muy alta. (De 6 m³ hasta 24 m³).

- Equipos especializados.

Son aquellos que están diseñados para la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos con cierta comodidad, como lo son los vehículos compactadores de carga trasera y lateral; y algunos otros de carga lateral sin mecanismos de compactación pero con placa empujadora de basura.

Estos vehículos son generalmente de 12 a 30 m³ de capacidad volumétrica con mecanismo de carga y descarga de contenedores, cuya capacidad varía desde uno hasta seis m³, según la potencia de dicho mecanismo. Su eficiencia de recolección es muy alta cuando se usa adecuadamente, por lo que no debe ser utilizado en la recolección domiciliaria con los métodos tradicionales de esquina, acera o de llevar y traer. Su principal uso es para la recolección de residuos sólidos en centros de gran generación como mercados, multifamiliares, unidades habitacionales y supermercados, etc.

- Equipos no convencionales.

Será cualquier vehículo utilizado para la prestación del servicio en cuestión que no presente las características mencionadas para los equipos especializados y de alta tecnificación.

Estos vehículos ocasionalmente se emplean para cumplir con el servicio de recolección de basura, a falta de equipos más tecnificados o debido a que se adaptan más las características de la localidad por servir y al tipo de actividades y servicios que en general se brinda a la comunidad.

Su capacidad puede variar desde 6 hasta 12 m³, aunque los más usuales son de 7 y 8 m³. Se estima que un vehículo de 6 m³ de capacidad, puede atender hasta 6000 hab/día en promedio, sobre todo en localidades eminentemente rurales. Su principal desventaja, es la elevada la altura de carga, lo que obliga a contar con un empleado adicional que viaje dentro de la caja para ayudar a cumplir con la función de carga de residuos.

Equipos de compactación.

Los residuos sólidos municipales presentan un gran contenido de humedad debido principalmente a un alto porcentaje de materia orgánica, por lo que difícilmente puede compactarse a menos de la mitad de su volumen suelto, siendo recomendables los vehículos con carrocerías de gran capacidad provistos de compactadores, que pueden ser descargados mecánicamente para ahorrar tiempo y esfuerzo humano, abatiendo los costos de recolección.

Este vehículo mediante la compresión mecánica, incrementa la rapidez de vaciado de la basura, aumentando su capacidad, la cual varía de 7 a 14 m³. Otras de sus ventajas serían además del aspecto estético, la altura baja de las bocas de carga y el aumento de la densidad de basura por compactación, lo que exige que el chasis del camión sea más resistente para soportar la basura y el peso del mecanismo de compactación. Los equipos compactadores son de diseños muy variados, distinguiéndose varias características:

- Sistema de compactación.
- Lugar de carguío.
- Forma de carguío.
- Método de vaciado.

Sistemas de compactación.

Estos camiones cuentan con diferentes tipos de cajas, pudiendo ser:

Cajas Rotativas.

Estas cajas tienen forma tronco-cónica y en su interior llevan una pestaña helicoidal. Su rotación continua hace que las partes más duras de la basura trituren las más blandas. De esta manera la pestaña helicoidal va empujando los residuos hacia el interior lo que hace que se compacten aproximadamente a la mitad de su volumen. Presentando las siguientes ventajas y desventajas:

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Son equipos sencillos y eficientes.	La operación demora hasta 5 minutos.
Se reparan fácilmente.	El ruido que se produce al comenzar a llenarse.
La carga puede hacerse por atrás manualmente o con elevadores mecánicos de contenedores.	Tienen un alto costo de adquisición.
Se vacían haciendo girar la caja al revés.	Tienen un alto costo de mantenimiento.

TABLA 2. 2: Ventajas y desventajas de las cajas Rotativas.

Otro sistema semejante tiene un pistón en la cola del camión que empuja la placa hacia el lado de la cabina. La altura de carguío es menor y se hace por atrás, pero como el mecanismo de la placa queda a poca distancia del pavimento en las calles con baches puede golpear contra el suelo y dañarse.

Estos vehículos tienen poca compactación, existiendo la posibilidad de volcamiento del vehículo, debido a que al descargar hay desplazamiento del centro de gravedad, ya que se hace levantando el sistema de prensado y

volteando la caja hacia atrás. Una forma de evitar esta desventaja es cargando la basura por una abertura en el techo de la caja. Delante del camión va un contenedor, que se levanta por sobre la cabina (mediante dos brazos hidráulicos) vaciándose en la abertura del techo y en el interior de la caja, una placa compacta la basura contra la puerta trasera. En el contenedor delantero se pueden vaciar los receptáculos individuales, estos equipos son caros, por lo que se recomiendan casi exclusivamente para vaciar contenedores estacionarios de gran tamaño.

El sistema típico que funciona con una sola placa, tiene una tolva trasera de fondo curvo, donde se deposita la basura y la placa gira barriendo el fondo de la tolva y empujando la basura al interior de la caja a través de una pequeña abertura, por donde se compacta.

Debido a lo pequeño de la misma son muy pocos los residuos que se devuelven al retroceder la placa para inicio de un nuevo ciclo. Su altura de carga es reducida, por lo que sólo se consigue un mediano grado de compactación. Para el vaciado del camión se levanta el sistema de compactación (tail-gate) y otra placa (eyectora), que se encuentra ubicada en el interior de la caja, empuja los residuos hacia afuera, evitándose la posibilidad de riesgo por volcamiento. El costo de estos equipos es de los más altos en el mercado.

Cajas con placas múltiples.

Estas cajas tienen una tolva trasera con fondo curvo, donde se vacía la basura y una placa que gira barriendo el fondo y empujando los desperdicios hacia el interior de la caja.

Una segunda placa abre la abertura para que la basura se introduzca en la caja. Cuando la placa rotatoria la sobrepasa, la segunda placa se cierra compactando los desechos e impidiendo que se devuelvan. La tercera placa es la eyectora, que cuando el camión comienza a llenarse se coloca cerca de la

cola, reduciendo el volumen de la caja. Lo que permite que desde el comienzo la basura se vaya compactando. Conforme el camión se va llenando, la basura va empujando la placa eyectora hacia la cabina, venciendo la fuerza hidráulica de su pistón. Estos vehículos alcanzan un alto grado de compactación. La descarga se hace levantando el tail-gate y haciendo funcionar la placa eyectora hacia atrás. El costo de estos equipos resulta más alto que el de placas simples.

Lugar de carga

Trasero:

Este es el más recomendable, sobre todo para recoger simultáneamente la basura de los dos lados de la calle.

Lateral:

Se puede emplear sólo cuando se trabaja por un lado de la calle.

Delantero:

Se prefiere cuando hay que levantar contenedores de gran tamaño.

Forma de carga.

Receptáculos individuales, Carga manual: Todos los equipos permiten esta forma de carga pero, para que este sistema tenga un costo razonable, la altura de carga no debe exceder nunca de 0.8 a 0.9 m. sobre el suelo.

Además, la boca de admisión debe permitir que trabajen 2 o 3 hombres simultáneamente. Receptáculos individuales, carga mecánica: Reduce el esfuerzo humano pero no siempre justifica el costo adicional de este mecanismo. Sólo lo traen cajas con altura de carga muy alta.

Contenedores:

Es difícil que todos los residuos estén en contenedores, por lo que sólo se agrega a algunos camiones el equipo para levantarlos. Además no a todos los sistemas de compactación se pueden agregar equipos para levantar contenedores.

Método de vaciado.

Por volteo de la caja:

Es peligroso porque por el desplazamiento del centro de gravedad, puede volcarse el camión, sobre todo si el terreno en el punto de disposición está suelto o desnivelado.

Por placa eyectora:

Es ligeramente más caro, pero proporciona seguridad.

Por inversión de la rotación de la caja:

Resulta muy lento.

Tamaño de los Equipos.

El tamaño de las cajas compactadoras varía entre 5 y 20 m³, pudiendo transportar entre 3 y 11 toneladas de basura. La elección de la capacidad del vehículo siempre debe hacerse considerando: El ancho de las calles, radios de giro en las curvas e intensidad del tránsito, factores que a menudo exigen el uso de vehículos de poca capacidad. Es importante señalar que la elección del camión requerido debe ser el que este acorde a cada tamaño de caja. Por otra parte si el peso del camión más la caja y más la basura es muy grande, esto hará necesario adquirir camiones de mucha capacidad y por lo tanto el costo es más alto.

Carga máxima:

A menudo se reglamenta la carga máxima por eje de 10 ó 12 toneladas. Por esto si el peso total es muy grande, pueden requerirse camiones con doble eje trasero, encareciéndose el equipo y la operación, necesitando de 4 neumáticos adicionales, aumentando su desgaste por roce con el pavimento, ya que estos vehículos están diseñados para transitar en carreteras y no dentro de la ciudad.

Cargas:

Es importante calcular las cargas que resultan en los ejes traseros y delantero para cada combinación de camión de caja, a fin de no sobrepasar sus capacidades y exigir esfuerzos. Es común que el eje trasero reciba mucha más carga cuando se usan equipos compactadores que cuando se colocan en el camión cajas sin equipo de compactación. Pudiendo dañarse los resortes, el eje y la transmisión. Además con poca carga en el eje delantero, la conducción del vehículo se hace difícil.

2.3.4. Tratamiento y disposición final de los desechos sólidos

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

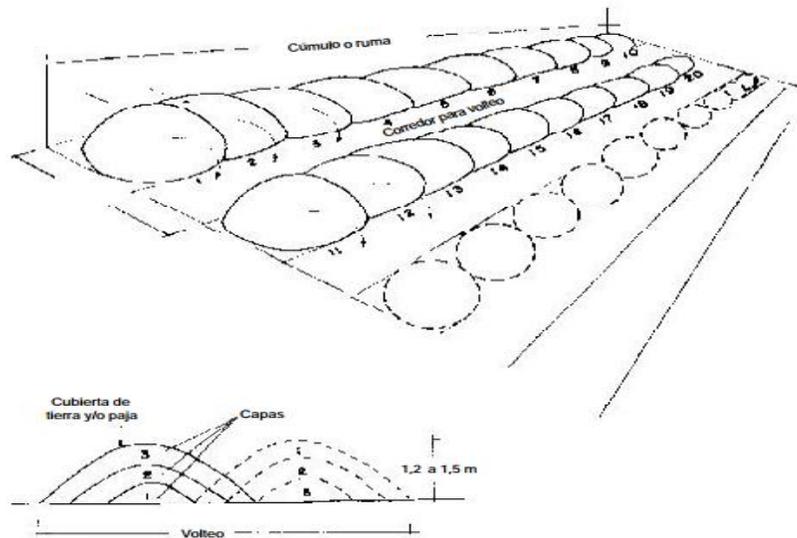
Los métodos anteriores dejan residuos que son necesarios disponer en un relleno sanitario, de ahí que no sean considerados como soluciones finales ni definitivas.

Compost

El compostaje es un proceso mediante el cual el contenido orgánico de la basura se reduce por la acción bacteriológica de microorganismos contenidos en los mismos residuos orgánicos, de lo que resulta un producto denominado compost.

El compost es un material similar al humus (tierra); mejora los suelos pero no es un fertilizante y puede tener un valor comercial. Sin embargo, este valor suele ser menor que el costo de producción, por lo que este sistema debe ser subsidiado por el municipio.

El método de compostaje puede ser beneficioso para los países en desarrollo, ya que mediante este proceso es posible recuperar el gran porcentaje de materia orgánica que contienen los RSM y, dado que exige la separación del resto de residuos sólidos, se convierte en una buena oportunidad para iniciar el reciclaje de otros materiales. Pero antes de decidir la construcción de una planta de compostaje, se debe estudiar cuidadosamente si el producto cuenta con un mercado potencial, ya que muchas plantas en el mundo han fracasado por no poder comercializar el producto.



ILUSTRACION 2. 3: Procesamiento manual de la materia orgánica en pilas para la producción de compost.

El compostaje en nuestro medio ha tenido poco éxito porque:

- Requiere la separación previa de los RSM, lo que aumenta los costos. A no ser que se recolecten selectivamente aquellos con alto contenido de materia orgánica, como, por ejemplo, residuos de restaurantes, mercados, etc.
- El tratamiento de grandes cantidades adicionales es poco flexible.
- El mercado del compost es inestable.
- La inversión de capital es elevada.
- Los costos de operación y mantenimiento de la planta de compostaje son altos.
- Requiere técnicos calificados para manejar la planta.
- Los costos de transporte hacia las zonas rurales son altos.

Lombricultura

El cultivo de una lombriz especial —la *Eisenia foétida*— con ciertos residuos orgánicos como sustrato o alimento (sobre todo, estiércol de ganado y residuos de cosechas) permite la conversión de este recurso en humus (mejorador de suelos) y proteína (como alimento de animales e incluso para el consumo humano), soluciona en parte el problema de la disposición de RSM y puede producir beneficios económicos.

Es necesario tener cuidado especial con estas prácticas, pues solo deben ser consideradas como alternativas complementarias en la gestión integral de los RSM y de ninguna manera como la solución al problema.

“La producción de compost en la Región mediante procesos simplificados, como el apilado, los biodigestores rotatorios y últimamente la lombricultura está cayendo en desuso debido a su alto costo y también porque sus promotores aseguraron a las autoridades municipales que obtendrían utilidades, cuando se ha comprobado que el uso de alternativas ecológicamente más aceptables tiene un costo semejante”.¹¹

Incineración

La incineración de los DSU permite la reducción de su volumen al dejar un material inerte (escorias y cenizas) cercano a 10% del inicial. Tal reducción es obtenida con hornos especiales en los que se puede garantizar suficiente aire de combustión, turbulencia, tiempos de retención y temperaturas adecuadas. Una combustión incompleta, como es el caso de las quemas a cielo abierto, generará humos, cenizas y olores indeseables.

Para su uso se deben considerar los siguientes aspectos:

¹¹ OPS, BID, (1997). “Diagnóstico de la situación de RSM en América Latina y el Caribe”.

- Se requiere un elevado capital inicial.
- Implica altos costos operativos, la mayoría de las veces fuera del alcance de nuestras poblaciones.
- Se necesita técnicos bien calificados, que son escasos en nuestro medio.
- Su operación y mantenimiento son complejos y presentan muchos problemas.
- No es flexible cuando se requiere incinerar grandes cantidades adicionales.
- Se requiere combustible auxiliar a causa del alto contenido de humedad, lo que se traduce en un bajo poder calorífico para los RSM de la Región; esto aumenta considerablemente los costos de tratamiento.
- Se requieren equipos de control para evitar la contaminación del aire, ya que ningún incinerador deja de emitir contaminantes.

En consecuencia, la incineración como sistema de tratamiento de los RSM está descartada para las pequeñas poblaciones e incluso para muchas de las ciudades de América Latina, por lo que solo es recomendada si se quiere desnaturalizar los residuos hospitalarios u otros que resulten peligrosos.

2.3.5 Disposición final de los desechos sólidos urbanos

La disposición final es la última etapa operacional del servicio de aseo urbano.

Prácticas inadecuadas en la disposición final de los DSU. Son inaceptables como prácticas de disposición final:

- La descarga de basura en los cursos de agua, lagos o mares.

- El abandono en botaderos a cielo abierto.
- La quema al aire libre.
- El uso de la basura como alimento de animales.

Los riesgos imputables a estas formas de disposición final son:

- La descarga de la basura en los cursos de agua, lagos o mares provoca desequilibrio ecológico debido sobre todo al aumento excesivo de nutrientes y carga orgánica en el agua.
- El botadero a cielo abierto ocasiona serios problemas de salud pública a causa de la proliferación de insectos y roedores transmisores de múltiples enfermedades, así como de los humos que se producen por las continuas quemadas, los que contribuyen al deterioro estético de las ciudades y del paisaje natural.
- Es altamente riesgoso para la salud humana alimentar a los animales con desechos crudos, a menos que exista un estricto control sanitario. Se puede admitir este tipo de alimentación solo si se garantiza que dichos desechos sean cocinados a una temperatura de 100 °C durante 30 minutos.

El cuadro 2.4 muestra la evolución típica de los métodos de disposición final de DSU.

Alternativa/situación	Descripción
Disposición en la vía pública.	Esto es común en zonas que no cuentan con un servicio de recolección. El generador de DSU los dispone en algún lugar o botadero público.
Disposición local sin control en pequeños botaderos.	Existe un servicio de recolección primaria y un transporte incipiente hacia un sitio cercano (por lo general, dentro de la ciudad) donde se colocan los residuos sin control alguno.
Botadero o vertedero municipal sin control.	Existe recolección primaria y secundaria. Los DSU se transportan y disponen sin

	control alguno en un sitio alejado de la ciudad o bien fuera de ella.
Relleno controlado.	Existe recolección primaria y secundaria. Los RSM se transportan y disponen con un control moderado en un sitio deliberadamente diseñado para tal fin y ubicado fuera de la ciudad. Los DSU se entierran con una frecuencia regular.
Relleno sanitario.	El relleno sanitario es diseñado, construido y operado con criterios de ingeniería sanitaria y ambiental. El sitio cuenta con los permisos y requisitos de ley, y existe un programa de monitoreo ambiental. Los impactos ambientales son marginales y la población no se opone al proyecto.
^a Fuente: Adaptado de “A Framework for the Disposal of Municipal Solid Waste in Developing Countries, por Andrew Cotton, Mansoor Ali y Ken Westlake. Loughborough: WEDC; 1998.	

TABLA 2. 3: Proceso de desarrollo de métodos de disposición final en ciudades en desarrollo.

El relleno sanitario

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

**CAPITULO III SITUACIÓN
ACTUAL DE GENERACIÓN
Y TRATAMIENTO DE
DESECHOS SÓLIDOS
URBANOS EN LOS
HOGARES DE LA ZONA SUR
ORIENTE DE LA CUIDAD DE
SANTA ANA.**

3.1 Generalidades de la ciudad de Santa Ana

Localización

El municipio de Santa Ana está ubicado en el departamento homónimo, localizado en el extremo norte de la zona occidental de El Salvador. Limita al norte con Texistepeque y Nueva Concepción, al este con San Pablo Tacachico, Coatepeque y el Lago de Coatepeque, al sur con Izalco y al oeste con Nahuizalco, Chalchuapa, San Sebastián Salitrillo, El Porvenir y Candelaria de la Frontera.¹

Su término municipal tiene un área de 400.1 km² abarcando un 19.8% del área total del departamento. La ciudad está ubicada en las coordenadas 14°0'0.00"N 89°32'60.00"O tiene una altitud de 665 msnm y se encuentra a 65 km de la capital¹².

¹² CNR Monografía del departamento de Santa Ana. / 28 de septiembre / 2012. 4:00 p.m.



ILUSTRACION 3. 1: Mapa y Escudo de la Ciudad de Santa Ana.

Toponimia, gentilicio y apelativos de la ciudad

El nombre precolombino de Santa Ana es Cihuatehuacan, o Sihuatehuacan, cuyo significado es «Lugar de sacerdotisas». Proviene de los términos pipiles Cihua (que significa «mujer» o «mujeres»), te (población) y huacan (sacerdote o sacerdotisa). Los pobladores de la ciudad y el municipio de Santa Ana, al igual que el departamento homónimo, son llamados santanecos.

La ciudad, a través de su historia, ha sido conocida con diversos apelativos. Desde el año 1708 la localidad comenzó a figurar con el sobrenombre de La Grande. Desde 1894 ha sido llamada La Ciudad Heroica,

debido a la Revolución de los 44 ocurrida en ese año y la cual desencadenó el derrocamiento del gobierno de Carlos Ezeta (quien gobernaba desde el actual cuartel de la ciudad)¹³. Por el referido alzamiento, la ciudad también es llamada La Ciudad de los 44. Otros apodos de la localidad son La Ciudad Morena y La Capital del Mundo y Sucursal del Cielo.

Ecología

El municipio de Santa Ana cuenta con dos áreas naturales protegidas principales:

- El Complejo Los Volcanes, que comprende el Cerro Verde, volcán de Santa Ana, volcán de Izalco y Lago de Coatepeque y es compartido con los municipios de Chalchuapa e Izalco.^{30 31} Esta zona contiene alrededor de 260 especies de animales y es administrado por el Instituto Salvadoreño de Turismo¹⁴.
- El Parque Ecológico San Lorenzo, ubicado en la propia ciudad, el cual es administrado por la Fundación Ambientalista de Santa Ana (Fundasan). Contiene alrededor de 180 especies de animales, algunas en cautiverio y reunidas en un mini zoológico.

Fauna

En el Complejo de los Volcanes se encuentran animales silvestres como venados de cola blanca, ardilla gris, águilas crestadas, ranas arborícolas, tucanes verdes, entre otros.³² En cambio, en el Parque Ecológico San Lorenzo,

¹³ Elsalvador.com.sv/ 28 Septiembre/2012. 05:05 p.m.

¹⁴ [Salvanatura.com.sv /](http://Salvanatura.com.sv/) 28 Septiembre/ 2012. 05:35 p.m.

se encuentran especies de animales tales como monos, tucanes, tigrillos, ardillas, mapaches, coyotes, entre otros.

Flora

En el municipio de Santa Ana se encuentran 3 zonas de vida, las cuales son: bosques húmedos subtropicales frescos, bosques muy húmedos montano bajo y bosques muy húmedos subtropicales (según el Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge).¹⁷ De las tres zonas de vida dichas anteriormente, la más común es la conformada por bosques húmedos subtropicales frescos, mientras que las otras dos se encuentran en el área de la Cordillera Apaneca.³⁴ En los bosques húmedos subtropicales frescos, las especies arbóreas más destacadas son la ceiba, el manzano, cedro, aceituno, madre cacao, entre otros. Mientras que en los bosques muy húmedos montano bajo, las especies más conocidas son el roble, pino, encino, ciprés, entre otras; abundando especies epífitas como magnolias, helechos, musgos, orquídeas. En cambio en los bosques muy húmedos subtropicales se encuentran especies como el níspero, laurel, pino, y el roble.

3.1.1 Generalidades de la zona Sur – Oriente de la Ciudad de Santa Ana

La ciudad de Santa Ana está dividida en cuatro zonas: La zona Sur Oriente, zona Sur Poniente, zona Nor – Oriente y zona Nor – Poniente.

Según datos proporcionados por la Alcaldía de Santa Ana, la ciudad está dividida de la siguiente manera: 11 barrios, 7 repartos, 17 residenciales, 56

Colonias, 26 Parcelas, 37 Lotificaciones. Lo anterior, comprendido por las 4 zonas correspondientes a la ciudad.

Según la distribución hecha por la Alcaldía Municipal, Para efectos de recolección de desechos sólidos, se incluyen calles, avenidas, colonias, etc. que no fueron incluidas en el siguiente listado, debido a que están fuera de la zona Sur – Oriente de la ciudad.

Zona 1

1. 11 Avenida Sur
2. 8 Calle Oriente
3. 9 Calle Oriente
4. Avenida Independencia Sur
5. Bella Santana
6. 15 Av. Sur
7. 17 Av. Sur
8. 11 Calle Oriente
9. Calle José Mariano Méndez
10. By pass

Zona 2

1. By pass
2. Urbanización Independencia
3. 11 Ave. Sur
4. 9 Calle Oriente
5. Avenida Independencia

Zona 3

1. By pass
2. Urbanización San Ernesto
3. Urbanización El Molino

4. Calle Libertad Oriente
5. 11 Avenida Sur
6. Calle Santa Cruz
7. 9 Calle Poniente

Zona 17

1. Bella Santana
2. By pass
3. 17 Avenida Sur
4. 15 Avenida Sur
5. 11 Calle Oriente
6. 9 Calle Oriente
7. 11 Avenida Sur
8. Calle José Mariano Méndez.

3.2. Metodología utilizada para la investigación de la situación actual.

Para responder los objetivos planteados en la investigación que se realizó, se utilizaron los siguientes tipos de estudio:

La investigación está dirigida a diseñar una ruta adecuada de recolección de residuos sólidos urbanos para la zona sur-oriente de la ciudad de Santa, tomando como caso práctico la zona delimitada por el boulevard los 44 y algunas colonias aledañas.

Descripción de la población.

Población

En la investigación se tomó como población a los habitantes de la zona delimitada, donde se buscaron las características comunes observables en el lugar y en el periodo de investigación tales como:

- **Homogeneidad:** Que todos los miembros de la población tengan las mismas características según las variables que se consideraron en el estudio o investigación. Para esto se tomó como parámetro condiciones observables en los habitantes de la zona, estableciéndose semejanzas de acuerdo a ciertas condiciones como por ejemplo las condiciones de vida, la infraestructura de las viviendas, etc.
- **Tiempo:** Se refiere al período de tiempo donde se ubicaría la población de interés. Determinando si el estudio es del momento presente, si se va a estudiar a una población de cinco años atrás o si se van a entrevistar personas de diferentes generaciones.
- **Espacio:** Se refiere al lugar donde se ubica la población de interés. Un estudio no puede ser muy abarcador y por falta de tiempo y recursos hubo que limitarlo a un área o comunidad en específico.
- **Cantidad:** Se refiere al tamaño de la población. El tamaño de la población es sumamente importante, porque ello determina o afecta al tamaño de la muestra que se vaya a seleccionar, además que la falta de recursos y tiempo también limita la extensión de la población que se vaya a investigar.

Unidades de análisis.

La investigación contempló varios elementos que permitieron presentar una propuesta de ruta de recolección de desechos sólidos urbanos y una metodología para realizarlas, que contribuya tanto a reducir los efectos de la generación de residuos, como a la disminución en las distancias improductivas, para la zona sur- oriente de la ciudad de Santa Ana. Estos elementos son: la cantidad de residuos sólidos, capacidad de almacenamiento (contenedores), cobertura, recorrido, frecuencia y horario de recolección. Otro aspecto estudiado es la administración de los recursos a utilizar para la recolección: camiones, recurso humano, capacidad del personal, herramientas de trabajo, recursos Financieros, seguridad ocupacional y equipo de protección personal.

Método de la investigación.

Este estudio tomó como base el método científico, se utilizaron los siguientes métodos: Síntesis de la información y Muestreo aleatorio estratificado. A través de los cuales se determinaron las variables que intervienen en el diseño de la ruta de recolección de sólidos urbanos de la Zona Sur – Oriente de la ciudad de Santa Ana. Al obtener esta información, se procedió a la recopilación de la información y análisis de los datos, con lo cual se extrajeron aquellos elementos que se utilizaron para responder a los objetivos planteados en la investigación y elaborar la propuesta más idóneas para los interesados (la población y gobierno local).

Técnicas e instrumentos de la investigación.

Las técnicas que se aplicaron para realizar esta investigación son: observación, encuesta y entrevista, mediante la utilización de los siguientes instrumentos: guía de observación (checklist), cuestionario (encuestas) y guía de entrevista.

Como parte de la investigación de campo se utilizó un modelo de check list, el cual tuvo como objetivo observar directamente el manejo que los habitantes de las colonias de la zona sur-oriente de la Ciudad de Santa Ana le dan a los desechos sólidos urbanos, mediante el cual se verificó que la mayoría de habitantes de las sub-zonas pone a disposición los desechos sólidos colocándolos en la acera, el tipo de desechos comúnmente generados son los desperdicios orgánicos, el tipo de recipiente utilizado para la disposición de los desechos es comúnmente bolsas plásticas.

Mediante la observación hecha en la investigación de campo, se destaca que en las zonas de estudio, el estado de las calles varía de acuerdo a las sub-zonas.

Para el caso de la zona céntrica, las calles se encuentran en buen estado, pavimentadas casi en su totalidad; sin embargo las calles de ésta zona son estrechas, ya que en su mayoría son calles que constan de sentido único.

Para la zona del Molino, se observaron algunas calles en mal estado, aproximadamente un 15%. Sin embargo se pudo observar, que dichas calles son anchas, debido a que poseen doble sentido.

Para la zona del by pass, si posee calles en mal estado, siendo este número mayor a las observadas en la zona del Molino.

La observación

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis.

La observación es un elemento fundamental de todo proceso investigativo; en ella se apoya el investigador para obtener el mayor número de datos. Gran parte del acervo de conocimientos que constituye la ciencia ha sido lograda mediante la observación.

Existen dos clases de observación: la Observación no científica y la observación científica. La diferencia básica entre una y otra es en la intencionalidad: observar científicamente significa observar con un objetivo claro, definido y preciso: el investigador sabe qué es lo que desea observar y para qué quiere hacerlo, lo cual implica que debe preparar cuidadosamente la observación. Observar no científicamente significa observar sin intención, sin objetivo definido y por tanto, sin preparación previa.

Pasos que se llevarán a cabo en La Observación:

1. Determinar el objeto, situación, caso, etc. (qué se va a observar).
2. Determinar los objetivos de la observación (para qué se va a observar).
3. Determinar la forma con que se van a registrar los datos.
4. Observar cuidadosa y críticamente.
5. Registrar los datos observados.
6. Analizar e interpretar los datos.
7. Elaborar conclusiones.
8. Elaborar el informe de observación.

La encuesta

La encuesta es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones impersonales interesan al investigador. Para ello, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos, a fin de que las contesten igualmente por escrito. Ese listado se denomina cuestionario.

Es impersonal porque el cuestionario no lleva el nombre ni otra identificación de la persona que lo responde, ya que no interesan esos datos.

Esta posee la ventaja que puede ser aplicada a sectores más amplios del universo, de manera mucho más económica que mediante entrevistas.

La entrevista

Es una técnica para obtener datos que consisten en un diálogo entre dos personas: El entrevistador "investigador" y el entrevistado; se realiza con el fin de obtener información de parte de este, que es, por lo general, una persona entendida en la materia de la investigación.

La entrevista es una técnica antigua, pues ha sido utilizada desde hace mucho en psicología y, desde su notable desarrollo, en sociología y en educación. De hecho, en estas ciencias, la entrevista constituye una técnica indispensable porque permite obtener datos que de otro modo serían muy difíciles de conseguir.

Esta técnica fue utilizada con la finalidad de obtener datos que ayuden a describir la situación actual de la recolección en la zona de estudio. Para ello se decidió realizar la entrevista al jefe de aseo urbano, el cual es el encargado de manejar el servicio de recolección de desechos sólidos urbanos de la ciudad de Santa Ana.

Procedimiento de la investigación.

La presente investigación, se realizó luego de establecer la colaboración con las autoridades correspondientes de la Alcaldía Municipal y de la Universidad de El Salvador, la investigación será realizada en dos pasos:

- Recopilación de datos: Después de un reconocimiento del área urbana seleccionada y al definir la población de estudio, se procedió a obtener los datos necesarios para cuantificar las variables que intervienen en la realización del diseño de la ruta de recolección. Esto mediante los

instrumentos de recolección de información, que son: La guía de entrevista, guía de observación y cuestionarios dirigidos a informantes claves que tengan conocimiento de la recolección y transporte de los desechos, así como a la población de estudio. La aplicación de estos instrumentos estuvo bajo la responsabilidad de los encargados de esta investigación. Además, se obtuvo información sobre las condiciones que se verán afectadas y/o favorecidas por la propuesta de diseño de ruta de recolección de desechos sólidos urbanos.

- Otro aspecto de estudio, es la forma en que se llevó a cabo la recolección y el transporte de los residuos, estableciendo el recorrido de la ruta de recolección que se manejara, incluyendo los recursos necesarios, tales como: Conductores y ayudantes responsables, el peso de los residuos sólidos recolectados, frecuencia y horarios de recolección, distancias recorridas, tiempos empleados en el transporte de los residuos sólidos hacia el sitio de disposición final , con la finalidad de obtener un parámetro de la cantidad de residuos generados y recolectados. Esto se logrará mediante la aplicación de los instrumentos de campo correspondientes: guía de entrevista.
- Análisis e interpretación de los datos obtenida, se procedió a analizar los resultados para facilitar la comprensión de la misma y poder determinar las variables necesarias para realizar el diseño de la ruta de recolección de desechos sólidos urbanos en la zona de estudio.

3.2.1. Selección de la muestra

Investigación de campo.

La investigación que se realizó es de tipo no Experimental Descriptiva-Propositiva. Es descriptiva porque está dirigida a conocer la situación actual de la generación y recolección de desechos sólidos urbanos en la zona Sur - Oriente de la Ciudad de Santa Ana, tomando en cuenta la falta de información, calidad, y la regularidad con que presta este servicio; así como también la inconformidad de los usuarios que lo reciben. Es propositiva porque está dirigida a proponer una alternativa de ruta de recolección de desechos sólidos en dicha zona.

3.2.2. Determinación del universo y muestra.

Universo

Nuestro Universo está determinado por el número aproximado de viviendas que conforman la Zona Sur-Oriente de la ciudad de Santa Ana, siendo este de 5,600 viviendas. Dicho dato se obtuvo utilizando un plano de parcelas, mediante la contabilización manual de las parcelas que se encuentran en la zona de estudio.

El número de viviendas se obtuvo, utilizando un plano de parcelas de 2007 (ANDA) el cual se utilizó para la contabilización de viviendas, ayudados por la herramienta Google Maps, con la finalidad de obtener un dato más actualizado, ya que la zona estudiada ha experimentado un crecimiento en el número de

viviendas, siendo en la zona céntrica y en mayor en sus alrededores.

Muestra

La muestra representativa del universo es de tipo No Probabilística, porque no le da a cada unidad de la población una oportunidad conocida de ser incluida. Se utilizó la siguiente fórmula¹⁵ ya que es la más adecuada para el tipo de población que se estudio:

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N - 1)E^2 + \sigma^2 Z^2}$$

σ = Desviación estándar de la población.

Z = Nivel de Confianza.

E = Margen de Error.

N = Universo.

n = Tamaño de la muestra.

Considerando que:

N = 5,600

σ = 0.50

¹⁵ Manuel Vivanco (2005). Muestreo estadístico, diseño y aplicaciones. Santiago de Chile: editorial universitaria

$$Z = 1.44 \text{ (85\%)}$$

$$E = 0.07$$

$$n = \frac{N \sigma^2 Z^2}{(N - 1)E^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Sustituyendo:

$$n = \frac{(5,600) (0.50)^2 (1.44)^2}{(5,600 - 1)(0.07)^2 + (0.50)^2 (1.44)^2}$$

$$n = \frac{2,903.04}{27.4351 + 0.5184} = \frac{2,903.04}{27.9535}$$

$$n = 103.85$$

$$n = 104$$

Total de viviendas a encuestar: 104

Para llevar a cabo el presente estudio fue necesario dividir la zona de estudio en sub-zonas, basados en la semejanza en algunos factores que influyen en el diseño de rutas de recolección tales como: Densidad de población, urbanización y topografías, a continuación se detalla cada una de las Sub-Zonas:

Sub - Zona 1: Zona céntrica, la cual está comprendida desde la Calle Libertad Oriente, Avenida Independencia Sur y redondel de Metrocentro.

Sub - Zona 2: Zona del Molino, comprendida desde la 3ra Calle Oriente delimitada por el By – Passy la 25 Avenida Sur.

Sub - Zona 3: Zona By pass, delimitada por el By – Pass calle a Loma Alta y colonias Jardín y Villas del Mediterráneo.

La determinación de estas tres sub-zonas se basó en la infraestructura y servicios con que cuenta cada una, además del número de viviendas; con la finalidad de obtener datos más representativos de la ciudad. A continuación se presenta el número total de viviendas para cada una de las sub-zonas.

Sub - Zona 1: 2,919 casas

Sub - Zona 2: 1,521 casas

Sub - Zona 3: 1,160 casas.

De acuerdo a la proporción de viviendas de cada Sub - zona, el número de las encuestas correspondientes a cada Sub - zona son las siguientes:

Zona 1: 54 encuestas.

Zona 2: 28 encuestas.

Zona 3: 22 encuestas.

Teniendo de esta forma un total de 104 encuestas realizadas.

En la tabla 3.2, se presenta el cálculo de densidad poblacional para cada una de las Sub – Zonas:

Cálculo de densidad poblacional				
Sub Zona	No de casas	Población (hab)	Área (Km2)	Densidad poblacional (hab/Km2)
sub zona 1	2919	17514	1.99	8819.00
sub zona 2	1521	9126	0.29	31041.00
sub zona 3	1160	6960	1.133	6143
Total	5600	33600	3.413	9845

TABLA 3. 1: Calculo de la densidad poblacional por cada sub – zona.

3.3. Resultado de las encuestas dirigidas a los habitantes de la zona sur-oriente de la ciudad de Santa Ana.

A continuación se presenta una tabla resumen, en la cual, se presenta la pregunta, el objetivo de la misma y el análisis correspondiente a cada pregunta.

Pregunta	Objetivo	Análisis
1. ¿Cuántas personas viven en su casa?	Saber el parámetro del número de habitantes de la zona.	Los encuestados contestaron ante esta pregunta en los siguientes porcentajes: <ul style="list-style-type: none"> • Cuatro personas con el 49% • Tres personas con el 23% • Dos personas con el

		10%
2. ¿En promedio, cuanta basura se genera en un día en su hogar?	Saber el parámetro de la generación per cápita de la zona estudiada.	El 38% de las personas encuestadas dijo generar, en promedio diario, de 1 a 3 libras.
3. ¿Pasa el tren de aseo por su hogar?	Saber con la mayor exactitud las zonas por las cuales pasa el tren de aseo.	El 83% de los encuestados manifestó que el tren de aseo pasa por su domicilio.
4. ¿Con cuánto tiempo de anticipación saca la basura de su casa para su recolección?	Tener un parámetro del tiempo que los desechos domiciliarios se encuentran en el sitio previo a su recolección.	El 39% de los encuestados dijo sacar los desechos domiciliarios de 5 a 8 Horas antes de la recolección de los mismos.
5. ¿En que almacena los desechos generados antes de ser recolectados?	Conocer la forma en que los habitantes ponen a disposición los desechos sólidos.	El 82% de los encuestados manifestó poner a disposición los desechos sólidos en bolsas plásticas.
6. ¿De qué forma pone a disposición la basura para su recolección?	Conocer la forma en que las personas ponen a disposición los desechos sólidos domiciliarios.	El 61% de los encuestados manifestó poner a disposición los desechos sólidos domiciliarios en la acera, frente a su domicilio.
7. ¿Considera Usted necesario tener un centro de acopio de basura cerca de su casa?	Conocer la necesidad de un centro de acopio en zonas específicas.	El 76% manifestó el deseo de tener un centro de acopio cerca de su domicilio.
8. ¿Existe algún punto específico donde las personas del sector colocan su basura?	Conocer la existencia de puntos de acopio en la zona estudiada.	El 76% de los encuestados manifestó que si existe un punto específico donde las personas depositan la basura.
9. ¿Es un punto autorizado por la alcaldía?	Conocer si dichos puntos están autorizados por la alcaldía	El 85% de los encuestados manifestó que dichos puntos no están autorizados por la alcaldía.
10. ¿Conoce usted el horario de recolección de las unidades?	Analizar resultados acerca de que tanto está informada la población sobre el horario de las rutas recolectoras	El 79% de los encuestados dijo desconocer el horario de las unidades recolectoras.

11. ¿Con que frecuencia pasa el tren de aseo por su colonia durante la semana?	Recopilar información con el objetivo de saber que tan frecuente es el sistema de recolección en la zona estudiada.	El 71% de los encuestados manifestó que el tren de aseo pasa por su domicilio 3 veces por semana.
12. ¿Pasa la unidad recolectora frente a su casa?	Conocer las zonas por las cuales el tren de aseo pasa frente a los domicilios.	El 83% de los encuestados manifestó que el tren de aseo pasa frente a su domicilio.
13. ¿Considera que la zona en la que vive se mantiene limpia?	Conocer según la opinión de los habitantes, que tan limpia, es considerada la zona en la que habitan.	El 77% de los encuestados percibe vivir en una zona limpia.
14. ¿Qué tipo de desechos son los que se generan en mayor proporción en su casa?	Analizar resultados, a fin de conocer el tipo de desechos comúnmente generados en las casas de la zona estudiada.	Los encuestados contestaron ante esta pregunta en los siguientes porcentajes: <ul style="list-style-type: none"> • Desperdicios de comida con el 53% • Papel con el 35% • Plástico con el 8%
15. ¿Conoce usted las leyes y ordenanzas municipales que regulan la recolección de los desechos sólidos?	Recopilar información, a fin de saber que tanto conoce la población de las ordenanzas municipales.	El 94% de los encuestados manifestó desconocer las ordenanzas municipales.
16. ¿Considera necesario conocer estas leyes y ordenanzas municipales?	Conocer la opinión de la población estudiada, acerca de la importancia de conocer las ordenanzas municipales.	El 96% de los encuestados reconoció la importancia de conocer las ordenanzas municipales.
17. ¿Separa por tipo la basura (papel, madera, metal, vidrio, desperdicios de comida, etc.) que se genera en su hogar?	Conocer el grado de reciclaje que la población estudiada practica.	El 92% de los encuestados manifestó no practicar la separación de los desechos.
18. ¿Estaría en la disposición de hacerlo?	Conocer si la población estudiada estaría dispuesta al reciclaje.	El 79% de los encuestados estaría en disposición de separar la basura según su

		naturaleza.
--	--	-------------

TABLA 3. 2: Tabla resumen de resultado de encuestas dirigida a habitantes de la zona Sur – Oriente de la Ciudad de Santa Ana.

Debido a que una de las personas encuestadas se negó a contestar la encuesta, se decidió a no tomarla en cuenta, por tanto, todos los datos se realizaron en base a 103 encuestas.

3.4 Análisis e interpretación de la información recopilada en la zona sur-oriente de la ciudad de Santa Ana.

La información recolectada por medio de las encuestas, es de suma importancia para la investigación ya que permite tener un parámetro muy acertado de la situación actual de la zona de estudio. Como por ejemplo:

- En la gran mayoría de viviendas encuestadas el número de habitantes es igual o mayor a 4 personas, este dato es de suma pues este parámetro es esencial en la generación de desechos en la zona de estudio.
- De las personas encuestadas un 83% manifestó que el camión recolector pasa por su sector, lo cual se traduce en que no hay una cobertura total, ya que son áreas inaccesibles para el camión recolector.
- El 76% de los encuestados manifestó estar de acuerdo con el establecimiento de un centro de acopio cerca de su domicilio, sin embargo esto solo sería posible si dicha zona cumple con los requisitos municipales para tal efecto.

- El 85% de las personas encuestadas manifestaron que los puntos de acopio conocidos en la zona, son no autorizados por la alcaldía municipal.
- El 79% de los encuestados no conoce el horario de recolección de desechos, por parte de los camiones destinados para este fin, lo que pone en evidencia la falta de información de los habitantes, con respecto al servicio de recolección.
- El 94% de los encuestados desconoce las ordenanzas municipales con respecto al manejo de los desechos sólidos en la ciudad de Santa Ana.
- El 92% de las personas encuestadas no hace ningún tipo de separación antes de la recolección de los desechos sólidos domiciliarios.

3.5. Análisis de resultados de la entrevista realizada al jefe de aseo urbano de la alcaldía municipal de Santa Ana.

Para recoger los datos de la entrevista en profundidad se realizaron grabaciones de audio de la misma y se registró el cuestionario escrito, presentado en el anexo 5.0.

Entrevista al Jefe de aseo, el Sr. Marco Antonio Avilés González, realizada el 30 de Agosto de 2012.

Se realizó la entrevista semi-estructurada por medio de una guía de preguntas abiertas aplicadas a la persona experta en el tema de investigación, como lo es el jefe de aseo de la Ciudad de Santa Ana.

Se transcribieron las grabaciones de la entrevista y se analizó su contenido, obteniendo los siguientes aspectos importantes, con lo cual se logró obtener una mejor perspectiva de la situación actual.

Los días de recolección para cada sub-zona de estudio es de:

- Zona céntrica: lunes, miércoles y viernes.
- Zona del Molino y by pass: martes, jueves y sábado.

Para la recolección de desechos, dicha zonas, están asignadas 3 camiones compactadores, los cuales cuentan con tres peones y un motorista por cada unidad. El sistema de barrido se compone por 140 barrenderos a los cuales se les asigna 30 cuadras, realizando la recolección de andén a andén. Hasta el 30 de Julio del presente año, la disposición final de los desechos sólidos de la ciudad de Santa Ana, era el botadero a cielo abierto en Camones. Sin embargo a partir del 31 de Julio el sitio de disposición final es el relleno sanitario de MIDES Nejapa. Por lo cual el horario de recolección tuvo que modificarse, debido a la distancia que se debe recorrer hasta el nuevo sitio de disposición final. Anteriormente el horario de recolección se dividía en dos turnos:

5:00 a.m. – 12:00 p.m.

12:00 pm – 6:00 p.m.

Pero a partir del 20 de Agosto del presente año, se añadió un turno nocturno el cual es:

6:00 p.m. – 10:00 p.m.

Debido a que la larga distancia recorrida, hasta la disposición final, no les permitía cubrir toda la zona de la ciudad de Santa Ana. Estas mismas razones obligan a los trabajadores a empezar su jornada diaria más temprano, ya que los integrantes de las cuadrillas de recolección, llegan al lugar donde se encuentran los camiones (garaje) a las 4:30 a.m. Esto con el fin de evitar el tráfico en las calles de mayor congestionamiento y aprovechar el clima fresco de esa hora.

El departamento de Aseo está constituido por 300 empleados, los cuales se dividen en: 140 barrenderos, 24 motoristas, 90 peones y el resto constituido

por el personal administrativo.

CAPITULO IV
DISEÑO DE RUTA DE
RECOLECCIÓN DE
DESECHOS SÓLIDOS
URBANOS PARA LA
ZONA SUR – ORIENTE
DE LA CIUDAD DE
SANTA ANA.

4.1 Desarrollo de la metodología para el diseño de la ruta de recolección.

Una fase importante del sistema de recolección de desechos sólidos urbanos, es la que comúnmente se conoce como ruta, la cual consiste en el diseño de los recorridos específicos que deben realizar diariamente los vehículos recolectores en las zonas de la localidad donde han sido asignadas, con el fin de recolectar en la mejor forma posible los residuos generados por los habitantes de dicho sector.¹⁶

A continuación se presentan una serie de factores variables que influyen en el diseño de rutas de acuerdo con la localidad:

Factores	
Urbanización de la localidad.	Equipo de recolección.
Topografía de la localidad.	Densidad de población.
Tránsito, ancho y tipo de las calles.	Generación de residuos sólidos.
Método de recolección.	Número de casas y número de habitantes por vivienda.

TABLA 4. 1: Factores que influyen en el diseño de rutas.

Siguiendo un esquema básico de ingeniería del transporte la problemática se puede organizar en dos partes:

1. Uso eficiente del camino

¹⁶ Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), (2009). Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales. México.

2. Uso eficiente de vehículos

1. Uso eficiente del camino:

Para el uso eficiente del camino, el modelo de ruta más corta resuelve la problemática de una manera fácil, pero no se apega con las condiciones de recolección del municipio de Santa Ana; ya que la basura es recolectada en la acera de cada casa, para aplicar este modelo las personas tendrían que llevar la basura a la ruta de recolección, lo cual no es sencillo de hacer por razones de la cultura y los malos hábitos.

El problema de el agente viajero busca la ruta con la menor longitud posible, saliendo de un punto de origen, visita una sola vez varios puntos y al final regresa al mismo origen, este modelo no es aplicable en las condiciones de recolección ya que se deben respetar los sentidos de cada calle y avenida que conforman la zona, esto obliga que el camión tenga que pasar por un mismo punto más de una vez, además el origen y destino de la ruta de recolección no es el mismo.

2. Uso eficiente de vehículos.

Para el uso eficiente de vehículos existen herramientas logísticas y algoritmos de ruteo, pero hasta el día de hoy no se ha desarrollado un algoritmo único y general que se adapte a cualquier condición de cada país o zona de estudio y que resuelva instancias de este tipo en un tiempo corto estimado, ya que por el tipo de problema, el número de soluciones crece exponencialmente con el número de nodos origen-destino que se incluyen.

Una herramienta para la solución de problemas de recolección es el uso de software pero en la mayoría de los casos los paquetes desarrollados son costosos, requieren mapas digitalizados y bases de datos geográficos para funcionar adecuadamente y ofrecer soluciones realistas para la zona.

Desarrollando un método heurístico para la solución de problemas en el diseño de rutas de recolección se logran responder interrogantes básicas para tener un enfoque logístico eficiente o: ¿Cuántos vehículos son necesarios para la zona? y ¿Cuánto recolectar en cada ruta?. Además se pueden disminuir las distancias en las cuales el tren de aseo no recolecta basura, dicho de otra manera disminuir las distancias muertas, tomando en cuenta factores como: estado de calles, avenidas y el sentido vial de estas.

Para la presente investigación, la metodología que será utilizada tomará como base el Manual técnico sobre generación, recolección y transferencia de residuos sólidos municipales elaborado por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) de México, ya que se considera que es el más adaptable a las condiciones de nuestro país, el cual propone el diseño de rutas fundamentadas en métodos heurísticos.

4.1.1 Determinación de las variables que influyen en el diseño de rutas de recolección.

Generación de desechos sólidos (G)

El índice de generación per cápita se obtiene con base en la generación promedio de desechos sólidos por habitante, medido en kg/hab/día, a partir de la información obtenida de un muestreo aleatorio en campo, realizado en cada una de las sub zonas en las que fue dividida la zona de estudio.

Dentro del contexto de este trabajo quedan contemplados los desechos sólidos urbanos domiciliarios, que son aquellos que se generan en las casas-habitación, mediante la utilización de la metodología para determinar la

generación per cápita de desechos sólidos establecida en la “Norma Mexicana NMX-AA-061-1985 Protección al Ambiente - Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Determinación de la Generación”.

La finalidad de este estudio es generar información cuantitativa, sobre la cantidad de los desechos sólidos urbanos producidos en la zona de estudio.

El trabajo de campo o muestreo consiste en la toma diaria de muestras de la basura generada en las casas-habitación seleccionadas (recolección), durante un periodo de ocho días.

La metodología para realizar el trabajo de campo consiste en la recolección de desechos sólidos generados en las casas-habitación seleccionadas para las tres sub zonas. A continuación se describe la secuencia de actividades que se realizará:

1. A partir del primer día (domingo 09 de septiembre), se inicia la recolección diaria de los desechos generados en cada sub-zona, a la cual se denomina “Actividad de Barrido”. Esto sirve como una operación de limpieza para asegurar que los residuos generados correspondan a un día y se procede a pesar los desechos y registrar los resultados en fichas para cada casa. Simultáneamente, con la operación de limpieza, se entrega una nueva bolsa para el almacenamiento de los residuos que se generaban en las siguientes 24 horas.
2. A partir del segundo día y hasta el último (domingo 16 de septiembre), se efectúa la recolección diaria de los residuos generados en cada casa-habitación por estrato, así como la entrega de una nueva bolsa de polietileno. Al término de la recolección, se trasladaban los residuos sólidos a un centro de recepción.

Determinación de la generación per cápita en la zona sur – oriente de la ciudad de Santa Ana.

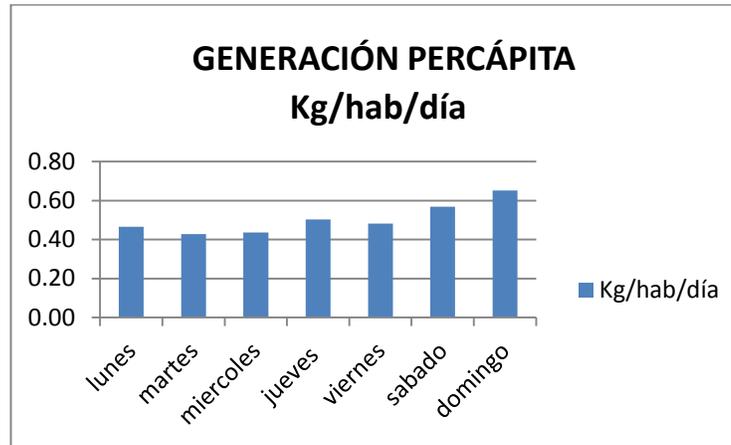
De los resultados obtenidos de las casas-habitación que se muestrearon, se registraron una serie de valores diarios de peso de desechos en kg, que se dividieron entre el número de habitantes del hogar donde fueron generados, determinado los promedios de generación per cápita diarias. A continuación se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos en la investigación de campo:

GENERACION PERCAPITA DE LA ZONA SUR-ORIENTE								
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Prom diario
Lb/hab/día	1.03	0.94	0.96	1.11	1.06	1.25	1.44	1.11
Kg/hab/día	0.47	0.43	0.44	0.50	0.48	0.57	0.65	0.51

TABLA 4. 2: Generación per cápita de la zona Sur – Oriente de la Ciudad de Santa Ana.

El dato de generación a utilizar para la zona de estudio, es el valor promedio de generación obtenido durante la investigación antes descrita, el cual es de 0.51 Kg/hab/día, lo cual representa que por cada habitante de la zona se generan 0.51 Kg de desechos sólidos por día

A continuación se muestra el grafico con las variaciones de la generación diarias obtenidas durante el período en que se realizó la investigación.



ILUSTRACION 4. 1: Generación per-cápita promedio por habitante por día para la zona de estudio.

Frecuencia de la recolección (F)

La frecuencia “F” resulta de las decisiones previas a tomar en la recolección; mientras menor sea la frecuencia, más económica es la recolección. Basándose en que la mosca tarda entre 9 y 20 días en llegar del huevo a adulto, por razones sanitarias no conviene reducir la frecuencia a menos de 2 veces por semana y, como límite una vez por semana.

La frecuencia de la recolección determina la cantidad de residuos a almacenar, de acuerdo al número de días en que se ofrece el servicio de recolección. A continuación se presentan los factores de frecuencia comúnmente utilizados:

Frecuencia de recolección	Factor (FR)
Diaria	1
Cada tercer día	2
Tres veces por semana	3
2 veces por semana	4

TABLA 4. 3: Factores de frecuencia de recolección.

Para efectos de la presente investigación, se tomará la frecuencia de recolección actualmente utilizada, que es igual a 3 días por semana, ya que por las condiciones de la zona y los recursos disponibles, se dificultaría reducir o aumentar este número.

Capacidad útil del vehículo (C)

Los datos necesarios para conocer la capacidad útil de los vehículos son: el volumen de la caja, la densidad que alcanzan los residuos sólidos y la existencia de mecanismos compactadores, es decir el peso volumétrico compactado de los desechos en los vehículos recolectores.

El volumen de la caja de los vehículos se expresa en m^3 (o yd^3), para el caso de las unidades de recolección utilizadas actualmente este valor es de $13.76 m^3$ ($18 yd^3$).

Para determinar la capacidad útil de los vehículos recolectores, se utilizarán los datos proporcionados por el jefe de aseo urbano de la alcaldía municipal de Santa Ana, los cuales consisten en fichas que se les dan a los conductores de los vehículos recolectores, cuando estos van a depositar los

desechos al relleno sanitario de Nejapa, en estas se describen los pesos netos de los residuos recolectados por cada equipo durante la semana del 10 al 16 de septiembre del presente año. Además, para obtener el dato específico de la zona sur oriente, fue necesario conseguir la información sobre los equipos asignados a la zona de estudio.

En la siguiente tabla se presentan los días y equipos asignados a la zona de interés:

Equipo Asignado	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Equipo 1	x	x	x	x	x	x
Equipo 2	x		x		x	
Equipo 8	x		x		x	

TABLA 4. 4: Equipos asignados por día.

A continuación se presentan los valores de los pesos de los desechos recolectados por cada equipo de la zona y el peso promedio diario por cada uno de estos.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Prom por Equipo (Kg)
Eq. 1-1	8082	8136	5655	6509	5364	6555	6717
Eq. 1-2	6782	6464	5573	4573	5314	6218	5820
Eq. 2-1	8518	0	7318	0	7309	0	7715

Eq. 2-2	7791	0	7200	0	6264	0	7085
Eq. 8-1	9536	0	6527	0	5773	0	7279
Eq. 8-2	6791	0	6800	0	7336	0	6976
Prom diario (Kg)	7917	7300	6512	5541	6226	6386	6650

TABLA 4. 5: Tabla comparativa de capacidad útil de recolección por equipo.

El peso promedio de los desechos sólidos para los vehículos de recolección es 6650 Kg, este será el dato de capacidad que se utilizará para los vehículos de aquí en adelante.

Número de viajes por turno (N)

El número de viajes por turno puede ser 1, 2, ó 3, y eventualmente 4. Para este caso se consideraran 2 viajes por turno, estando este número sujeto a ajustes según sea necesario.

Número de vehículos necesarios o sectores en que se dividirá la zona (Nv)

Como una primera aproximación del número de vehículos necesarios o sectores en que se dividirá la zona, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$Nv = \frac{G \times P \times 7}{N \times C \times dh}$$

Donde:

Nv = Número de vehículos necesarios o sectores en que se dividirá la zona.

G = Producción de residuos sólidos en kg/hab/día.

P = Población de diseño en habitantes.

N = Número de viajes por unidad por jornada normal de trabajo.

C = Capacidad útil de vehículo en kg.

7/dh = Relación que toma en cuenta los residuos sólidos generados entre los días de la semana que se recolecta en la zona.

Datos:

Nv = ?

G = 0.51 Kg/hab/día

P = 33600 hab

N = 1 viaje

C = 6650 Kg

7/dh= 7/3 días

$$Nv = \frac{0.51 \frac{\text{Kg}}{\text{hab}} \times 33600 \text{ hab} \times 7 \text{ dias}}{1 \text{ viaje} \times 6650 \text{ Kg} \times 3}$$
$$Nv = \frac{119952}{19941}$$

Nv = 6.01 \cong 6 viajes

La zona de estudio se dividirá en 6 sectores, que serán recorridos en 6 viajes, los cuales podrán ser cubiertos por tres camiones recolectores en una jornada trabajo, realizando un viaje por turno, o sea dos viajes por jornada por cada unidad.

Número de casas o usuarios por vehículo (U)

El número de casas o usuarios que puede servir un vehículo se estima a través de la siguiente fórmula:

$$U = \frac{N \times C \times F}{H_c \times G}$$

Donde:

U = Número de usuarios servidos por el vehículo en una jornada normal de trabajo.

N = Número de viajes que puede realizar el vehículo en la jornada.

C = Capacidad útil del vehículo, en kg.

F = Frecuencia de recolección.

H_c = Habitante promedio por casa o vivienda.

G = Producción de residuos sólidos en kg /hab/día.

Datos:

U = ?

N = 2 Viajes por jornada

C = 6650 Kg

F = 3/7

H_c = 6 habitantes por vivienda

G = 0.51 Kg/hab/día

$$U = \frac{2 \times 6650 \text{ Kg} \times \frac{3}{7}}{6 \text{ hab} \times 0.51 \text{ Kg}}$$

U = 1862 Casas

El camión recolector tiene la capacidad de servir diariamente a 1862 casas en una jornada de trabajo de dos turnos, lo cual corresponde a 11172 habitantes por día, es decir, que por cada viaje la unidad puede atender 931 casas y una población de 5586 habitantes.

4.2 Diseño de macro rutas de recolección de desechos sólidos urbanos.

Se denomina macro rutas a la división de la ciudad en sectores operativos, a la determinación del número de camiones necesarios en cada una y a la asignación de un área del sector en cada vehículo recolector.

Básicamente, el macro ruteo consiste en dos etapas: proyecto de gabinete y ajuste de campo; en el primero se hace el cálculo teórico de las necesidades u áreas asignadas a cada vehículo, y en el segundo se afinan los contornos de las mismas para balancearlos y nivelar las cargas de trabajo entre las diferentes cuadrillas, la investigación contempla el cálculo teórico de los sectores a los que serán asignados cada uno de los vehículos de acuerdo a las necesidades.

El diseño de las macro rutas para la zona Sur Oriente de la Ciudad de Santa Ana, se llevará a cabo de la siguiente manera:

La zona dividirá en 6 sectores, que serán cubiertos por 3 vehículos recolectores, con una frecuencia de 3 veces por semana; la presente investigación no toma en cuenta los ajustes que se deben hacer para los días lunes, dado que la cantidad de desechos para este día se incrementa debido a que domingo no se recolecta, lo que provoca un aumento en los días que transcurren para la próxima recolección.

El diseño de macro rutas se realizará partiendo de la población "P" de la zona de estudio que es de 33600 habitantes, del valor de generación per cápita

de residuos sólidos “G” que se obtuvo, que es de 0.51 kg/hab/día y de la frecuencia del servicio que se decidió tomar “F” igual a 3 veces por semana.

El macro ruteo incluirá los siguientes recorridos: de garage (oficina de aseo urbano) a inicio de micro ruta para cada sector, de punto donde finaliza la micro ruta de cada sector a punto de disposición final de los desechos sólidos y el recorrido común que deben seguir las unidades cuando parten del punto de disposición final al garage.

Las rutas parten y finalizan en el garage, ya que es el lugar donde se guardan los vehículos y al término de cada ruta que es abarcada en un turno de trabajo estos deben regresar a este punto para que se realice el cambio de cuadrilla e iniciar un nuevo viaje.

4.2.1 Sectorización de la zona sur - oriente de la ciudad de Santa Ana

La sectorización consiste en dividir la zona de estudio en sectores de recolección para una unidad, esto se realizó determinando el área aproximada de las sub zonas, las cuales fueron divididas tomando en cuenta la distribución habitacional de cada una de ellas. Para ello se utilizó el resultado del número de vehículo (Nv), que representa el número de viajes que se deben realizar para cubrir la zona, este dio como resultado 6. Por lo que la zona será dividida en 6 sectores, enumerados del 1-6, para esto se tomo en cuenta el dato de densidad poblacional determinado en el Capítulo III.

Por lo que el área de cada sector estará determinada por:

$$A = \frac{\text{Número de habitantes}}{\text{Densidad poblacional}}$$

Tomando en cuenta que el número de personas que puede servir una unidad es de aproximadamente 5590 habitantes (como se determinó anteriormente en Número de usuarios servidos por vehículos). A continuación se calculan las áreas de cada sub zona que pertenecen al sector:

Sector	No de viaje	Área (Km2)			Habitantes servidos			
		Sub Zona 1	Sub Zona 2	Sub Zona 3	Sub Zona 1	Sub Zona 2	Sub Zona 3	Total
1	1	0	0.18	0	0	5587	0	5587
2	2	0.23	0.11	0	2046	3539	0	5585
3	3	0.63	0	0	5582	0	0	5582
4	4	0.63	0	0	5582	0	0	5582
5	5	0.49	0	0.21	4304	0	1284	5588
6	6	0	0	0.92	0	0	5676	5676
Total	6	1.97	0.29	1.13	17515	9126	6960	33600

TABLA 4. 6: Sectorización de Zona Sur Oriente de la Ciudad de Santa Ana.

4.2.2 Descripción de sectores

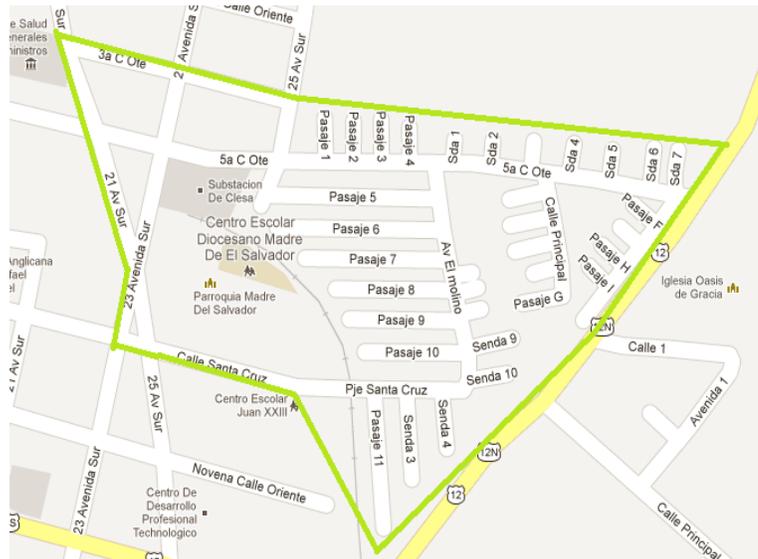
Sector 1

Éste se encuentra formado por un área de 0.18 Km² de la sub zona 2, la cual comprende el área del molino, esta se caracteriza por tener una densidad poblacional muy elevada (31041hab/Km²).

A continuación se presenta una tabla donde se resumen la totalidad de las distancias de las calles del sector 1, el total de desechos a recolectar y el factor de recolección en Kg de desechos por metro.

Distancia total (m)	2316
Desechos a recolectar (Kg)	6650

TABLA 4. 7: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 1



ILUSTRACION 4. 2: Sector 1

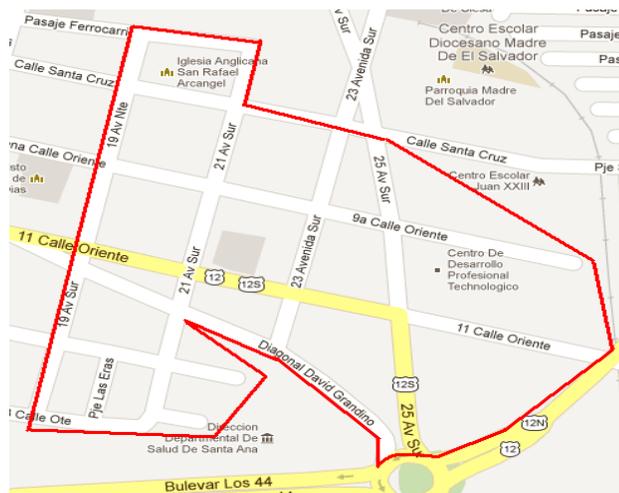
Sector 2

Está formado por un área de 0.232 Km² y 0.114 Km², de la sub zona 1 y 2 respectivamente, la sub zona 1, corresponde la zona céntrica de la ciudad que cuenta con una densidad poblacional de 8819 hab/ Km².

A continuación se presenta una tabla donde se resumen la totalidad de las distancias de las calles del sector 2 donde se debe recolectar, el total de desechos a recolectar y el factor de recolección en Kg de desechos por metro.

Distancia total (m)	3712
Desechos a recolectar (Kg)	6650

TABLA 4. 8: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 2



ILUSTRACION 4. 3: Sector 2

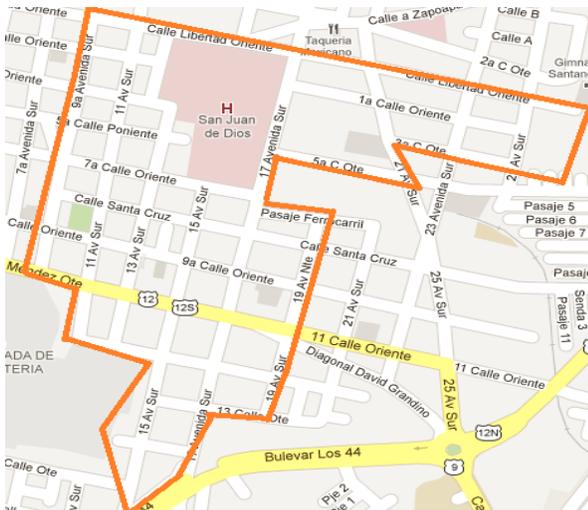
Sector 3 y 4

Pertencen en su totalidad a la sub zona 1, es decir, que se encuentran ubicados en zona céntrica. Estos sectores cuentan con un área aproximada de 0.633 Km².

A continuación se presentan las tablas donde se resumen la totalidad de las distancias de las calles de los sectores 3 y 4 donde se debe recolectar, el total de desechos a recolectar y el factor de recolección en Kg de desechos por metro para cada uno de estos.

Distancia de recolección (m)	9498
Desechos a recolectar (Kg)	6650

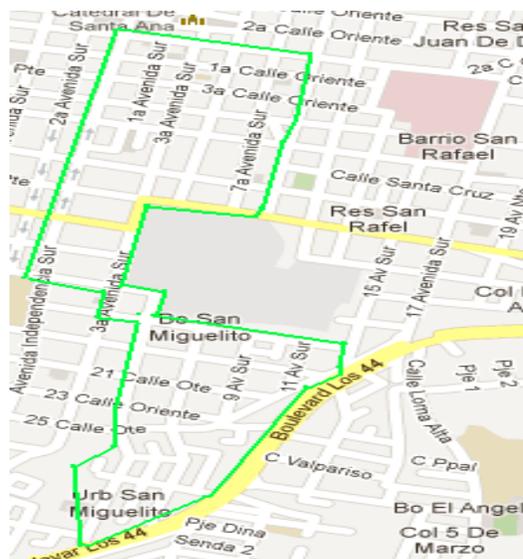
TABLA 4. 9: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 3



ILUSTRACION 4. 4 Sector 3

Distancia de recolección (m)	9206
Desechos a recolectar (Kg)	6650

TABLA 4. 10: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 4



ILUSTRACION 4. 5: Sector 4

Sector 5

Cuenta con un área de 0.488 Km² de la sub zona 1 y con 0.209 Km² de la sub zona 3, esta última pertenece a la zona que se encuentra del lado oriente del by pass.

En la siguiente tabla, se presenta el resumen de las distancias totales de las calles donde se debe recolectar en el sector 5, el total de desechos a recolectar y el factor de recolección en Kg de desechos por metro.

Distancia de recolección (m)	9614
Desechos a recolectar (Kg)	6650

TABLA 4. 11: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 5



ILUSTRACION 4. 6: Sector 5

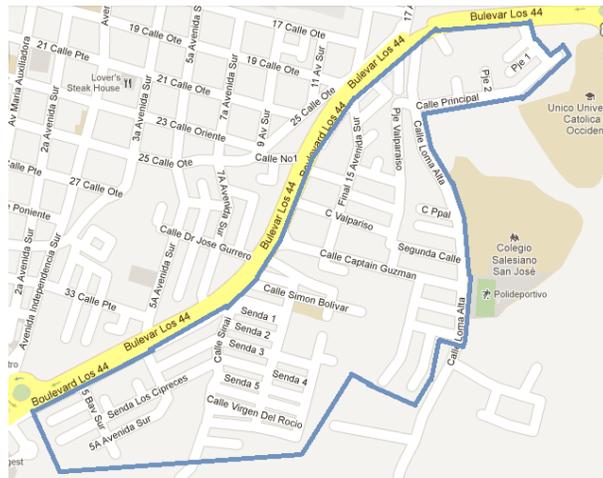
Sector 6

Este sector se encuentra ubicado en la sub zona 3, con un área de 0.924 Km² y una densidad poblacional de 6143 hab/Km².

En la siguiente tabla, se presenta el resumen de las distancias totales de las calles donde se debe recolectar en el sector 6, el total de desechos a recolectar y el factor de recolección en Kg de desechos por metro.

Distancia de recolección (m)	7378
Desechos a recolectar (Kg)	6650

TABLA 4. 12: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar en sector 6



ILUSTRACION 4. 7: Sector 6

4.2.3 Recorridos de macro rutas

Para la elaboración de los recorridos tanto de macro rutas, como de micro rutas, será necesario tener identificados los siguientes puntos:

- a) Lugar de garage
- b) Lugar de disposición final
- c) Sentidos de circulación
- d) Topografía
- e) Vías serviles y vías no serviles (Transitables o no transitables)

El lugar de garage, es la oficina de aseo urbano de la Alcaldía Municipal de Santa Ana, es decir el lugar donde se guardan las unidades de recolección, se encuentra ubicado sobre 11ª sur, entre 9ª y 13ª calle oriente.

El lugar de disposición final, es decir el punto donde se deberán llevar los desechos generados en la zona al finalizar su recorrido, está ubicado en el Caserío El Zompopo, en el municipio de Texistepeque.

La topografía, vías transitables o no transitables y sentidos de circulación, se obtuvieron mediante la observación y el conocimiento que se tiene sobre las calles y avenidas que componen la zona de estudio, por lo que para la determinación de estos últimos, se procedió a marcar en un mapa impreso a una escala de 1:32 todos los sentidos de estas.

En esta etapa del diseño de rutas se determinarán los recorridos que deberán seguir los equipos cuando parten del garage al punto más cercano que representará el inicio de la micro ruta para cada sector, se establecerán los puntos donde se finalizará cada micro ruta, de tal manera que estos se encuentren lo más cerca posible del punto de disposición final, así mismo se

Sector No	Distancia (m)
1	750
2	550
3	0
4	550
5	800
6	2200

TABLA 4. 13: Resumen de recorridos de garage a micro ruta de sector 1

Luego de la llegada de los vehículos a su sector correspondiente, empiezan su recorrido dentro del mismo (micro ruta), al finalizar con esta los vehículos deben recorrer una distancia para llevar los desechos recolectados a su punto de disposición final (ver tabla 4.14) y regresar nuevamente a su punto de partida (garage), buscando el recorrido que represente la menor distancia, esta es igual a 11600 m.

Sector	Distancia (m)
Sector 1	10680
Sector 2	10900
Sector 3	11070
Sector 4	13050
Sector 5	13050
Sector 6	12600

TABLA 4. 14: Resumen de recorridos de micro ruta de cada sector a relleno sanitario.

4.3 Diseño de micro rutas de recolección de desechos sólidos urbanos.

Se denomina micro ruteo, al recorrido específico que deben realizar diariamente los vehículos recolectores de residuos sólidos, en los diferentes sectores de la ciudad, donde han sido asignados y al igual que el macro ruteo se basa en los factores presentados en la tabla 4.1.

Para esta etapa del diseño y después de efectuar la sectorización, es necesario diseñar cada ruta en detalle, para lo cual es preciso considerar las reglas básicas que a continuación se presentan:

4.3.1 Reglas básicas para el diseño de rutas

- a) El diseño de rutas trata de aumentar la distancia productiva en relación a la distancia total.
- b) Los recorridos no deben fragmentarse ni traslaparse. Cada uno debe consistir en tramos que queden dentro de la misma área de la ciudad o localidad en estudio.
- c) El inicio de una ruta debe estar cerca del garage y el final cerca del lugar de disposición final de residuos sólidos.
- d) En lugares con pendientes fuertes o desniveles altos, debe procurarse hacer el recorrido de la parte alta a la parte baja. Si se presentan hondonadas que hay que bajar y luego subir, hay que procurar atenderlas al comienzo del viaje, cuando el vehículo recolector va con poca carga.
- e) Tratar de recolectar simultáneamente ambos lados de la calle. Sin embargo, ello no es recomendable en avenidas muy anchas o con mucho tránsito.

- f) Se debe respetar el sentido de circulación y la prohibición de ciertos virajes.
- g) Evitar los giros a la izquierda y las vueltas en U, por que hacen perder tiempo, son peligrosos y obstaculizan el tránsito.
- h) Las calles con mucho tránsito deben recorrerse en las horas en que este disminuye.
- i) Cuando hay estacionamientos de vehículos, hay que procurar efectuar la recolección en los momentos que la calle está más despejada.
- j) En las calles muy cortas o sin salida, es preferible que los vehículos recolectores no entren en ellas, sino que esperen en la esquina y que el personal vaya a buscar los receptáculos con los residuos, o en su caso el público lo deposite en la esquina más cercana a la ruta de recolección. Esto economiza mucho tiempo.
- k) Cuando la recolección se hace simultáneamente a ambos lados de la calle, deben hacerse recorridos largos y rectos, con pocas vueltas.
- l) Cuando la recolección se hace primero por un lado de la calle y después por el otro, generalmente es mejor tener recorridos con muchas vueltas a la derecha alrededor de manzanas.
- m) Es preciso reconocer muy bien las características propias de la ciudad para que las rutas de los camiones recolectores no causen muchos problemas.

Mejora ruta a ruta

Consiste en ir generando rutas solución hasta llegar a una ruta que le parezca satisfactoria; utilizando soluciones heurísticas, esto es, soluciones prácticas basadas en reglas metodológicas no necesariamente formalizadas, positivas y negativas que sugieren o establecen como proceder y problemas a evitar al momento de generar soluciones o elaborar hipótesis.

Eliminación de las rutas menores.

Basándose en consideraciones heurísticas, pueden eliminarse rutas menores, es decir que aquellas secciones de la ruta que le hacen alejarse de lo óptimo; y en consecuencia el costo de una sección de la ruta rebasa el límite superior (o capacidad del vehículo recolector) es recomendable que sean eliminadas.

4.3.2 Recorridos de micro rutas

Para realizar los recorridos de las micro rutas de cada sector, se obtiene del google maps un plano de la zona y de los sectores ubicados en el área estudio, luego por medio de la herramienta de maps lab (herramienta de google maps que se utiliza para medir distancias), se determinan las longitudes de las calles y avenidas de las cuadras que componen cada sector. A continuación, se procede a asignarle nodos enumerados a cada una de estas, donde los nodos representan la cantidad de basura que se genera en esa sección de la cuadra, posteriormente, se realizan los recorridos para cada sector, elaborando dos alternativas de ruta por sector y evaluándolas conforme a las reglas de diseño antes mencionada, para evaluar y elegir aquella que más se apegue.

4.3.3 Determinación de distancias de recolección para la zona sur oriente de la ciudad de Santa Ana

Es importante conocer las distancias implicadas en los recorridos para cada sector, así como el factor de desechos que se deben recolectar por cada metro lineal recorrido, por lo que se comienza por determinar la distancia total por sector, en el que los desechos serán recolectados por el tren de aseo, así como aquellas distancias donde el vehículo no recolectará, esto tomando en cuenta que más de uno de los sectores lindan con otros, por lo que los desechos asignados a esas calles o avenidas, ya han sido recolectadas en la micro ruta de ese sector. A continuación se presentan las tablas donde se resume lo antes mencionado para cada sector:

	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Sector 6
Distancia total (m)	2316	3800	10682	11990	9614	7378
Distancia sin recolección (m)	0	30	1184	2784	0	0
Distancia de recolección (m)	2316	3800	9498	9206	9614	7378
Desechos a recolectar (m)	6650	6650	6650	6650	6650	6650
Desechos por metro (Kg/m)	2.87	1.75	0.7	0.72	0.69	0.9

TABLA 4. 15: Resumen de distancias y cantidad de desechos a recolectar por sector.

4.3.4 Elaboración de alternativas de micro ruta y selección de alternativa por sector.

Este apartado comprende la asignación de nodos a cada sector y la elaboración de 2 rutas alternativas para cada sector, las cuales son realizadas tomando en cuenta las reglas básicas de diseño presentadas anteriormente.

Las tablas que con las rutas alternativas que serán elaboradas, contienen: la secuencia de recorrido de los nodos (ruta), las distancias asignadas a cada nodo, las distancias de recorrido, la cantidad de desechos que recolecta en cada nodo y el acumulado de los mismos para cada sector.

Donde:

 Representa distancias productivas del recorrido (sin tomar en cuenta lo ocurrido en las sendas.

 Representa aquellos nodos que se encuentran dentro del sector y pueden formar parte del recorrido; pero que también forman parte de otro sector (nodos lindantes), por lo que la cantidad de desechos asignados a estos han sido previamente recolectados, por lo tanto estos sirven únicamente como conexión con otros nodos.

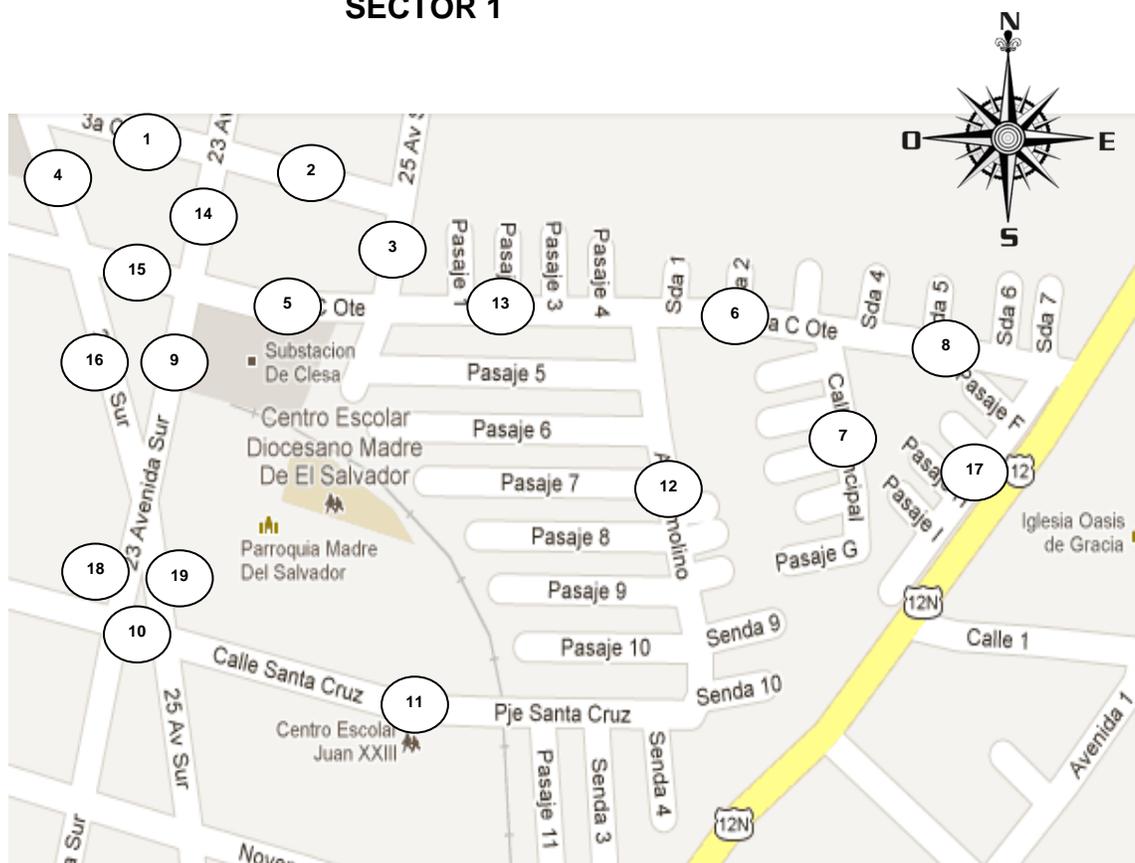
 Representa los nodos donde hay sendas o finales de calle (entendiéndose por senda aquellos caminos estrechos que tiene un tope, donde puede entrar el vehículo recolector) estos implican retrocesos en los recorridos.

 Representa aquellos nodos donde el vehículo recolector no puede entrar, debido al mal estado de las calles o para evitar que un gran incremento en las distancias muertas, pero los desechos asignados a estos son

recolectados, ya que los habitantes ponen a disposición sus desechos en un punto accesible al recorrido del tren de aseo.

 Representa las distancias muertas incluidas en los recorridos, es decir, aquellos nodos por los que el vehículo ha pasado una vez recolectando y otras veces utilizando estos nodos como conexión.

SECTOR 1



ILUSTRACION 4. 9: Asignación de nodos en Sector 1

SECTOR 1 - ALTERNATIVA 1				
RUTA	DISTANCIA ASIGNADA (m)	DISTANCIA DE RECORRIDO (m)	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA (Kg)	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA (Kg)
10	30	30	86	86
11	330	330	948	1034
12	211	211	606	1640
13	178	178	511	2151
3	120	120	345	2495
2	57	57	164	2659
1	120	0	345	3003
4	110	0	316	3319
14	70	70	201	3520
15	70	0	201	3721
16	120	0	345	4066
9	120	120	345	4410
18	68	68	195	4606
10	30	30	0	4606
19	73	73	210	4815
9	120	120	0	4815
5	120	120	345	5160
13	178	178	0	5160
6	121	121	347	5507
7	120	240	345	5852
8	116	116	333	6185
17	162	324	465	6650
TOTAL	2644	2506	6650	6650

TABLA 4. 16: Alternativa 1 de micro ruta para sector 1

SECTOR 1 - ALTERNATIVA 2				
RUTA	DISTANCIA ASIGNADA	DISTANCIA DE RECORRIDO	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA
10	30	30	86	86
18	68	0	195	281
19	73	73	210	491
9	120	120	345	836
15	70	0	201	1037
16	120	0	345	1381
14	70	70	201	1582
4	110	0	316	1898
1	120	0	345	2243
2	57	57	164	2406
3	120	120	345	2751
13	178	178	511	3262
12	211	211	606	3868
11	330	330	948	4815
19	73	73	0	4815
9	120	120	0	4815
5	120	120	345	5160
13	178	178	0	5160
6	121	121	347	5507
7	120	240	345	5852
8	116	232	333	6185
17	162	324	465	6650
TOTAL	2687	2597	6650	6650

TABLA 4. 17: Alternativa 2 de micro ruta para sector 1

La tabla 4.18 presenta en resumen la descripción de los recorridos del sector 1, donde se indica para cada alternativa:, el nodo de inicio de la micro ruta (nodo 10), los nodos donde hay finales de calle (7, 17), el número de retrocesos en recorrido (2) y la distancia que representan (282 m), las calles que no serán recorridas son las asignadas a los nodos 1, 4, 15 y 16 para

alternativa 1 y agregando el nodo 18 a la alternativa 2. Como nodo de finalización está dispuesto el nodo 17.

Sector 1		
Descripción de recorridos	ALT 1	ALT 2
Nodo de inicio (nodo)	10	10
Sendas o finales de calle (nodos)	7, 17	7, 17
Retrocesos (cantidad, distancia)	2(282 m)	2(282 m)
Calles en mal estado o no recorridas (nodos)	1, 4, 15, 16	1, 4, 15, 16, 18
Calles cortas en las que no entra < 70 m (nodo, distancia)	0	0
Nodo de finalización (nodo)	17	17

TABLA 4. 18: Descripción de recorridos para sector 1

En la tabla 4.19 se presentan las diversas actividades que conlleva el recorrido del sector 1. Donde la distancia total de recolección consiste en el total de las distancias que corresponden al sector donde se debe (puede) recolectar desechos, que corresponde a 2316 m para ambas alternativas, mientras que las distancias no recorridas son 420 m y 488 m respectivamente, las distancias productivas del recorrido son de 1896 m para la primera alternativa y 1828m para la segunda, las distancias muertas son de 610 m y 769 m para la alternativa 1 y 2 respectivamente. La distancia total de micro ruta para la alternativa 1 es menor que la de la alternativa 2 con 159 m de diferencia, para este sector no hay nodos lindantes, las vueltas a la izquierda son 7, mientras que la alternativa 2 tiene 3, las reglas de diseño establecen que hay que evitar las vueltas en este sentido pero para efectos del sector no es muy importante ya que hay poco tránsito por lo que no afecta mucho, las vueltas a la derechas son 4 para la alternativa 1 y 8 para la alternativa 2.

Sector 1		
Actividad	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia total de recolección	2316	2316
Distancias no recorridas	420	488
Distancias productiva	1896	1828
Distancias muertas	610	769
Distancia Total de micro ruta	2506	2597
Distancias sin recolección por nodos lindantes	0	0
Giros a la izquierda (cantidad)	7	3
Giros a la derecha (cantidad)	4	8

TABLA 4. 19: Actividades asignadas para alternativas del sector 1

A continuación se presenta la tabla con el resumen de distancias que comprenden las rutas alternativas de recolección del sector 1. En esta se encuentran: la distancia de garage a inicio de micro ruta con 550 m, la distancia total recorrida en la micro ruta con 2506 m para la alternativa 1 y 2597 m para la alternativa 2. Las distancias de final de micro ruta al relleno sanitario es de 10680 m y de este al garage con 11600 m.

Sector 1		
Recorridos	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia de garage a inicio de micro ruta	550	550
Distancia de recorrido de micro ruta	2506	2597
Distancia de final de micro ruta a lugar de disposición final	10680	10680
Distancia de lugar de disposición final a garage	11600	11600
Distancia Total de Ruta	25336	25427

TABLA 4. 20: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 1

La alternativa seleccionada es la alternativa 1, esto debido a que tiene menores distancias muertas que la alternativa 2.

Secuencia de ruta para el sector 1:

**Garage→10→11→12→13→3→2→(1)→(4)→14→(15)→(16)→9→18→10
→19→9→5→13→6→7→8→17→Relleno Sanitario→Garage**

SECTOR 2 - ALTERNATIVA 1				
RUTA	DISTANCIA ASIGNADA	DISTANCIA DE RECORRIDO	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA
32	88	88	167	167
34	103	103	196	363
30	62	62	118	480
33	74	148	141	621
36	88	88	167	788
35	52	0	99	887
34	103	103	0	887
37	88	88	167	1054
31	100	100	190	1244
30	62	62	0	1244
25	20	20	38	1282
15	100	100	190	1472
7	90	90	171	1643
8	100	100	190	1832
2	70	0	133	1965
1	110	0	209	2174
9	99	99	188	2362
19	100	100	190	2552
26	41	41	78	2630
28	234	234	444	3074
29	170	170	323	3397
23	200	0	380	3777
20	100	100	190	3967
14	180	360	342	4309
12	110	110	209	4518
13	30	30	0	4518
8	100	100	0	4518
3	100	100	190	4707
4	57	0	108	4816
6	89	89	169	4985
5	100	100	190	5175

16	100	100	190	5364
17	100	100	190	5554
18	100	100	190	5744
21	100	100	190	5934
20	100	100	0	5934
11	67	67	127	6061
10	100	100	190	6251
5	100	100	0	6251
16	100	100	0	6251
24	110	110	209	6460
27	100	100	190	6650
28	234	234	0	6650
TOTAL	4331	4096	6650	6650

TABLA 4. 21: Alternativa 1 de micro ruta para sector 2

SECTOR 2 - ALTERNATIVA 2				
RUTA	DISTANCIA ASIGNADA	DISTANCIA DE RECORRIDO	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA
16	100	100	190	190
6	89	89	169	359
4	57	0	108	467
3	100	100	190	657
1	110	0	209	866
2	70	0	133	999
7	90	90	171	1170
15	100	100	190	1360
25	20	20	38	1398
30	62	62	118	1515
31	100	100	190	1705
37	88	88	167	1872
34	103	103	196	2068
35	52	0	99	2167
36	88	88	167	2334

33	74	148	141	2474
31	100	100	0	2474
32	88	88	167	2641
24	110	110	209	2850
25	20	20	0	2850
18	100	100	190	3040
21	100	100	190	3230
23	200	0	380	3610
20	100	100	190	3800
14	180	360	342	4142
11	67	67	127	4269
10	100	100	190	4459
6	89	89	0	4459
3	100	100	0	4459
8	100	100	190	4649
9	99	99	188	4837
19	100	100	190	5026
26	41	41	78	5104
28	234	234	444	5549
29	170	170	323	5871
20	100	100	0	5871
12	110	110	209	6080
10	100	100	190	6270
5	100	100	190	6460
6	89	89	0	6460
17	100	100	190	6650
18	100	100	0	6650
26	41	41	0	6650
28	234	234	0	6650
TOTAL	4375	4140	6650	6650

TABLA 4. 22: Alternativa 2 de micro ruta para sector 2

En la tabla 4.23, se presenta en resumen la descripción de los recorridos del sector 2. Este tiene como nodo de inicio para la alternativa 1 el nodo 16 y para la alternativa 2 el nodo 32, dentro del recorrido los nodos en los que hay finales de calle son los nodos 14 y 33, lo que conlleva a que hayan 2 retrocesos con una distancia total de 254 m, las calles que no serán recorridas son las asignadas a los nodos 1, 2, 4 y 23 para ambas alternativas. Como nodo de finalización está dispuesto el nodo 28.

Sector 2		
Descripción de recorridos	ALT 1	ALT 2
Nodo de inicio (nodo)	16	32
Sendas o finales de calle (nodos)	14, 33	14, 33
Retrocesos (cantidad, distancia)	2(254)	2(254)
Calles en mal estado o no recorridas (nodos)	1, 2, 4, 23	1, 2, 4, 23
Calles cortas en las que no entra < 70 m (nodo, distancia)	35(52)	35(52)
Nodo de finalización (nodo)	28	28

TABLA 4. 23: Descripción de recorridos para sector 2

En la tabla 4.24, se presentan las actividades que conlleva el recorrido del sector 2. Donde la distancia total de recolección es de 3502 m, mientras que las distancias no recorridas son 489 m para ambas alternativas, las distancias productivas del recorrido son de 3013 m, las distancias muertas son de 1083 m y 1127 m para la alternativa 1 y 2 respectivamente. La distancia total de micro ruta para la alternativa 1 es menor que la de la alternativa 2 con 44 m de diferencia, las distancias sin recolección por nodos lindantes son de 210 m, a demás, las vueltas a la izquierda son 10, mientras que la alternativa 2 tiene 8.

Sector 2		
Actividad	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia total de recolección	3502	3502
Distancias no recorridas	489	489
Distancias productiva	3013	3013
Distancias muertas	1083	1127
Distancia Total de micro ruta	4096	4140
Distancias sin recolección por nodos lindantes	210	210
Giros a la izquierda (cantidad)	12	12
Giros a la derecha (cantidad)	10	8

TABLA 4. 24: Actividades asignadas para alternativas del sector 2

La tabla 4.25, contiene el resumen de las distancias que comprenden las rutas alternativas de recolección del sector 2. En esta, se encuentran: las distancias de garage a inicio de micro ruta con 550 m, la distan total recorrida en la micro ruta con 4096 m para la alternativa 1 y 4140 m para la alternativa 2. La distancia de final de micro ruta al relleno sanitario es de 10900 m y de este al garage con 11600 m.

Sector 2		
Recorridos	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia de garage a inicio de micro ruta	550	550
Distancia de recorrido de micro ruta	4096	4140
Distancia de final de micro ruta a lugar de disposición final	10900	10900
Distancia de lugar de disposición final a garage	11600	11600
Distancia Total de Ruta	27146	27190

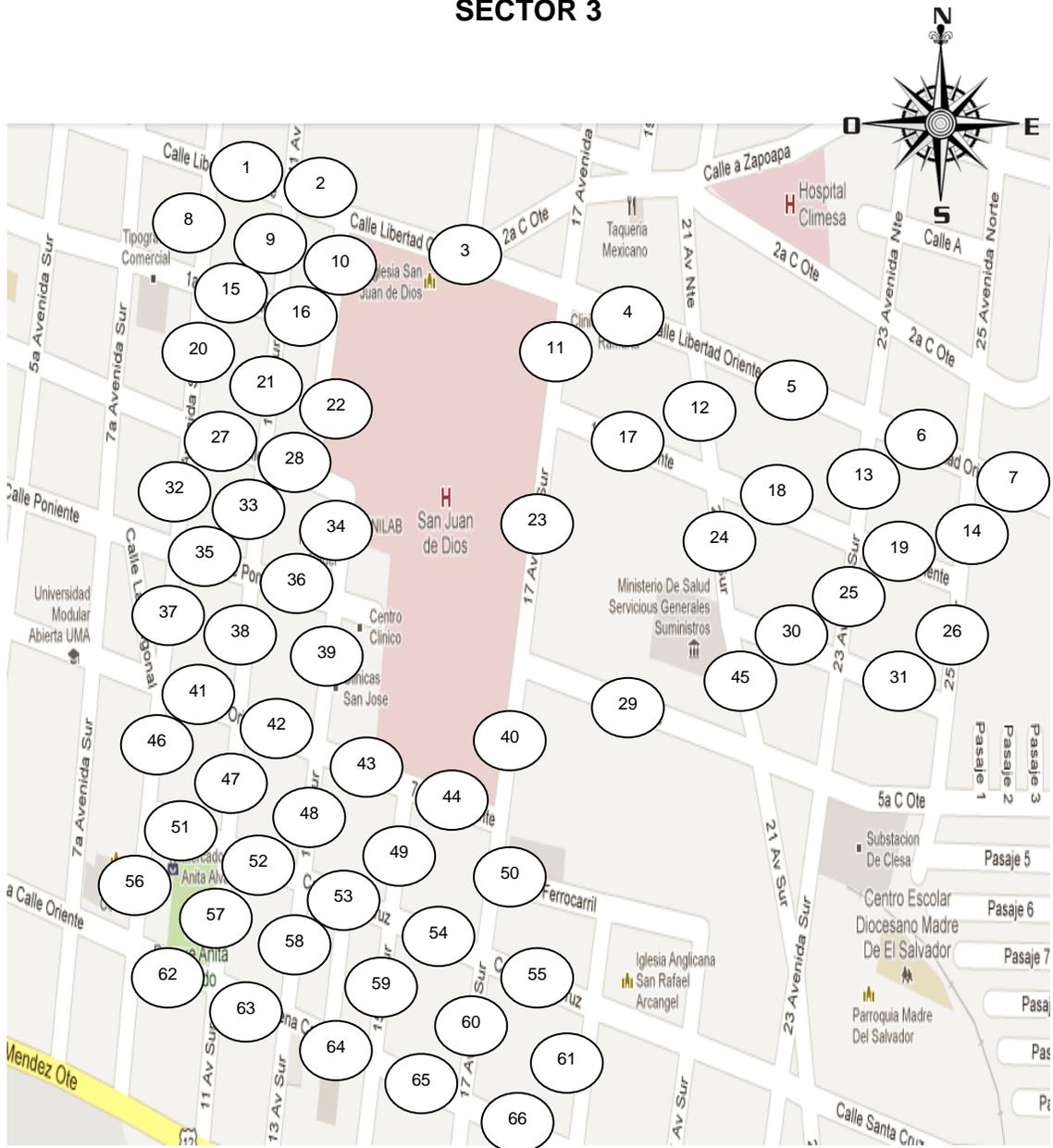
TABLA 4. 25: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 2

La alternativa seleccionada es la alternativa 1, esto debido a que tiene menores distancias muertas que la alternativa 2. Los números que se encuentran entre paréntesis, representan aquellos nodos que no fueron incluidos en el recorrido, pero que los desechos asignados a estos son recolectados.

Secuencia de ruta para el sector 2:

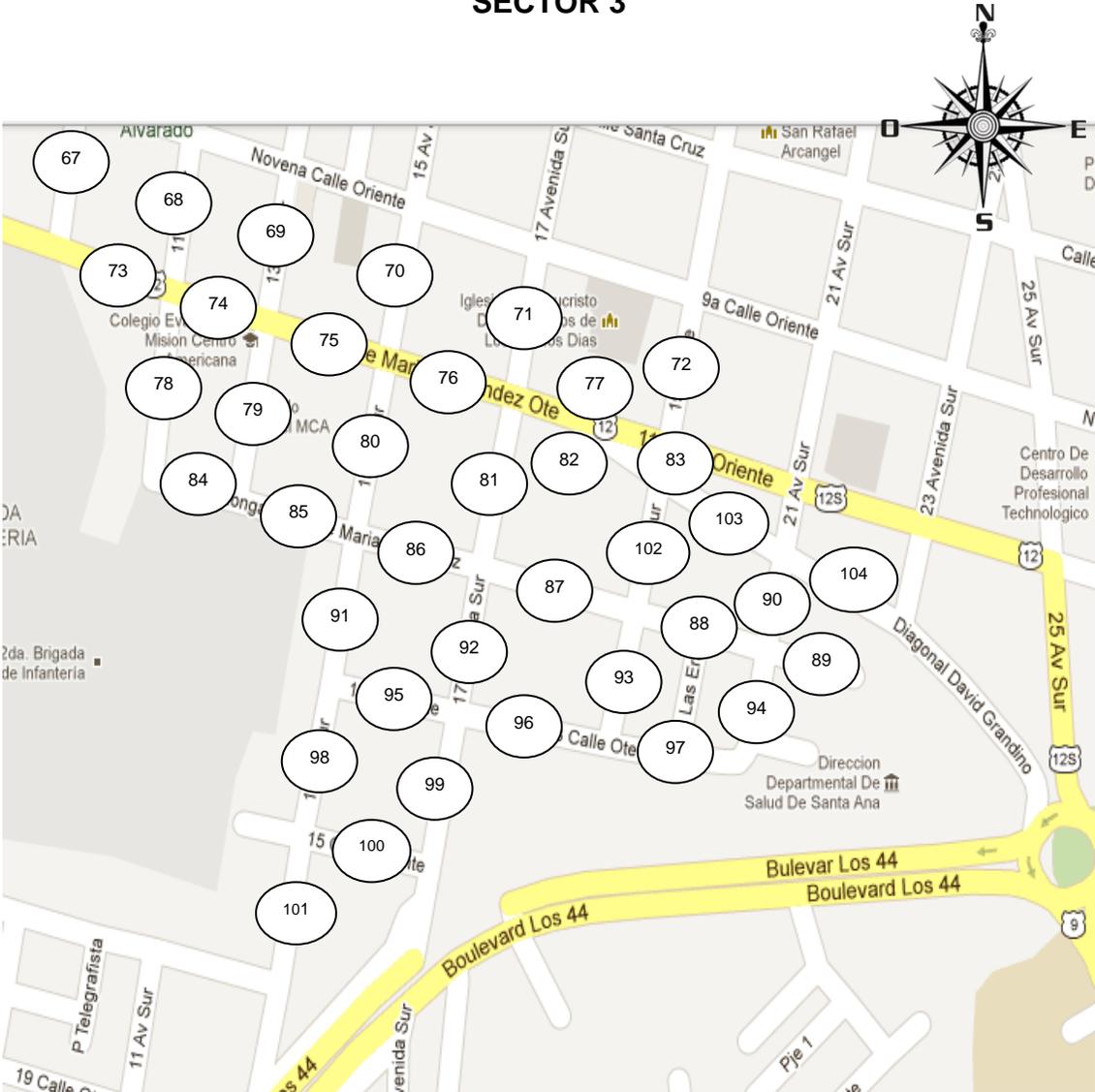
Garage→32→34→30→33→36→(35)→34→37→31→30→25→15→7→8→(2)→(1)→9→19→26→28→29→23→20→14→12→13→8→3→4→6→5→16→17→18→21→20→11→10→5→16→24→27→28→Relleno Sanitario→Garage.

SECTOR 3



ILUSTRACION 4. 11: Asignación de nodos en Sector 3 parte 1

SECTOR 3



ILUSTRACION 4. 12: Asignación de nodos en Sector 3 parte 2

SECTOR 3 - ALTERNATIVA 1				
RUTA	DISTANCIA(m)	DISTANCIA DE RECORRIDO (m)	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA (Kg)	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA (Kg)
68	94	94	58	58
57	110	110	68	126
47	78	78	48	174
38	87	87	54	228
33	100	100	62	290
21	74	74	46	335
9	72	72	44	380
2	53	53	33	412
10	72	72	44	457
16	53	53	33	490
9	72	72	0	490
1	88	88	54	544
8	72	72	44	588
20	94	94	58	646
32	85	85	52	699
37	90	90	56	754
46	78	78	48	803
56	85	85	52	855
67	94	94	58	913
73	90	90	56	969
74	90	90	56	1024
75	100	100	62	1086
70	100	100	62	1148
59	78	78	48	1196
49	78	78	48	1244
44	94	94	58	1302
40	75	75	46	1348
23	220	220	136	1484
11	87	87	54	1538
3	265	265	164	1702
10	72	72	0	1702
22	120	120	74	1776

34	75	75	46	1822
39	110	110	68	1890
48	78	78	48	1938
58	80	80	49	1987
69	100	100	62	2049
79	115	115	71	2120
84	73	73	45	2165
78	120	120	74	2239
74	90	90	0	2239
75	100	100	0	2239
76	103	103	64	2303
71	104	104	64	2367
60	80	80	49	2416
50	88	88	0	2416
40	75	75	0	2416
29	200	200	123	2540
45	75	75	46	2586
24	180	180	111	2697
17	150	150	93	2790
11	87	87	0	2790
4	120	120	74	2864
12	95	95	59	2923
18	130	130	80	3003
13	78	78	48	3051
5	130	130	80	3131
12	95	95	0	3131
18	130	130	0	3131
13	78	78	0	3131
6	98	98	61	3192
7	180	0	111	3303
14	78	78	48	3351
19	80	80	49	3401
25	178	178	110	3511
31	78	78	48	3559
26	90	90	56	3614
19	80	80	0	3614
25	178	178	0	3614

24	180	180	0	3614
12	95	95	0	3614
4	120	120	0	3614
3	265	265	0	3614
10	72	72	0	3614
16	53	53	0	3614
15	89	89	55	3669
20	94	94	0	3669
27	100	100	62	3731
28	250	250	154	3885
34	75	75	0	3885
36	90	90	56	3941
35	72	72	44	3985
37	90	90	0	3985
41	94	94	58	4043
42	100	100	62	4105
43	103	103	64	4169
44	94	94	0	4169
50	88	88	54	4223
54	137	137	85	4308
53	110	110	68	4376
52	100	100	62	4437
51	100	100	62	4499
56	85	85	52	4551
62	90	90	56	4607
63	100	100	62	4669
64	103	103	64	4732
65	125	125	77	4810
60	80	80	0	4810
55	85	85	52	4862
61	90	90	56	4918
66	125	125	77	4995
71	104	104	0	4995
81	115	115	71	5066
92	94	94	58	5124
99	96	96	59	5183
100	95	95	59	5242

101	170	340	105	5347
98	96	96	59	5406
91	100	100	62	5468
85	90	90	56	5523
79	11	11	0	5523
75	100	100	0	5523
80	115	115	71	5594
86	95	95	59	5653
87	120	120	74	5727
88	100	100	62	5789
89	120	120	74	5863
94	97	97	60	5923
97	110	110	68	5991
96	100	100	62	6052
95	120	120	74	6126
91	100	100	0	6126
86	95	95	0	6126
87	120	120	54	6180
93	94	188	58	6238
102	40	40	25	6263
83	20	20	12	6276
72	103	103	64	6339
66	125	125	0	6339
71	104	104	0	6339
77	125	125	77	6416
82	120	0	74	6490
103	103	103	54	6544
90	65	65	40	6585
89	120	120	0	6585
104	106	106	65	6650
90	82	82	0	6650
104	106	106	0	6650
TOTAL	14129	14093	6650	6650

TABLA 4. 26: Alternativa 1 de micro ruta para sector 3.

SECTOR 3 - ALTERNATIVA 2				
RUTA	DISTANCIA	DISTANCIA DE RECORRIDO	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA
68	94	94	62	62
62	90	90	59	121
67	94	94	62	183
73	90	90	59	242
74	90	90	59	301
75	100	100	66	367
76	103	103	68	434
71	104	104	68	503
60	80	80	53	555
50	88	88	58	613
40	75	75	49	662
29	200	200	131	794
45	75	75	49	843
24	180	180	118	961
17	150	150	99	1060
23	220	220	145	1204
29	200	200	0	1204
45	75	75	0	1204
24	180	180	0	1204
17	150	150	0	1204
11	87	87	57	1261
4	120	120	79	1340
12	95	95	62	1403
18	130	130	85	1488
13	78	78	51	1539
5	130	130	85	1625
12	95	95	0	1625
18	130	130	0	1625
13	78	78	0	1625
6	98	98	64	1689
7	180	0	118	1807
14	78	78	51	1859

19	80	80	53	1911
25	178	178	117	2028
19	80	80	0	2028
26	90	90	59	2087
31	78	78	51	2138
30	100	100	66	2204
24	180	180	0	2204
12	95	95	0	2204
4	120	120	0	2204
3	265	265	174	2378
10	72	72	47	2426
16	53	53	35	2460
15	89	89	58	2519
20	94	94	62	2581
27	100	100	66	2646
28	250	250	164	2811
34	75	75	49	2860
36	90	90	59	2919
35	72	72	47	2966
37	90	90	59	3025
41	94	94	62	3087
42	100	100	66	3153
43	103	103	68	3221
44	94	94	62	3282
50	88	88	0	3282
55	85	85	56	3338
54	137	137	90	3428
53	110	110	72	3500
52	100	100	66	3566
51	100	100	66	3632
56	85	85	56	3688
62	90	90	0	3688
63	100	100	66	3753
64	103	103	68	3821
65	125	125	0	3821
60	80	80	0	3821
55	85	85	0	3821

61	90	90	59	3880
66	125	125	82	3962
71	104	104	0	3962
81	115	115	76	4038
92	94	94	62	4100
99	96	96	63	4163
100	95	95	62	4225
101	170	340	112	4337
98	96	96	63	4400
91	100	100	66	4466
85	90	90	59	4525
79	115	115	76	4600
75	100	100	0	4600
80	115	115	76	4676
86	95	95	62	4738
87	120	120	79	4817
88	100	100	0	4817
89	120	120	0	4817
94	97	97	0	4817
97	110	110	0	4817
96	100	100	66	4883
95	120	120	79	4962
91	100	100	0	4962
86	95	95	0	4962
87	120	120	79	5040
93	94	94	0	5040
102	40	40	0	5040
83	20	20	0	5040
72	103	103	68	5108
66	125	125	0	5108
71	104	104	0	5108
65	125	125	82	5190
59	78	78	51	5241
49	78	78	51	5293
43	103	103	0	5293
39	110	110	72	5365
36	90	90	0	5365

33	100	100	66	5431
28	250	250	0	5431
34	75	75	0	5431
39	110	110	0	5431
48	78	78	51	5482
58	80	80	53	5534
63	100	100	0	5534
57	78	78	51	5586
47	78	78	51	5637
38	87	87	57	5694
33	100	100	0	5694
21	74	74	49	5743
9	72	72	47	5790
2	53	53	35	5825
10	72	72	0	5825
22	120	120	79	5904
28	250	250	0	5904
21	74	74	0	5904
9	72	72	0	5904
1	88	88	58	5961
8	72	72	47	6009
20	94	94	0	6009
32	85	85	56	6065
37	90	90	0	6065
46	78	78	0	6065
56	85	85	0	6065
67	94	94	0	6065
73	90	90	59	6124
74	90	90	0	6124
79	115	115	0	6124
84	73	73	48	6172
78	120	120	79	6251
74	90	90	0	6251
69	100	100	66	6316
64	103	103	0	6316
70	200	200	131	6448
76	103	103	0	6448

77	188	188	124	6571
82	120	0	79	6650
103	103	103	0	6650
90	65	65	0	6650
104	106	106	0	6650
Total	15694	15564	6650	6650

TABLA 4. 27: Alternativa 2 de micro ruta para sector 3.

En la tabla 4.28, se presenta en resumen la descripción de los recorridos del sector 3. Este tiene como nodo de inicio el nodo 68, dentro del recorrido el nodo 93 y 101 que representan final de calle, hay 2 retrocesos con una distancia total de 264 m, las calles que no serán recorridas son las asignadas a los nodos 7 y 82 para ambas alternativas. Como nodo de finalización está dispuesto el nodo 104.

Sector 3		
Descripción de recorridos	ALT 1	ALT 2
Nodo de inicio (nodo)	68	68
Sendas o finales de calle (nodos)	93, 101	93, 101
Retrocesos (cantidad, distancia)	2(264)	2(264)
Calles en mal estado o no recorridas (nodos)	7, 82	7, 82
Calles cortas en las que no entra < 70 m (nodo, distancia)	0	0
Nodo de finalización (nodo)	104	104

TABLA 4. 28: Descripción de recorridos para sector 3.

En la tabla 4.29, se presentan las actividades que conlleva el recorrido del sector 3. Donde la distancia total de recolección es de 10682 m, mientras que las distancias no recorridas son 400 m para ambas alternativas, las distancias productivas del recorrido son de 10371 m para la alternativa 1 y 9722 m para la

alternativa 2, las distancias muertas son de 3622 m y 5279 m para la alternativa 1 y 2 respectivamente. La distancia total de micro ruta para la alternativa 1 es menor que la de la alternativa 2 con 1308 m de diferencia, no hay distancias sin recolección por nodos lindantes, a demás, las vueltas a la izquierda son 34 para la alternativa 1 y 38 para la 2, mientras que las vueltas a la derecha para la alternativa 1 son 22 y para la alternativa 2 son 29.

Sector 3		
Actividad	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia total de recolección	10682	10682
Distancias no recorridas	400	400
Distancias productiva	10371	9722
Distancias muertas	3622	5279
Distancia Total de micro ruta	14093	15401
Distancias sin recolección por nodos lindantes	0	855
Giros a la izquierda (cantidad)	34	38
Giros a la derecha (cantidad)	22	29

TABLA 4. 29: Actividades asignadas para alternativas del sector 3

La tabla 4.30, contiene el resumen de las distancias que comprenden las rutas alternativas de recolección del sector 3. En esta, se encuentran: las distancias de garage a inicio de micro ruta con 550 m, la distan total recorrida en la micro ruta con 4096 m para la alternativa 1 y 4140 m para la alternativa 2. La distancia de final de micro ruta al relleno sanitario es de 10900 m y de este al garage con 11600 m.

Sector 3		
Recorridos	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia de garage a inicio de micro ruta	0	0
Distancia de recorrido de micro ruta	10371	9722
Distancia de final de micro ruta a lugar de disposición final	11070	11070
Distancia de lugar de disposición final a garage	11600	11600
Distancia Total de Ruta	33041	32392

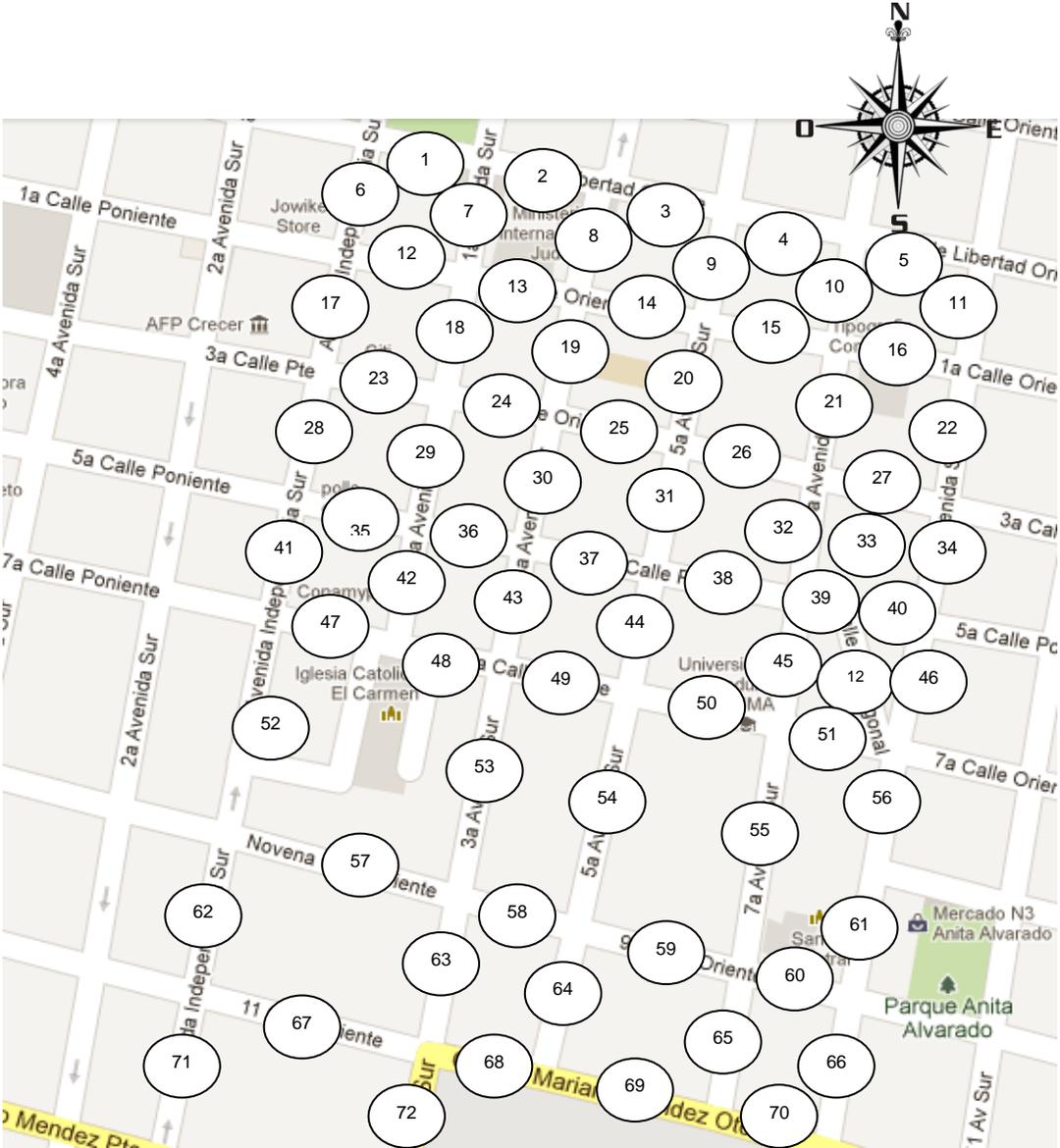
TABLA 4. 30: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 3.

La alternativa seleccionada es la alternativa 1, a pesar de que la distancia total de la ruta es mayor que para la alternativa 2, tiene mayor cobertura y menor cantidad de distancias muertas, así como también, tiene menor cantidad de vueltas a la izquierda.

Secuencia de ruta para el sector 3:

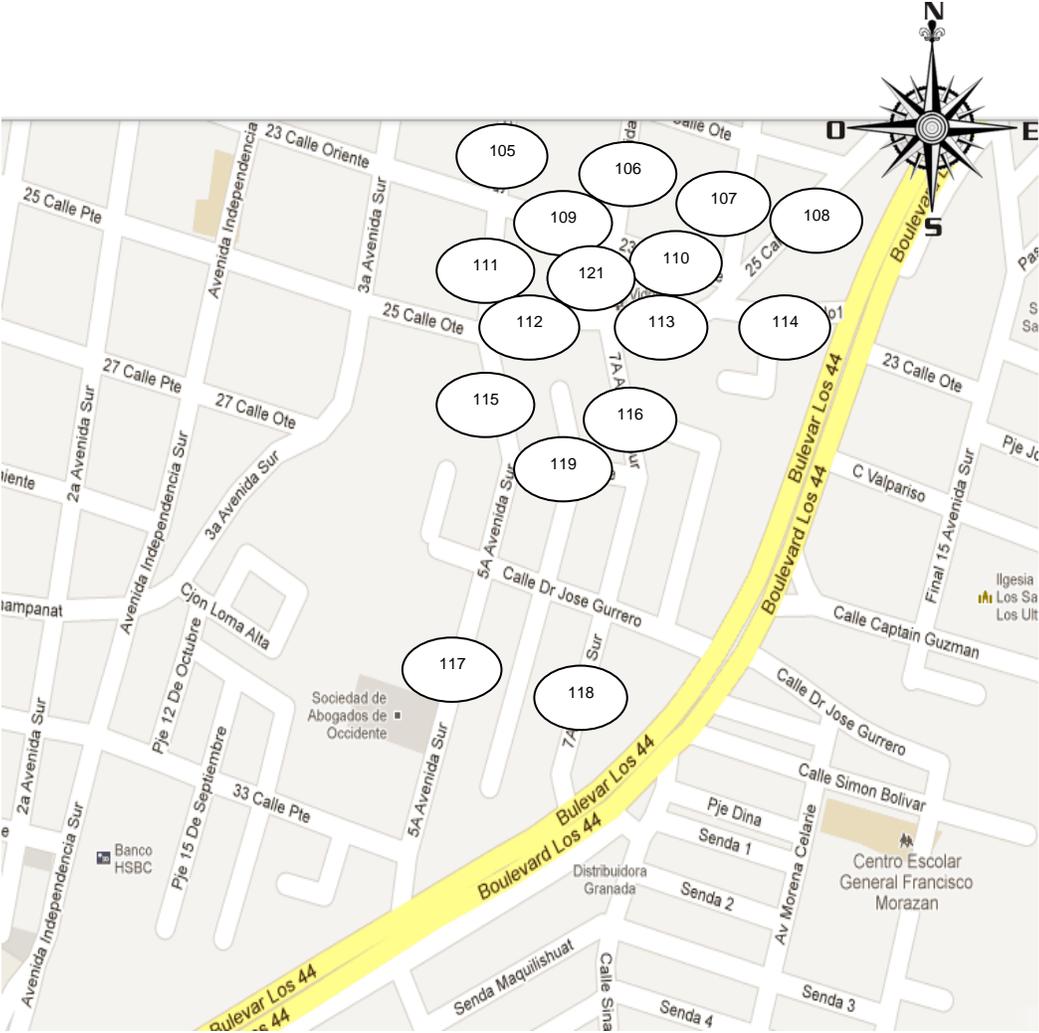
Garage→68→57→47→38→33→21→9→2→10→16→9→1→8→20→32→37→46→56→67→73→74→75→70→59→49→44→40→23→11→3→10→22→34→39→48→58→69→79→84→78→74→75→76→71→60→50→40→29→45→24→17→11→4→12→18→13→5→12→18→13→6→(7)→17→14→19→25→31→26→19→25→24→12→4→3→10→16→15→20→27→28→34→36→35→37→41→42→43→44→50→54→53→52→51→56→62→63→64→65→60→55→61→66→71→81→92→99→100→101→98→91→85→79→75→80→86→87→88→89→94→97→96→95→91→86→87→93→102→83→72→66→71→77→(82)→103→90→89→104→90→104→Relleno Sanitario→Garage.

Sector 4



ILUSTRACION 4. 13: Asignación de nodos en Sector 4 parte 1

Sector 4



ILUSTRACION 4. 15: Asignación de nodos en Sector 4 parte 3

SECTOR 4 - ALTERNATIVA 1				
RUTA	DISTANCIA ASIGNADA	DISTANCIA DE RECORRIDO	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA
16	80	80	58	58
15	83	83	61	119
14	81	81	59	178
13	68	68	50	228
12	75	75	55	282
1	71	71	52	334
2	73	73	53	387
3	79	79	58	445
4	80	80	58	503
10	70	70	51	554
5	80	80	58	613
11	72	72	0	613
22	85	85	0	613
34	83	83	0	613
33	30	30	22	635
40	47	47	34	669
39	10	10	7	676
38	92	92	67	743
37	81	81	59	802
36	67	67	49	851
35	77	77	56	907
28	83	83	61	968
23	77	77	56	1024
18	77	77	56	1080
24	77	77	56	1137
25	80	80	58	1195
26	86	86	63	1258
27	82	82	60	1317
34	83	83	0	1317
46	88	88	0	1317

56	80	80	0	1317
61	75	75	0	1317
60	69	69	50	1368
59	110	110	80	1448
58	75	75	55	1503
57	150	150	109	1612
62	100	100	73	1685
52	93	93	68	1753
47	153	153	112	1864
48	67	67	49	1913
49	80	80	58	1972
50	96	96	70	2042
51	72	72	53	2094
56	80	80	0	2094
61	75	75	0	2094
66	69	69	50	2145
60	69	69	0	2145
59	110	110	0	2145
64	98	98	71	2216
69	115	115	84	2300
70	72	72	53	2352
65	96	96	70	2422
55	155	155	113	2536
45	82	82	60	2595
32	83	83	61	2656
21	85	85	62	2718
5	80	80	0	2718
11	72	72	0	2718
16	80	80	0	2718
15	83	83	0	2718
20	78	78	57	2775
31	83	83	61	2835
44	79	79	58	2893
54	150	150	109	3002
58	75	75	55	3057

53	150	150	109	3166
43	76	76	55	3222
42	77	77	56	3278
30	85	85	62	3340
19	77	77	56	3396
13	68	68	0	3396
12	75	75	0	3396
6	77	77	56	3452
1	71	71	0	3452
7	75	75	55	3507
8	74	74	54	3561
29	77	77	56	3617
35	77	77	0	3617
41	75	75	55	3672
28	83	83	0	3672
17	77	77	56	3728
12	75	75	0	3728
6	77	77	0	3728
1	71	71	0	3728
2	73	73	0	3728
3	79	79	0	3728
9	75	75	55	3783
20	78	78	0	3783
31	83	83	0	3783
44	79	79	0	3783
54	150	150	0	3783
58	75	75	0	3783
63	98	98	71	3854
68	70	70	51	3905
72	110	110	80	3986
73	110	110	80	4066
74	110	110	80	4146
71	110	110	80	4226
67	150	150	109	4336
72	110	110	0	4336

75	110	110	80	4416
73	150	150	0	4416
74	110	110	80	4496
76	140	140	102	4598
75	110	110	80	4678
78	110	110	80	4759
77	110	110	80	4839
79	140	140	102	4941
81	100	100	0	4941
83	90	90	0	4941
82	99	99	72	5013
80	87	87	63	5077
81	100	100	0	5077
83	90	90	0	5077
84	110	110	0	5077
85	100	100	73	5150
86	100	100	73	5223
87	98	98	71	5294
92	100	100	73	5367
96	59	59	43	5410
95	110	110	80	5490
94	100	100	73	5563
93	110	110	80	5643
97	100	100	0	5643
102	100	100	73	5716
103	100	100	73	5789
104	84	84	61	5851
108	130	130	0	5851
110	100	100	73	5924
109	100	100	73	5997
111	92	92	0	5997
112	100	100	0	5997
121	37	37	27	6024
106	100	100	73	6096
98	100	100	73	6169

89	100	100	73	6242
85	100	100	0	6242
90	100	100	73	6315
99	100	100	73	6388
107	100	100	73	6461
108	130	130	0	6461
100	74	74	54	6515
91	100	100	73	6588
87	98	98	0	6588
92	100	100	0	6588
101	85	85	62	6650
102	100	100	0	6650
113	120	120	0	6650
116	300	300	0	6650
118	300	300	0	6650
TOTAL	13966	13966	6650	6650

TABLA 4. 31: Alternativa 1 de micro ruta para sector 4

SECTOR 4 - ALTERNATIVA 2				
RUTA	DISTANCIA ASIGNADA	DISTANCIA DE RECORRIDO	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA
1	71	71	51	51
2	73	73	53	104
3	79	79	57	161
4	80	80	58	218
5	80	80	58	276
11	72	72	52	328
17	77	0	55	383
18	77	0	55	438
16	80	80	0	438

15	83	83	60	498
20	78	78	0	498
31	83	83	60	558
44	79	79	57	615
54	0	150	0	615
58	75	75	54	669
53	0	150	0	669
43	76	76	55	724
30	85	85	61	785
19	77	77	55	840
13	68	68	49	889
10	70	0	50	940
14	81	0	58	998
12	75	75	54	1052
11	72	72	52	1104
22	85	85	61	1165
34	83	83	0	1165
40	47	47	34	1199
39	10	10	7	1206
38	92	92	66	1272
37	81	81	58	1331
36	67	67	48	1379
35	77	77	55	1434
28	83	83	60	1494
12	75	75	54	1548
6	77	77	55	1603
1	71	71	0	1603
2	73	73	0	1603
3	79	79	0	1603

9	75	75	54	1657
12	75	75	54	1711
6	77	77	0	1711
1	71	71	51	1763
7	75	75	54	1817
8	74	74	53	1870
29	77	77	55	1925
35	77	77	55	1981
28	83	83	0	1981
12	75	75	0	1981
6	77	77	55	2036
1	71	71	51	2087
2	73	73	53	2140
3	79	79	57	2197
9	75	75	0	2197
20	68	68	0	2197
11	72	72	0	2197
22	85	85	0	2197
33	30	0	22	2218
34	83	83	60	2278
42	77	0	55	2334
41	75	0	54	2388
40	47	47	0	2388
39	10	10	0	2388
38	92	92	0	2388
37	81	81	0	2388
36	67	67	0	2388
35	77	77	0	2388
28	83	83	60	2447

23	77	77	55	2503
24	77	77	55	2558
25	80	80	58	2616
26	86	86	62	2678
27	82	82	59	2737
34	83	83	60	2796
46	88	88	63	2860
56	80	80	58	2917
61	75	75	54	2971
60	69	69	50	3021
59	110	110	0	3021
58	75	75	0	3021
57	0	150	0	3021
52	93	93	67	3088
47	63	63	45	3133
48	67	67	48	3182
49	80	80	58	3239
50	96	96	69	3308
51	72	72	52	3360
56	80	80	0	3360
62	100	0	72	3432
63	98	0	71	3503
66	69	0	50	3552
67	150	0	108	3660
68	70	0	50	3711
70	72	0	52	3763
71	110	0	79	3842
72	110	0	79	3921
73	150	0	108	4029

74	110	0	79	4108
75	110	0	79	4188
76	140	0	101	4288
77	110	0	79	4368
78	110	0	79	4447
79	140	0	101	4548
61	0	75	0	4548
60	69	69	0	4548
59	110	110	79	4627
64	98	98	71	4697
69	115	115	83	4780
65	96	96	69	4849
55	155	155	112	4961
45	82	82	59	5020
32	0	83	0	5020
21	85	85	61	5081
5	80	80	0	5081
11	72	72	52	5133
16	80	80	58	5190
15	83	83	0	5190
20	78	78	56	5247
82	0	99	0	5247
80	87	87	63	5309
81	100	100	72	5381
83	90	90	65	5446
84	0	110	0	5446
85	100	100	0	5446
86	100	100	72	5518
87	98	98	0	5518

88	0	0	0	5518
92	0	100	0	5518
96	59	59	42	5561
95	0	0	0	5561
94	0	0	0	5561
93	0	110	0	5561
97	0	100	0	5561
102	0	100	0	5561
103	0	100	0	5561
104	0	84	0	5561
105	100	0	72	5633
108	0	130	0	5633
110	0	100	0	5633
109	100	100	72	5705
111	92	92	66	5771
112	100	100	72	5843
121	37	37	27	5869
106	0	100	0	5869
98	0	0	0	5869
89	0	0	0	5869
85	0	0	0	5869
90	100	0	72	5941
99	0	0	0	5941
107	100	100	72	6013
108	130	130	94	6107
100	56	74	40	6147
91	100	100	72	6219
87	98	98	71	6290
92	0	100	0	6290

101	0	85	0	6290
102	100	100	0	6290
113	0	120	0	6290
114	200	0	144	6434
115	0	0	0	6434
116	0	0	0	6434
117	0	0	0	6434
118	300	300	216	6650
TOTAL	11404	10932	6650	

TABLA 4. 32: Alternativa 2 de micro ruta para sector 4

En la tabla 4.33, se presenta en resumen la descripción de los recorridos del sector 4. Este tiene como nodo de inicio el nodo 16 y para la alternativa 2 el nodo 1, las calles que no serán recorridas son las asignadas a los nodos 0,17, 18, 33, 41, 42, 62, 66, 68, 70, 74, 75, 78, 88, 114, 115 y 117 para la alternativa 1 y 0, 14, 17, 18,33,41, 42, 62, 63, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 88, 105, 114, 115 y 117 para la alternativa 2. Como nodo de finalización está dispuesto el nodo 118 para ambas alternativas.

Sector 4		
Descripción de recorridos	ALT 1	ALT 2
Nodo de inicio (nodo)	16	1
Sendas (nodos)	0	0
Retrocesos (cantidad, distancia)	0	0
Calles en mal estado o no recorridas(nodos)	ver final de tabla	
Calles cortas en las que no entra < 70 m (nodo, distancia)	0	0
Nodo de finalización (nodo)	118	118
Alternativa 1	10,17,18,33,41,42,62,66,68,70,74,75,78,88,114,115,117-2294 m	
Alternativa 2	10, 14, 17, 18,33,41, 42, 62, 63, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73,74, 75, 76, 77, 78, 79, 88,105,114, 115,117	

TABLA 4. 33: Descripción de recorridos para sector 4

En la tabla 4.34, se presentan las diversas actividades que conlleva el recorrido del sector 5. Donde la distancia total de recolección consiste en el total de las distancias que corresponden al sector donde se debe (puede) recolectar desechos, que corresponde a 9378m y 7743m respectivamente a cada zona, mientras que las distancias no recorridas son 970 m y 5646 m respectivamente, las distancias productivas del recorrido son de 8408m y 2100m, las distancias muertas son de 5558 y 895 m para la alternativa 1 y 2 respectivamente. La distancia total de micro ruta para la alternativa 1 es mayor que la de la alternativa 2 con 3034 m de diferencia, para la alternativa 1 hay nodos lindantes, los cuales equivalen a 2555m, mientras que en la alternativa 2 no existen, las vueltas a la izquierda son 69, mientras que la alternativa 2 tiene 3, las reglas de diseño establecen que hay que evitar las vueltas en este sentido

pero para efectos del sector no es muy importante ya que hay poco transito por lo que no afecta mucho, las vueltas a la derechas son 36 para la alternativa 1 y 8 para la alternativa 2.

Sector 4		
Actividad	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia total de recolección	9378	7743
Distancias no recorridas	970	5643
Distancias productiva	8408	2100
Distancias muertas	5558	895
Distancia Total de micro ruta	13966	10932
Distancias sin recolección por nodos lindantes	2555	2555
Giros a la izquierda (cantidad)	69	3
Giros a la derecha (cantidad)	36	8

TABLA 4. 34: Actividades asignadas para alternativas del sector 4

A continuación se presenta la tabla con el resumen de distancias que comprenden las rutas alternativas de recolección del sector 4. En esta se encuentran: la distancia de garage a inicio de micro ruta con 550 m, la distancia total recorrida en la micro ruta con 13966 m para la alternativa 1 y 13876 m para la alternativa 2. Las distancias de final de micro ruta al relleno sanitario son de 13050 para ambas alternativas.

Sector 4		
Recorridos	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia de garage a inicio de micro ruta	550	550
Distancia de recorrido de micro ruta	13966	13876
Distancia de final de micro ruta a lugar de disposición final	13050	13050
Distancia de lugar de disposición final a garage	11600	11600
Distancia Total	39166	25200

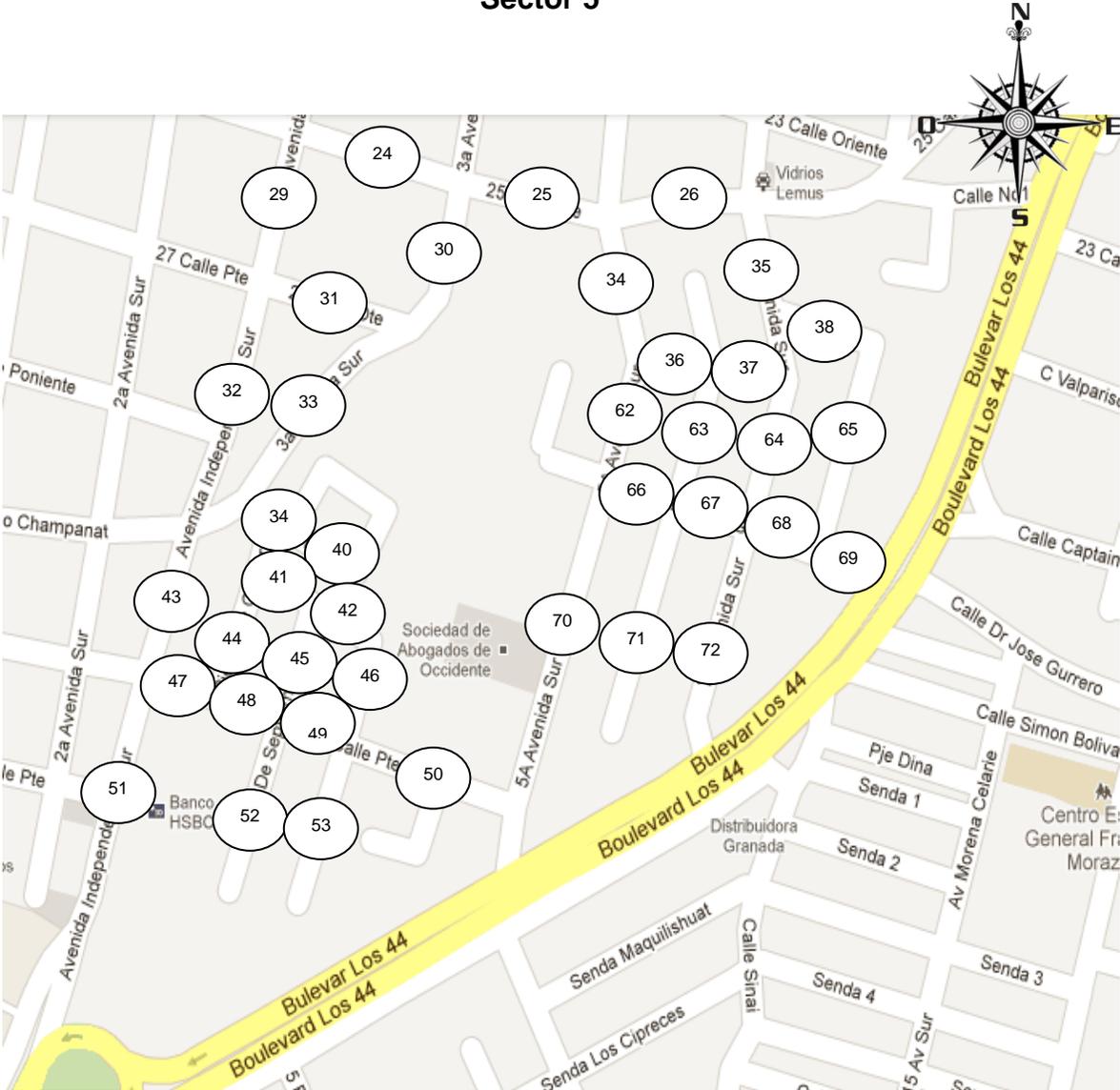
TABLA 4. 35: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 4

La alternativa seleccionada es la alternativa 1, esto debido a que tiene menores distancias muertas que la alternativa 2. Los números que se encuentran entre paréntesis, representan aquellos nodos que no fueron incluidos en el recorrido, pero que los desechos asignados a estos son recolectados.

Secuencia de ruta para el sector 4:

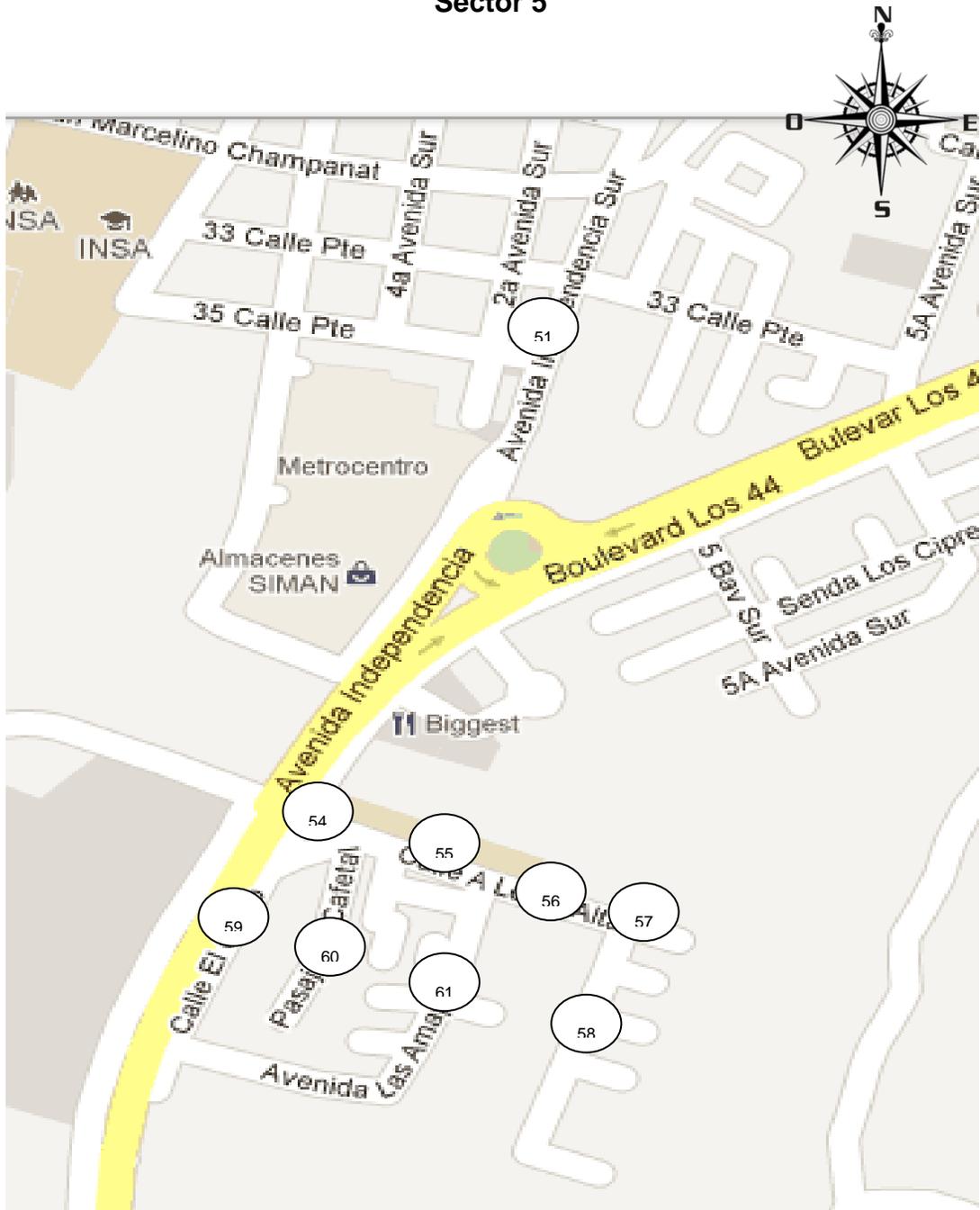
Garage→16→15→14→13→12→1→2→3→4→5→5→11→22→34→40→39→38→37→36→35→28→23→24→25→26→27→34→46→56→61→60→59→58→57→52→47→48→49→50→51→56→61→60→59→64→69→65→55→45→32→21→5→11→16→15→20→31→44→54→58→53→43→30→19→13→12→6→1→7→8→29→35→28→12→6→1→2→3→9→20→31→44→54→58→63→72→73→71→67→72→73→76→77→79→81→83→82→80→81→83→84→85→86→87→92→96→95→94→93→97→102→103→104→108→110→109→111→112→121→106→98→89→85→90→99→107→108→100→91→87→92→101→102→113→116→118→Relleno Sanitario(0)→Garage

Sector 5



ILUSTRACION 4. 17: Asignación de nodos en Sector 5 parte 2.

Sector 5



ILUSTRACION 4. 18 Asignación de nodos en Sector 5 parte 3.

SECTOR 5 - ALTERNATIVA 1				
RUTA	DISTANCIA ASIGNADA	DISTANCIA DE RECORRIDO	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA
1	140	140	97	97
3	100	100	69	167
4	140	0	97	264
7	100	100	69	334
12	100	100	0	334
17	100	100	69	403
22	97	97	67	470
30	94	94	0	470
33	275	275	191	662
43	100	100	69	731
51	350	350	0	731
54	30	30	21	752
60	220	220	0	752
55	116	116	81	833
56	180	180	125	958
57	60	60	42	999
58	240	240	167	1166
56	180	180	0	1166
55	116	116	0	1166
61	400	400	278	1444
59	220	220	153	1597
54	30	30	0	1597
51	350	350	0	1597

47	75	75	52	1649
48	75	75	52	1701
49	75	75	52	1753
50	200	200	139	1892
53	134	134	93	1985
46	85	85	59	2045
42	75	75	52	2097
45	85	85	59	2156
52	134	134	93	2249
48	75	75	0	2249
44	134	134	93	2342
39	35	35	24	2366
40	85	85	59	2425
41	75	0	52	2478
39	35	35	0	2478
32	210	210	146	2623
31	110	0	76	2700
29	100	100	69	2769
20	100	0	69	2839
21	99	99	69	2908
16	100	100	69	2977
11	100	100	69	3047
6	100	100	69	3116
2	100	100	69	3186
1	140	140	0	3186
3	100	100	0	3186
5	90	90	63	3248
8	100	100	69	3318
13	100	100	69	3387

15	95	95	66	3453
14	110	110	76	3530
11	100	100	0	3530
9	130	130	90	3620
10	91	91	63	3683
13	100	100	0	3683
18	100	100	69	3753
23	95	95	66	3819
25	110	110	76	3895
24	120	120	83	3979
21	99	99	69	4047
19	120	120	83	4131
17	100	100	0	4131
12	100	100	0	4131
7	100	100	0	4131
5	120	120	0	4131
8	100	100	0	4131
13	100	100	0	4131
19	110	110	0	4131
23	190	190	0	4131
34	190	190	132	4263
62	180	180	125	4388
70	300	300	208	4596
72	325	325	226	4822
67	100	100	69	4892
71	200	200	139	5031
66	80	80	78	5109
62	180	180	0	5109
34	190	190	0	5109

26	100	100	69	5178
27	120	120	83	5262
28	200	200	139	5401
69	80	80	85	5486
68	80	80	56	5541
64	180	180	125	5666
36	80	90	120	5786
37	80	80	90	5876
63	180	180	125	6001
67	80	80	0	6001
68	80	80	0	6001
65	300	300	208	6210
38	90	90	98	6308
35	190	190	140	6448
27	120	120	0	6448
28	200	200	0	6448
38	90	90	0	6448
35	190	190	0	6448
27	120	120	0	6448
28	200	200	0	6448
TOTAL	13359	12944	6448	6448

TABLA 4. 36: Alternativa 1 de micro ruta para sector 5

SECTOR 5 - ALTERNATIVA 2				
RUTA	DISTANCIA ASIGNADA	DISTANCIA DE RECORRIDO	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA
1	140	140	97	97
2	100	100	69	166
6	100	100	69	235
11	100	100	0	235
16	100	100	69	304
21	99	99	0	304
29	100	100	0	304
32	210	210	145	450
43	100	100	69	519
51	350	350	0	519
54	30	30	0	519
60	220	220	152	671
55	116	116	0	671
56	180	180	0	671
57	60	60	42	712
58	240	240	166	878
56	180	180	125	1003
55	116	116	80	1083
61	400	400	277	1360
59	220	220	152	1512
54	30	30	21	1533
51	350	350	242	1775
47	75	75	52	1827
48	75	75	0	1827

49	75	75	52	1879
50	200	200	138	2017
53	134	134	93	2110
46	85	85	59	2168
41	75	0	52	2220
42	75	75	52	2272
45	85	85	59	2331
52	134	134	93	2424
48	75	75	52	2476
44	134	134	93	2568
39	35	35	0	2568
40	85	85	59	2627
39	35	35	24	2651
33	275	275	190	2842
30	94	94	0	2842
29	100	100	69	2911
17	100	100	0	2911
12	100	100	0	2911
7	100	100	0	2911
3	100	100	69	2980
1	140	140	0	2980
2	100	100	0	2980
4	140	140	97	3077
5	90	90	0	3077
8	100	100	0	3077
10	91	91	63	3140
9	130	130	90	3230
11	100	100	69	3299
14	110	110	76	3375

15	95	95	66	3441
18	100	100	0	3441
20	100	100	69	3510
19	120	120	83	3593
21	99	99	68	3661
24	120	120	0	3661
2	100	100	69	3730
23	90	90	62	3793
18	100	100	69	3862
13	100	100	69	3931
8	100	100	69	4000
5	90	90	62	4062
7	100	100	69	4132
12	100	100	69	4201
17	100	100	69	4270
22	97	97	67	4337
30	94	94	65	4402
31	110	110	76	4478
29	100	100	69	4547
24	120	120	83	4630
25	110	110	76	4706
34	190	190	0	4706
62	180	180	0	4706
70	300	300	208	4914
72	300	300	208	5121
67	80	80	0	5121
71	200	200	0	5121
66	80	80	55	5177
62	180	180	125	5301

34	190	190	131	5433
26	100	100	69	5502
27	120	120	0	5502
28	200	200	0	5502
69	80	80	55	5557
68	80	80	0	5557
64	180	180	125	5682
37	80	80	55	5737
63	180	180	125	5861
67	80	80	55	5917
68	80	80	55	5972
65	300	300	208	6180
36	80	0	55	6235
38	90	90	62	6297
35	190	190	131	6429
27	120	120	83	6512
28	200	200	138	6650
TOTAL	12793	12638	6650	6650

TABLA 4. 37: Alternativa 2 de micro ruta para sector 5

La tabla 4.38 presenta en resumen la descripción de los recorridos del sector 5, donde se indica para cada alternativa:, el nodo de inicio de la micro ruta (nodo 1), los nodos donde hay finales de calle (7, 17), el número de retrocesos en recorrido (0) y la distancia que representan (0 m), las calles que no serán recorridas son las asignadas a los nodos 4, 20, 31 y 41 para alternativa 1 y los nodos 36 y 41 en la alternativa 2. Como nodo de finalización está dispuesto el nodo 28.

Sector 5		
Descripción de recorridos	ALT 1	ALT 2
Nodo de inicio (nodo)	1	1
Sendas (nodos)	0	0
Retrocesos (cantidad, distancia)	0	0
Calles en mal estado (nodos)	0	0
Calles cortas en las que no entra < 70 m (nodo, distancia)	0	0
Nodo de finalización (nodo)	28	28

TABLA 4. 38: Descripción de recorridos para sector 5

En la tabla 4.39 se presentan las diversas actividades que conlleva el recorrido del sector 5. Donde la distancia total de recolección consiste en el total de las distancias que corresponden al sector donde se debe (puede) recolectar desechos, que corresponde a 12809 m para ambas alternativas, mientras que las distancias no recorridas son 750 m y 155 m respectivamente, las distancias productivas del recorrido son de 8819m y 9459m, las distancias muertas son de 3555 y 3179 m para la alternativa 1 y 2 respectivamente. La distancia total de micro ruta para la alternativa 1 es mayor que la de la alternativa 2 con 171 m de diferencia, para este sector no hay nodos lindantes, las vueltas a la izquierda son 23, mientras que la alternativa 2 tiene 15, las reglas de diseño establecen que hay que evitar las vueltas en este sentido pero para efectos del sector no es muy importante ya que hay poco tránsito por lo que no afecta mucho, las vueltas a la derechas son 4 para la alternativa 18 y 27 para la alternativa 2.

Sector 5		
Actividad	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia total de recolección	9569	9614
Distancias no recorridas	750	155
Distancias productiva	8819	9459
Distancias muertas	3555	3179
Distancia Total de micro ruta	12809	12638
Distancias sin recolección por nodos lindantes	0	0
Giros a la izquierda (cantidad)	23	15
Giros a la derecha (cantidad)	18	27

TABLA 4. 39: Actividades asignadas para alternativas del sector 5

A continuación se presenta la tabla con el resumen de distancias que comprenden las rutas alternativas de recolección del sector 5. En esta se encuentran: la distancia de garage a inicio de micro ruta con 800 m, la distancia total recorrida en la micro ruta con 12809 m para la alternativa 1 y 12638 m para la alternativa 2. Las distancias de final de micro ruta al relleno sanitario es de 13050 para ambas alternativas.

Sector 5		
Recorridos	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia de garage a inicio de micro ruta	800	800
Distancia de recorrido de micro ruta	12809	12638
Distancia de final de micro ruta a lugar de disposición final	13050	13050
Distancia de lugar de disposición final a garage	11600	11600
Distancia Total de Ruta	12944	23307

TABLA 4. 40: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 5

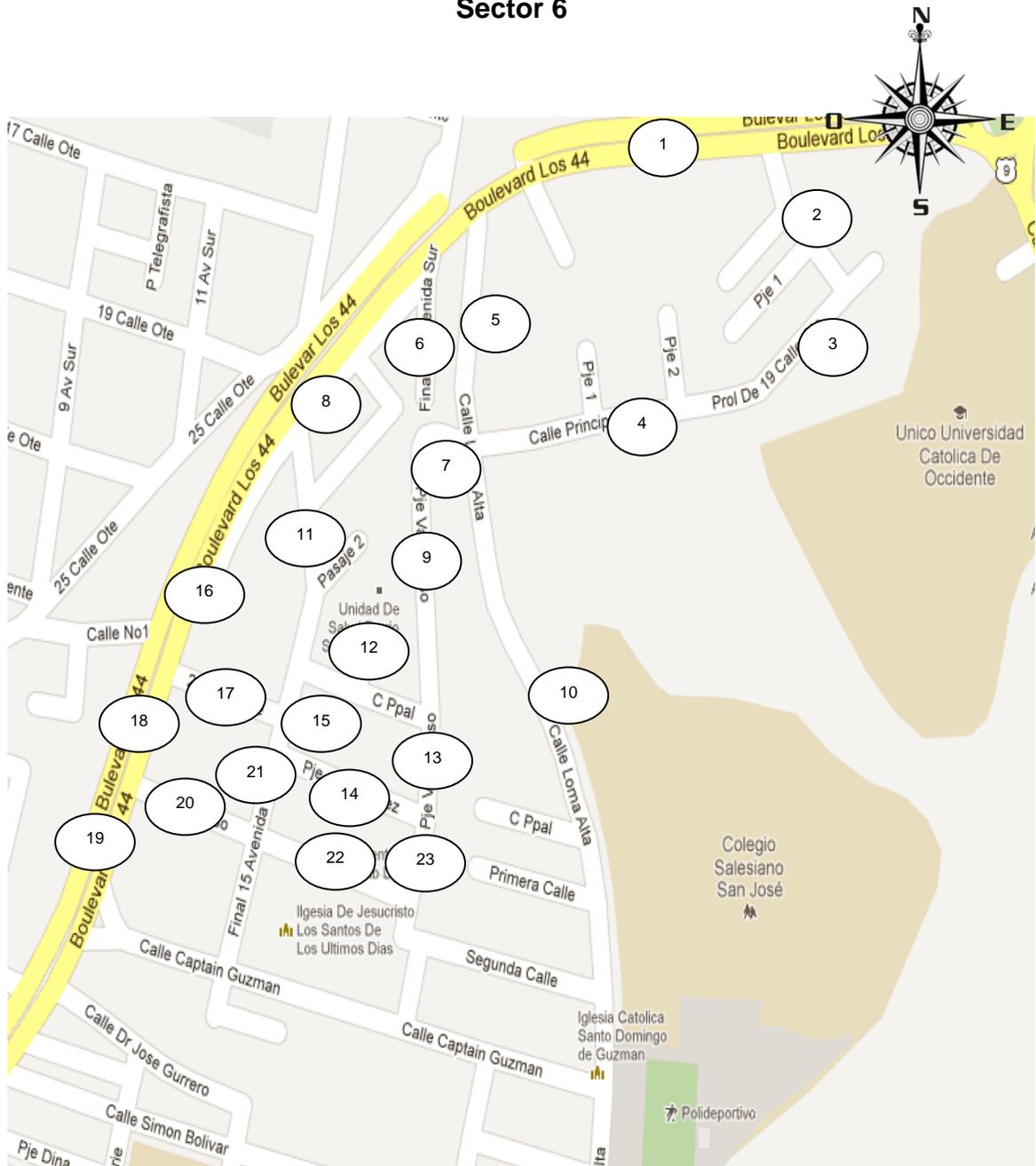
La alternativa seleccionada es la alternativa 2, esto debido a que tiene menores distancias muertas que la alternativa 1.

Secuencia de ruta para el sector 5:

**Garage→1→2→6→11→16→21→29→32→43→51→54→60→55→56→57
→58→56→55→61→59→54→51→47→48→49→50→53→46→41→42→45→52
→48→44→39→40→39→33→30→29→17→12→7→3→1→2→4→5→8→10→9
→11→14→15→18→20→19→21→24→2→23→18→13→8→5→7→12→17→22
→30→31→29→24→25→34→62→70→72→67→71→66→62→34→26→27→28
→69→68→64→37→63→67→68→65→36→38→35→27→28→Relleno**

Sanitario→Garage

Sector 6



ILUSTRACION 4. 19: Asignación de nodos en Sector 6 parte 1

Sector 6



ILUSTRACION 4. 20: Asignación de nodos en Sector 6 parte 2

SECTOR 6 - ALTERNATIVA 1				
RUTA	DISTANCIA ASIGNADA (m)	DISTANCIA DE RECORRIDO (m)	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA (Kg)	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA (Kg)
19	100	100	89	89
17	109	109	97	185
18	87	87	77	262
16	200	200	177	439
1	260	260	230	670
2	130	130	115	785
3	122	122	108	893
4	281	281	249	1142
5	110	110	97	1239
6	144	144	128	1367
7	37	37	33	1400
8	140	140	124	1524
9	225	225	199	1723
12	145	145	128	1852
15	59	59	52	1904
19	100	100	0	1904
23	62	62	55	1959
24	143	143	127	2086
22	143	143	127	2212
21	62	62	55	2267
14	140	140	124	2391
13	59	59	52	2443
12	145	145	0	2443
15	59	59	0	2443
20	109	109	97	2540
21	62	62	0	2540
37	187	187	166	2706
36	187	187	166	2871
38	100	100	89	2960
39	156	156	138	3098
40	84	84	74	3173

41	31	31	27	3200
42	100	100	89	3289
43	103	103	91	3380
44	103	103	91	3471
46	31	31	27	3499
45	103	103	91	3590
55	55	55	49	3639
56	134	134	119	3757
57	37	37	33	3790
59	38	38	34	3824
60	150	150	133	3957
52	150	150	133	4090
58	150	150	133	4222
64	150	150	133	4355
61	37	37	33	4388
62	37	37	33	4421
63	50	50	44	4465
59	38	38	34	4499
58	150	150	0	4499
51	38	38	34	4533
53	136	136	120	4653
56	134	134	0	4653
54	134	134	119	4772
47	112	112	99	4871
50	38	38	34	4905
48	31	31	27	4932
49	72	72	64	4996
53	136	136	0	4996
56	134	134	0	4996
55	72	72	64	5060
46	31	31	0	5060
43	103	103	0	5060
42	100	100	0	5060
27	265	265	235	5294
29	59	59	52	5347

28	59	59	52	5399
34	56	56	50	5449
33	56	56	50	5498
31	61	61	54	5552
32	75	75	66	5619
35	187	187	166	5784
30	128	128	113	5898
28	59	59	0	5898
26	125	125	111	6009
25	62	62	55	6063
11	200	200	177	6241
10	462	462	409	6650
5	110	110	0	6650
TOTAL	8829	8829	6650	6650

TABLA 4. 41: Alternativa 1 de micro ruta para sector 6.

SECTOR 6 - ALTERNATIVA 2				
RUTA	DISTANCIA	DISTANCIA DE RECORRIDO (m)	CANTIDAD DE BASURA RECOLECTADA (Kg)	CANTIDAD DE BASURA ACUMULADA (Kg)
39	156	156	141	141
41	31	31	28	169
42	100	100	91	260
43	103	103	93	353
44	31	31	28	381
45	103	103	93	475
47	112	112	101	576
49	72	72	65	641
48	31	31	28	670
40	84	84	76	746
46	31	31	28	774
55	72	72	65	839

56	134	134	121	960
57	37	37	34	994
59	38	38	34	1028
61	37	37	34	1062
60	150	150	136	1198
52	150	150	136	1334
58	150	150	136	1470
64	150	150	136	1605
62	37	37	34	1639
63	50	50	45	1684
59	38	38	0	1684
58	150	150	0	1684
51	38	38	34	1719
53	136	136	123	1842
56	134	134	0	1842
54	134	134	121	1963
50	38	38	34	1998
53	136	136	0	1998
56	134	134	0	1998
55	72	72	0	1998
46	31	31	0	1998
43	103	103	0	1998
42	100	100	0	1998
27	265	265	240	2238
28	59	59	53	2291
34	56	56	51	2342
35	187	187	169	2511
33	56	56	51	2562
36	187	187	169	2732
32	75	75	68	2800
37	187	187	169	2969
38	100	100	91	3060
31	61	61	55	3115
29	59	59	53	3168
30	128	128	116	3284
28	59	59	0	3284
26	125	125	113	3398

25	62	62	56	3454
2	130	130	118	3571
22	143	143	130	3701
19	100	100	91	3792
20	109	109	99	3890
21	62	62	56	3947
18	87	87	79	4025
17	109	109	99	4124
16	200	200	181	4305
15	59	59	53	4359
11	200	200	181	4540
5	110	110	100	4640
6	144	144	130	4770
7	37	37	34	4804
8	140	140	127	4930
9	225	225	204	5134
12	145	145	131	5266
13	59	59	53	5319
14	140	140	127	5446
23	61	61	55	5501
24	143	143	130	5631
10	462	462	419	6049
4	281	281	255	6304
1	260	260	236	6540
3	122	122	111	6650
2	130	130	0	6650
TOTAL	8427	8427	6650	6650

TABLA 4. 42: Alternativa 2 de micro ruta para sector 6.

En la tabla 4.43, se presenta en resumen la descripción de los recorridos del sector 6. Este tiene como nodo de inicio para la alternativa 1 el nodo 19 y para la alternativa 2 el nodo 39, dentro de la ruta los nodos que no serán recorridos pero que los desechos asignados a estos serán recolectados son el 17, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 24, 20, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 61, 47, 48, 49, 29, 31 y 11 para la primera alternativa y el 41, 49, 61, 38, 29, 19, 21, 16, 7, 8, 12, 14 y 1 para la segunda alternativa. Como nodo de finalización está dispuesto el nodo 5 para la alternativa 1 y 2 para la alternativa 2.

Sector 6		
Descripción de recorridos	ALT 1	ALT 2
Nodo de inicio (nodo)	19	39
Sendas (nodos)	0	0
Retrocesos (cantidad, distancia)	0	0
Calles en mal estado o no recorridos(nodos)	ver nodos al final de la tabla	
Calles cortas en las que no entra < 60 m (nodo, distancia)	0	0
Nodo de finalización (nodo)	5	2
Alternativa 1 (nodos)	17, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 24, 20, 37, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 61, 47, 48, 49, 29, 31 y 11	
Alternativa 2 (nodos)	41, 49, 61, 38, 29, 19, 21, 16, 7, 8, 12, 14 y 1	

TABLA 4. 43: Descripción de recorridos para sector 6

En la tabla 4.44, se presentan las actividades que conlleva el recorrido del sector 6. Donde la distancia total de recolección es de 7506 m y 7341 m para la alternativa 1 y 2 respectivamente, las distancias no recorridas son 2667 m y 1529m, las distancias productivas del recorrido son de 4839 m y 5812m , las distancias muertas son de 1323 m y 1087 m para la alternativa 1 y 2 respectivamente. La distancia total de micro ruta para la alternativa 2 es menor que la de la alternativa 1 por 402 m. Las vueltas a la izquierda son 23 y la alternativa 2 tiene 24.

Sector 6		
Actividad	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia total de recolección	7506	7341
Distancias no recorridas	2667	1529
Distancias productiva	4839	5812
Distancias muertas	1323	1087
Distancia Total de micro ruta	8829	8427
Distancias sin recolección por nodos lindantes	0	0
Giros a la izquierda (cantidad)	23	24
Giros a la derecha (cantidad)	18	22

TABLA 4. 44: Actividades asignadas para alternativas del sector 6

La tabla 4.45, contiene el resumen de las distancias que comprenden las rutas alternativas de recolección del sector 6. En esta, se encuentran: las distancias de garage a inicio de micro ruta con 2200 m y 2250m para 1 y 2, la distan total recorrida en la micro ruta es 8829 m para la alternativa 1 y 8427 m para la alternativa 2. La distancia de final de micro ruta al relleno sanitario es de 12000 m y 12050 m y de este al garage es de 11600 m.

Sector 6		
Recorridos	ALT 1 (m)	ALT 2 (m)
Distancia de garage a inicio de micro ruta	2200	2250
Distancia de recorrido de micro ruta	8829	8427
Distancia de final de micro ruta a lugar de disposición final	12000	12050
Distancia de lugar de disposición final a garage	11600	11600
Distancia Total de Ruta	61775	61517

TABLA 4. 45: Alternativas de recorrido total para ruta del sector 6

La alternativa seleccionada es la alternativa 2, esto debido a que tiene menores distancias muertas que la alternativa 1. Los números que se encuentran entre paréntesis, representan aquellos nodos que no fueron incluidos en el recorrido, pero que los desechos asignados a estos son recolectados.

Secuencia de ruta para el sector 6: 41, 49, 61, 38, 29, 19, 21, 16, 7, 8, 12, 14 y 1

**Garage→39→41)→42→43→44→45→47→(49)→48→40→46→55→56→57→59→(61)→60→52→58→64→62→63→59→58→51→53→56→54→50→53→56→55→46→43→42→27→28→34→35→33→36→32→37→(38)→31→(29)→30→28→26→25→2→22→19→20→(21)→18→17→(16)→15→11→5→6→(7)→(8)→9→(12)→13→(14)→23→24→10→4→(1)→3→2→Relleno
Sanitario(0)→ Garage**

CONCLUSIONES

Luego de realizada la investigación, se concluye lo siguiente:

- En la actualidad, no se cuenta con un control estadístico de los datos de generación de desechos sólidos urbanos, así como de población de las diferentes zonas de la ciudad, lo que dificulta tener una aproximación de los desechos generados en los diferentes días de la semana o días de mayor generación, lo cual no permite una buena planificación de los recursos.
- La falta de una metodología definida para el diseño de rutas de recolección, dificulta actualmente la distribución eficiente de los equipos recolectores, lo que provoca desorden con las rutas de los vehículos cuando no se logra cubrir con las áreas asignadas.
- En la ciudad de Santa Ana hay muchas calles en mal estado, por lo que el vehículo recolector no puede acceder a muchas viviendas para la recolección de sus desechos, lo que conlleva a que las rutas de recolección no tengan una cobertura total.
- En la Alcaldía municipal de Santa Ana, no se cuenta con una persona que colabore con el jefe de aseo urbano y se encargue especialmente de la elaboración, análisis y mejora de rutas de recolección para la ciudad de Santa Ana.

- A lo largo de la investigación se pudo constatar que los habitantes de la zona sur oriente de la ciudad de Santa Ana no practican un adecuado manejo de los desechos sólidos domiciliarios, ya que no hay ningún tipo de separación o reciclaje que permita tener, en alguna medida, aprovechamiento de tales desechos. Además no existe un adecuado método para poner a disposición los desechos para su recolección.
- Por último, otro aspecto a tomar en cuenta, debido a su importancia es la selección del método de recolección, ya que algunos de ellos propician las condiciones para la implementación de modelos matemáticos que permiten la reducción en las distancias, tiempos y costos de los recorridos, así como una mejor utilización de recursos, pero que en países como el nuestro es difícil de aplicarlos debido a las condiciones viales, a la distribución habitacional y a los malos hábitos de la población en general, que en su mayoría, se acomodan y dejan toda la responsabilidad de lo que conlleva la recolección de los desechos sólidos a la municipalidad, lo cual reduce por el momento las alternativas de solución al problema de la recolección.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se presentan a continuación, tienen como finalidad proponer guías que ayuden a la municipalidad o entidades interesadas, al mejoramiento en lo relacionado con la recolección de los desechos sólidos urbanos. A demás, se establecen las líneas de investigación, para que futuros trabajos de grado puedan abordar esta temática.

- ⊙ Destinar recursos para la realización de censos de población específicos para la zona urbana de la ciudad de Santa Ana, dirigidos a estimar el número de habitantes por área.
- ⊙ Utilizar los valores de pesos registrados en el lugar de disposición final, para llevar un control estadístico de generación de desechos, con la finalidad de estimar con anticipación las tendencias de generación y poder así elaborar planes de contingencia de recolección para las fechas y periodos que presentan picos de generación
- ⊙ Digitalizar planos de la zona urbana de la ciudad de Santa Ana, que contengan distancias y sentidos viales.
- ⊙ Contratar un especialista en análisis de rutas, ya sea ingeniero industrial o ingeniero en sistemas, que se encargue de la elaboración, análisis y mejora de estas, para lograr una mayor eficiencia en los recorridos y en el uso de los recursos, actualizando continuamente las rutas de recolección.

- ⊙ Capacitar al personal encargado de la distribución de los camiones recolectores, en la implementación de la metodología propuesta en esta investigación.
- ⊙ Incorporar dispositivos de localización a los camiones para controlar el recorrido de recolección.
- ⊙ Se recomienda mejorar las condiciones viales de la ciudad, para aumentar la cobertura de recolección e incorporar las calles en mal estado a la ruta de recolección.
- ⊙ Realizar las rutas de las tres zonas restantes de la ciudad de Santa Ana. Tomando como base la metodología propuesta.
- ⊙ Se recomienda a la alcaldía municipal, crear incentivos dirigidos a la población, tales como concursos a las “Colonias más limpias” y así poder promover en las comunidades los buenos hábitos para el tratamiento en los hogares y recolección de los desechos.
- ⊙ Al carecer de una verdadera y seria cultura de la separación y manejo de desechos, es notorio el aumento de desechos peligrosos mezclados con basura, tanto orgánica como inorgánica proveniente de los domicilios. Este es el caso de las baterías, llantas, líquidos especiales, etc., para los cuales es necesario investigar aun más para conocer y difundir el manejo de este tipo de residuos, que no solo son peligrosos en su manejo sino sobre todo por el grave daño ambiental que están generando actualmente al medio ambiente.

- ⊙ Crear incentivos que motiven a desarrollar y usar tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización que favorezcan la minimización o reaprovechamiento de los desechos.

- ⊙ Definir e implementar programas de educación comunitaria y leyes sancionatorias para aquellos que lanzan desechos en las calles, causes de ríos y otros lugares inapropiados.

BIBLIOGRAFÍA

- ⊙ Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), (2009). Manual Técnico sobre Generación, Recolección y Transferencia de Residuos Sólidos Municipales. México.

- ⊙ Argueta Jacinto, Silvia Lorena. Escobar Menjívar, Claudia Guadalupe. Umaña Ordoñez, Patricia Elizabeth. (julio de 2004). "Proyecto de Creación de una empresa de recolección de desechos sólidos para la zona Norte de la Ciudad de Santa Ana. Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

- ⊙ Ministerio de Salud y Asistencia Social y Organización Panamericana de la Salud (1998). Análisis Sectorial De Residuos Sólidos. El Salvador.

- ⊙ Irene Campos Gómez, (2003). Saneamiento Ambiental (Reimpresión de la 1ª Edición). San José, Costa Rica: EUNED.

- ⊙ Medina, José Antonio y Jiménez, Isabel (2001). Guía para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales (1ª Edición). México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

- ⊙ Instituto Nacional de Desarrollo Municipal (2001). Diseño de Rutas de Recolección. El Salvador.

- ⊙ Manuel Vivanco (2005). Muestreo estadístico, diseño y aplicaciones. Santiago de Chile: editorial universitaria.

- ⊙ OPS, BID, (1997). “Diagnóstico de la situación de Residuos Sólidos Municipales en América Latina y el Caribe”.

- ⊙ Ministerio de Economía, Dirección General de Estadísticas y Censos (Abril de 2008). VI Censo de Población y V de Vivienda 2007. San Salvador.

- ⊙ COTRANS S.A. de C.V. (2006). Segundo Censo Nacional de Desechos Sólidos Municipales. Generación de Desechos Sólidos. San Salvador.

GLOSARIO

Almacenamiento: Acción de retener temporalmente desechos, mientras no sean entregados al servicio de recolección, para su posterior procesamiento, reutilización o disposición.

Aprovechamiento: Todo proceso industrial y/ o manual, cuyo objeto sea la recuperación o transformación de los recursos contenidos en los desechos.

Basura. Sinónimo de residuos sólidos municipales y de desechos sólidos.

Basurero. Botadero, vertedero o vaciadero.

Botadero. Lugar donde se arrojan los residuos a cielo abierto en forma indiscriminada sin recibir ningún tratamiento sanitario. Sinónimo de **vertedero**, **vaciadero** o **basurero**.

Botadero de Desechos: Es el sitio o vertedero, sin preparación previa, donde se depositan los desechos, en el que no existen técnicas de manejo adecuadas y en el que no se ejerce un control y representa riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Contaminación por desechos sólidos: La degradación de la calidad natural del medio ambiente, como resultado directo o indirecto de la presencia o la gestión y la disposición final inadecuadas de los desechos sólidos.

Contenedor: Recipiente en el que se depositan los desechos sólidos para su almacenamiento temporal o para su transporte.

Desechos Sólidos: Son aquellos materiales no peligrosos, que son descartados por la actividad del ser humano o generados por la naturaleza, y que no teniendo una utilidad inmediata para su actual poseedor, se transforman en indeseables.

Disposición Final: Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los desechos sólidos, según su naturaleza.

Entidad de aseo urbano. Persona natural o jurídica, pública o privada, encargada o responsable en un municipio de la prestación del servicio de aseo.

Escombro. Desecho proveniente de las construcciones y demoliciones de casas, edificios y otro tipo de edificaciones.

Estación de Transferencia: 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 mayor capacidad, para su acarreo hasta el sitio de disposición final.

Generador de desechos sólidos: Toda persona, natural o jurídica, pública o privada, que como resultado de sus actividades, pueda crear o generar desechos sólidos.

Gestión Integral: Conjunto de operaciones y procesos encaminados a la reducción de la generación, segregación en la fuente y de todas las etapas de la gestión de los desechos, hasta su disposición final.

Heurística: Como un arte, técnica o procedimiento práctico o informal para resolver problemas. Alternativamente, se puede definir como un conjunto de reglas metodológicas no necesariamente formalizadas, positivas y negativas, que sugieren o establecen cómo proceder y problemas a evitar a la hora de generar soluciones y elaborar hipótesis.

Manejo. Conjunto de operaciones dirigidas a dar a los residuos el destino más adecuado de acuerdo con sus características, con la finalidad de prevenir daños o riesgos para la salud humana o el ambiente. Incluye el almacenamiento, el barrido de calles y áreas públicas, la recolección, la transferencia, el transporte, el tratamiento, la disposición final y cualquier otra operación necesaria.

Reciclaje: Proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a

un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.

Recolección: Acción de recoger y trasladar los desechos generados, al equipo destinado a transportarlos a las instalaciones de almacenamiento, transferencia, tratamiento, reuso o a los sitios de disposición final.

Recolección Selectiva: Acción de clasificar, segregar y presentar segregadamente para su posterior utilización.

Reducción en la Generación: Reducir o minimizar la cantidad o el tipo de residuos generados que deberán ser evacuados. Esta reducción evita la formación de residuos, mediante la fabricación, diseño, adquisición o bien modificación de los hábitos de consumo, peso y generación de residuos.

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 de seguridad. Relleno sanitario destinado a la disposición final adecuada de los residuos industriales o peligrosos.

Residuos sólidos. Cualquier material incluido dentro de un gran rango de materiales sólidos, también algunos líquidos, que se tiran o rechazan por estar gastados, ser inútiles, excesivos o sin valor. Normalmente, no se incluyen residuos sólidos de instalaciones de tratamiento.

Residuo sólido especial. Residuo sólido que por su calidad, cantidad, magnitud, volumen o peso puede presentar peligros y, por lo tanto, requiere un manejo especial. Incluye los residuos sólidos de establecimientos de salud, productos químicos y fármacos caducos, alimentos expirados, desechos de establecimientos que usan sustancias peligrosas, lodos, residuos voluminosos o pesados que, con autorización o ilícitamente, son manejados conjuntamente

con los residuos sólidos municipales.

Residuo sólido municipal. Residuo sólido o semisólido proveniente de las actividades urbanas en general. Puede tener origen residencial o doméstico, comercial, institucional, de la pequeña industria o del barrido y limpieza de calles, mercados, áreas públicas y otros. Su gestión es responsabilidad de la municipalidad o de otra autoridad gubernamental. Sinónimo de **basura** y **desecho sólido**.

Residuo peligroso. Residuo sólido o semisólido que por sus características tóxicas, reactivas, corrosivas, radiactivas, inflamables, explosivas o patógenas plantea un riesgo sustancial real o potencial a la salud humana o al ambiente cuando su manejo se realiza en forma conjunta con los residuos sólidos municipales, con autorización o en forma clandestina.

Residuo sólido domiciliario. Residuo que, por su naturaleza, composición, cantidad y volumen, es generado en actividades realizadas en viviendas o en cualquier establecimiento similar.

Reutilización: Capacidad de un producto o envase para ser usado en más de una ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito para el cual fue fabricado.

Segregación en la Fuente: Segregación de diversos materiales específicos del flujo de residuos en el punto de generación. Esta separación facilita el reciclaje.

Tara: Peso neto de un vehículo de transporte.

Tratamiento o Procesamiento: Es la modificación de las características físicas, químicas o biológicas de los desechos sólidos, con el objeto de reducir su nocividad, controlar su agresividad ambiental y facilitar su gestión.

ANEXOS

Anexo 1.0

Población total, distribución porcentual, extensión territorial y densidad de población, según departamento. Censo 2007.

Departamento	Población	Distribución Porcentual	Extensión Territorial en Km. ²	Densidad (Habitantes por Km. ²)
EL SALVADOR	5,744,113	100.0	21,040.2	273
01- Ahuachapán	319,503	5.6	1,239.6	258
02- Santa Ana	523,655	9.1	2,023.2	259
03- Sonsonate	438,960	7.6	1,225.2	358
04- Chalatenango	192,788	3.4	2,016.6	96
05- La Libertad	660,652	11.5	1,652.9	400
06- San Salvador	1,567,156	27.3	886.2	1,768
07- Cuscatlán	231,480	4.0	756.2	306
08- La Paz	308,087	5.4	1,223.6	252
09- Cabañas	149,326	2.6	1,103.5	135
10- San Vicente	161,645	2.8	1,184.0	137
11- Usulután	344,235	6.0	2,130.4	162
12- San Miguel	434,003	7.6	2,077.1	209
13- Morazán	174,406	3.0	1,447.4	120
14- La Unión	238,217	4.1	2,074.3	115

Anexo 2.0

Población total por área de residencia, sexo, índice de masculinidad y porcentaje urbano, según departamento y municipio. Censo 2007.

Cuadro 3 POBLACIÓN TOTAL POR ÁREA DE RESIDENCIA, SEXO, ÍNDICE DE MASCULINIDAD Y PORCENTAJE URBANO, SEGÚN DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO. CENSO 2007

DEPARTAMENTOS Y MUNICIPIOS	Población									IM	% Urbano
	Total			Área							
				Urbana			Rural				
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres		
02 - SANTA ANA	523,655	250,969	272,686	332,650	157,229	175,421	191,005	93,740	97,265	92.0	63.5
01- Santa Ana	245,421	117,565	127,856	204,340	97,115	107,225	41,081	20,450	20,631	92.0	83.3
02- Candelaria de la Frontera	22,686	11,026	11,660	8,148	3,924	4,224	14,538	7,102	7,436	94.6	35.9
03- Coatepeque	36,768	17,937	18,831	13,340	6,380	6,960	23,428	11,557	11,871	95.3	36.3
04- Chalchuapa	74,038	35,535	38,503	47,695	22,321	25,374	26,343	13,214	13,129	92.3	64.4
05- El Congo	24,219	11,488	12,731	14,594	6,771	7,823	9,625	4,717	4,908	90.2	60.3
06- El Porvenir	8,232	4,084	4,148	921	442	479	7,311	3,642	3,669	98.5	11.2
07- Masahuat	3,393	1,658	1,735	498	250	248	2,895	1,408	1,487	95.6	14.7
08- Metapán	59,004	27,831	31,173	19,356	8,928	10,428	39,648	18,903	20,745	89.3	32.8
09- San Antonio Pajonal	3,279	1,607	1,672	1,298	579	719	1,981	1,028	953	96.1	39.6
10- San Sebastián Salitrillo	18,566	8,731	9,835	17,481	8,199	9,282	1,085	532	553	88.8	94.2
11- Santa Rosa Guachipilín	4,930	2,324	2,606	431	191	240	4,499	2,133	2,366	89.2	8.7
12- Santiago de la Frontera	5,196	2,514	2,682	1,436	683	753	3,760	1,831	1,929	93.7	27.6
13- Texistepeque	17,923	8,669	9,254	3,112	1,446	1,666	14,811	7,223	7,588	93.7	17.4

Anexos 3.0

Encuesta dirigida a los habitantes de la zona sur oriente de la ciudad de Santa Ana.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ENCUESTA DIRIGIDA A LOS HABITANTES DE LA ZONA SUR-ORIENTE DE LA CIUDAD DE SANTA ANA



Objetivo: Conocer la opinión ciudadana a cerca de los desechos sólidos urbanos.

Presentación: Esta encuesta es parte de una serie de técnicas de investigación que han sido creadas para poder obtener información en forma directa y objetiva.

Indicación: Responda lo que le solicita y a continuación y marque con una "X" la opción que considere adecuada a la pregunta.

Colonia:

Ubicación:

1. ¿Cuántas personas viven en su casa?

2. ¿En promedio, cuanta basura se genera en un día en su hogar?

De 1-5 lbs.		De 11-15 lbs.	
De 6-10 lbs.		Más de 15 lbs.	

3. ¿Pasa el tren de aseo por su hogar?

Si ____ No ____

4. ¿En que almacena los desechos generados antes de ser recolectados?

Bolsas de papel		Recipientes plásticos		Ninguna de las anteriores	
Bolsas de plástico		Recipientes de madera			
Cajas de Cartón		Recipientes metálicos			

5. ¿De qué forma pone a disposición los desechos para su recolección?

Llevándola directamente al tren de aseo		Colocándola en la acera	
Llevándola a un punto específico autorizado		Llevándola a un punto específico no autorizado	
Depositándola en un contenedor		Ninguna de las anteriores	

6. ¿Considera Usted necesario tener un centro de acopio de basura cerca de su casa?

Si ____ No ____

7. ¿Existe algún punto específico donde las personas colocan su basura en los alrededores de su colonia?

Si ____ No ____

Si su respuesta es Si, responda la siguiente pregunta, si es No, pase a la pregunta número 9.

8. ¿Es un punto autorizado por la alcaldía?
 Si ____ No____ No sabe (No se) ____
9. ¿Con que frecuencia pasa el tren de aseo por su colonia durante la semana?

1 vez		2 veces	
3 veces		4 veces	
5 veces		6 veces	
7 veces		Ninguna vez	

10. ¿Considera que la zona en la que vive se mantiene limpia?
 Si ____ No____

Por _____ qué

11. ¿Qué tipo de desechos son los que más se generan en su casa?

Papel		Vidrio	
Plástico		Madera	
Desperdicios de comida		Metales	
Químicos		Ninguno	

12. ¿Qué tipo de desechos pone a disposición del tren de aseo?

Papel		Vidrio	
Plástico		Madera	

Desperdicios de comida		Metales	
Químicos		Ninguno	

13. ¿Conoce ud. el horario de recolección de las unidades?

Si ___ No___

14. ¿Conoce ud. las leyes y ordenanzas municipales que regulan la recolección de los desechos sólidos?

Si ___ No___

15. ¿Considera necesario conocer estas leyes y ordenanzas municipales?

Si ___ No___

Anexos 4.0

Instrumento de observación para colonias de la zona sur oriente de la ciudad de Santa Ana.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

INSTRUMENTO DE OBSERVACION PARA COLONIAS DE LA ZONA SUR-ORIENTE DE LA CIUDAD DE SANTA ANA



Objetivo: Observar directamente generalidades de la zona sur-oriente de la Ciudad de Santa Ana le dan a los desechos sólidos urbanos.

Día: _____

Hora: _____

Lugar: _____

Tipo de acceso a viviendas:

Calle	
Pasaje	
Senda	

Especificaciones:

Cantidad (calles y avenidas): _____

Descripción(nombres): _____

Estado de las vías de acceso:

Excelente	
Muy Bueno	

Bueno	
Regular	
Malo	

Fluidez del tránsito en vías de acceso:

Alto	
Medio	
Bajo	

Nivel económico de la población:

	Alto	Medio	Bajo
Alto			
Medio			
Bajo			

Desechos:

Basura en las calles		Basura en los contenedores	
Basura en las aceras		Acumulación de basura en lugares no autorizados	

OTROS:

Tipo de desechos sólidos que generan:

Plástico	
Papel	
Vidrio	
Desperdicios orgánicos	
Metales	
Madera	

OTROS:

Disposición de los desechos sólidos por parte de los ciudadanos para su recolección:

Son llevados hasta el camión recolector	
Los sacan hasta la puerta de su casa	
Son dejados en botaderos no autorizados	
Los colocan en contenedores fuera de su casa	

OTROS:

Tipo de recipiente en el que dejan a disposición los desechos para su recolección:

Bolsas plásticas	
------------------	--

Bolsas de papel	
Recipientes plásticos	
Recipientes de madera	
Recipientes metálicos	

OTROS:

Unidad recolectora:

Tren de aseo		Barrendero	
--------------	--	------------	--

OTROS:

Anexos 5.0

Instrumento de observación para colonias de la zona sur oriente de la ciudad de Santa Ana.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ENTREVISTA DIRIGIDA AL JEFE DE ASEO DE LA ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA



1. ¿Áreas que cubre el servicio de recolección municipal de desechos solidos, en la Zona Sur-Oriente de la ciudad de Santa Ana?
Zona Céntrica: Lunes, Miércoles y Viernes.
Zona del Molino y by pass: Martes y Jueves
2. ¿Qué tipo de desechos son los que se generan en mayor proporción en la zona antes mencionada?
En aproximadamente, un 65% de los desechos son de origen orgánico, sin embargo si se lograra concientizar a las personas sobre la importancia del reciclaje, esta dato podría bajar hasta un 35%.
3. ¿Con cuántas unidades cuenta el área de aseo de la ciudad?
En la actualidad se disponen de 8 compactadores y 4 camiones de cama abierta. Pero a finales del presente año, se espera que contemos con 4 compactadores más.
4. ¿Cuántas unidades están asignadas para la zona de estudio?
Actualmente están asignados 3 camiones para cubrir esa zona.
5. ¿Cual es el proceso de recolección que poseen en dicha zona?
Los integrantes de las cuadrillas de recolección, llegan al lugar donde se encuentran los camiones (garaje) tiempo antes para sacar las unidades

de recolección, su horario de entrada es a las 6 de la mañana, pero llegan antes, a las 4:30 a.m., debido al tráfico, el clima y la distancia de la disposición final.

6. ¿Cuáles son los horarios actuales de recolección para dicha zona?

El horario utilizado hasta el 20 de Agosto era:

5 am – 12pm

12pm – 6 pm

Pero a partir del 20 de Agosto el nuevo horario es

6am – 10pm

7. ¿Cuál es el número actual del personal administrativo y el personal de mantenimiento?

Es un total de 300 empleados: 140 barrendero, 24 motoristas, 90 peones el resto constituido por personal administrativo.

8. ¿Poseen un dato de recolección diaria para la zona Sur-Oriente de la ciudad de Santa Ana? Si es así, ¿De cuánto es?

Diariamente se sacan de 200 a 210 toneladas.

9. ¿Cuál es ubicación del lugar usada como disposición final de los desechos?

Desde el 31 de julio del presente año, ya no se llevan los desechos sólidos a camones, si no ha MIDES Nejapa.

10. ¿Cómo funciona el sistema de barrido de calles?

A cada barrendero se le asignan 30 cuadras, la recolección es de andén a andén.

11. ¿Cuál es la capacidad de los vehículos de recolección de desechos?

Son vehículos, cisternas y compactadores de basura, los compactadores con capacidad de 8 Toneladas y 40 galones de lixiviado.

Anexos 6.0

Leyes y Ordenanzas Municipales.

La presente ordenanza tiene por objetivo establecer las bases que regulan el manejo de los desechos sólidos en la ciudad de Santa Ana, además de las respectivas multas por su incumplimiento.

ORDENANZA MUNICIPAL QUE REGULA EL SERVICIO DE ASEO, BARRIDO DE CALLES, RECOLECCION Y DISPOSICION FINAL DE LA BASURA DEL MUNICIPIO DE SANTA ANA.

2.2 Aspectos Legales.

CAPITULO I

Art 1.- Es competencia de la Municipalidad:

- a) Prestar el servicio de recolección de desechos sólidos domiciliarios, barrido de calles, limpieza de arriates centrales, barrancas, caminos vecinales y disposición final de la basura.
- b) La limpieza de parques, plazas, mercados, zonas verdes y paseos públicos, municipales.
- c) Conceder la autorización correspondiente para el depósito de los desechos provenientes de las actividades, enumeradas en el artículo tres de la presente Ordenanza, en lugares que no sean el relleno sanitario municipal, previa calificación.

Art. 2.- Para la recolección de desperdicios sólidos domiciliarios, el consejo Municipal podrá establecer el correspondiente servicio y determinará una tasa especial.

El referido servicio podrá prestarse en cualquiera de las formas legalmente establecidas, incluso por concesión o convenio.

Capítulo II

Art. 3.- Para efectos de la presente Ordenanza se entiende como desechos sólidos, todos aquellos que no son gaseosos, ni líquidos resultantes de las actividades públicas, comerciales, industriales, agrícolas y domésticas.

Art. 4.- Tendrá la consideración de basura domiciliaria:

- a) Los desperdicios alimenticios y los del que hacer doméstico.
- b) Los envoltorios y papeles procedentes de los establecimientos industriales, comerciales y públicos, cuando puedan ser recogidos en solo recipiente.
- c) Los escombros procedentes de pequeñas reparaciones, o el producto de poda de plantas, siempre que los mismos no excedan de los dispuesto en el Artículo Veinte de esta Ordenanza.
- d) El producto de barrido de aceras.
- e) Las cenizas resultantes de cremación de cualquiera de las materias enunciadas.

Art. 5.- Serán consideradas basuras no domiciliarias:

- a) Los residuos o cenizas industriales de fábricas, talleres y almacenes.
- b) Los desechos de hospitales, funerarias y clínicas.
- c) Los desperdicios de mataderos, mercados, laboratorios y demás establecimiento públicos similares.
- d) Los desperdicios de los establecimientos der ramo de hostelería sin que excedan de lo establecido en el Artículo veinte de esta Ordenanza.
- e) Los animales muertos.
- f) Los restos de mobiliario, jardinería y poda de árboles, salvo lo dispuesto en Artículo anterior, y
- g) Cualquier otro producto análogo.

Art. 6.- Se considera materiales y desechos procedentes de limpieza o barrido de acera, aquellos que se obtengan con motivo de actividad limpieza de las mismas, efectuado por los particulares o realizado de oficio por la municipalidad, con arreglo a lo establecido en la presente Ordenanza.

CAPITULO III

DEL ASEO DE LAS VÍAS PÚBLICAS

Art. 7.- Toda persona natural o jurídica, tiene la obligación de mantener permanentemente aseada la acera y arriates, en todo el frente del inmueble que ocupa, ya sea como propietario, arrendatario o poseedora o cualquier título; barriéndolas diariamente y lavándolas si fuere necesario manteniendo así mismo, limpias de escombros, maleza u obstáculos que impidan el libre tránsito peatonal.

Art. 8.- El barrido de las aceras, se hará en el sentido de afuera hacia dentro del inmueble, y no hacia el exterior, recogiendo los desechos los cuales deberán depositarse junto la basura domiciliaria.

Art. 9.- Se prohíbe botar basura a las calles, aceras, acequias, causes de ríos o canales, plazas, parques y demás lugares públicos, desechos de cualquier tipo y escombros; así como el vaciamiento o escurrimiento de aguas servidas hacia la calle, así mismo se prohíbe la quema de basura u otros desechos.

Los desperdicios y basuras, deberán ser depositados en los recipientes instalados con este fin.

Art. 10.- Las personas que ordenen y hagan cargar o descargar cualquier clase de mercadería o materiales, deberán hacer barrer y retirar los que hayan quedado en la vía pública. Si se desconociere la persona que dio la orden, se harpa responsable el conductor o propietario del vehículo, y a falta de éstos, lo será el ocupante de la propiedad donde se haya efectuado la carga o descarga.

Art. 11.- El depósito de materiales de construcción en las aceras correspondiente para obras que se ejecuten con la licencia respectiva, debe hacerse hasta por tres días, sin permiso de esta Alcaldía, necesitándose una autorización para un término mayor, en cuyo caso no podrá concederse el depósito de dichos materiales ponga en peligro la seguridad de los peatones.

En caso de demolición de edificaciones se tendrá en cuenta la seguridad de los peatones, la limpieza del ripio estará a cargo de la empresa constructora.

En caso de no cumplir con esta obligación se estará a lo dispuesto en el capítulo octavo de esta Ordenanza.

Art. 12.- Los vendedores de frutas u otras ventas similares, situados en los lugares públicos, deberán tener constantemente aseado todo el espacio que ocuparen y sus alrededores; el depósito de la basura o de cualquier otro desecho proveniente de su actividad, deberá hacerse en bolsas plásticas que reúnan los requisitos indicados en el artículo veintinueve de esta Ordenanza, y depositarlos en un recipiente.

Art. 13.- se prohíbe lavar la ropa y derramar aguas sucias de cualquier naturaleza, en las aceras y calles de la ciudad.

Art. 14.- Los vehículos que transporten desechos o materiales, que por su misma naturaleza al ser transportado, escurran en la vía pública deberá en conducto asear la zona afectada. De lo contrario será sancionado conforme lo establecido en el artículo treinta y seis de esta Ordenanza.

Art. 15.- Todo propietario de inmueble urbano o baldío, deberá mantenerlo debidamente cercado y limpio de maleza, basura y otros desechos. En caso de no cumplir con estas obligaciones, la alcaldía, deberá prevenirle al dueño del inmueble para que éste, en un término de cuarenta y ocho horas, cumpla con lo establecido en este artículo, en caso contrario la Municipalidad, procederá a

efectuar dichas obligaciones, cargando el costo de las mismas, a la cuenta que por el inmueble se le registre, mas la multa correspondiente.

Art 16.- Se prohíbe efectuar trabajos en la vía pública, que impida el libre tránsito peatonal o vehicular y que no sea de emergencia.

Art. 17.- En cualquier actividad que por su naturaleza produzca una gran cantidad de papel u otros desechos, deberán tener recipientes adecuados para que el público deposite en ellos, dichos desperdicios. Se incluyen en éstas, las ventas callejeras.

Así mismo, deberán observar la obligación antes mencionada, todos los propietarios de terminales de unidades de transporte público ubicados en esta comprensión, debiendo mantener limpio el sector correspondiente.

Art. 18.- Se prohíbe evacuar las materias fecales y urinales, en las calles, aceras y demás lugares públicos.

Art. 19.- Se prohíbe botar en las aceras, cunetas y calles; residuos de aceite y grasas provenientes de gasolineras, talleres automotrices y otros similares, así como otras grasas y aceites de origen vegetal o animal.

CAPITULO IV

Art. 20.- La Municipalidad retirará la basura domiciliaria, también retirara los desechos provenientes de las actividades públicas, industriales, comerciales y agrícolas que no excedan de tres barriles de cincuenta y cinco galones cada uno, excepto los materiales señalados en el Artículo veintitrés de esta ordenanza.

Art. 21.- La Municipalidad no retirará las siguientes clases de desechos:

- a) Escombros, ripios y otros similares.

- b) Restos de jardinería, poda de árboles y los desechos resultantes de la limpieza predios baldíos, cuando excedan de lo señalado en el Artículo veinte.
- c) Enseres del hogar o restos de los mismos (electrodomésticos).
- d) Desechos provenientes de actividades públicas, industriales, comerciales y agrícolas que excedan de lo establecido en el Art. Veinte.
- e) Tampoco serán objeto de prestación del servicio, los productos tóxicos o corrosivos, líquidos o sólidos.
- f) Desechos patológicos, provenientes de hospitales, laboratorios, clínicas funerarias y otros similares.

Art. 22.- Lo desechos indicados en el literal “e”; deberán ser incinerados en los mismos establecimientos en que se produzcan, de conformidad a lo establecido en el Código de salud.

Art. 23.- No se deberá de depositar en los recipientes, baldes o contenedores de basura, materiales peligrosos, sean éstos inflamables, explosivos, radioactivos, tóxicos, infecciosos, contaminados, corrosivos, cortantes, susceptibles de putrefacción o de producir olores desagradables.

Ningún contenedor podrá ser utilizado ni manipulado de modo que su contenido caiga en la vía pública o pueda ser levantado o esparcido por el viento.

Art. 24.- Ninguna persona natural o jurídica, podrá dedicarse al transporte o aprovechamiento de los desechos sólidos, sin previa autorización de la Municipalidad la cual indicará los requisitos, que tales personas deberán cumplir.

CAPITULO V

ALMACENAMIENTO DE BASURA DOMICILIARIA

Art. 25.- en las casas de uno o más pisos o niveles, la basura domiciliaria, deberá almacenarse en recipientes o bolsas, que cumplan con las características establecidas en Capítulo Sexto de esta Ordenanza.

Art. 26.- En edificios y complejos habitacionales, de dos o más pisos o niveles, así como en los lugares de difícil acceso, la basura domiciliaria, deberá almacenarse en la forma que se indica en el Artículo anterior, depositándose en un lugar común a todos. Este lugar deberá ser accesible a los camiones recolectores y será determinado en forma conjunta por los usuarios y la Municipalidad.

CAPITULO VI

RECIPIENTE PARA DESECHOS SÓLIDOS

Art. 27 La basura domiciliaria, solo podrá depositarse en recipientes de metal, plásticos, caucho o bolsas de plástico, evitándose lo en lo posible el uso de cajas de cartón, de cajones de madera, de canastos o de paquetes envueltos en papel corriente. La basura proveniente de las actividades industriales, comerciales, agrícolas y públicas; podrá ser depositada en los recipientes mencionados en el inciso anterior debiéndose utilizar barriles cuya capacidad sea mayor de cincuenta y cien galones, y cuyo peso total no excede de cien libras.

Art. 28.- Los recipientes antes mencionados, deberán tener la forma que permita su cómoda y segura manipulación, también tendrá bordes adecuados para poder tomarlos, por ningún motivo se permitirá que tenga bordes cortantes o peligrosos.

Art. 29.- El personal Municipal procederá a retirar los recipientes, para desechos que no cumplan con la exigencia de esta Ordenanza.

CAPITULO VII

EVACUACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS

Art. 30.- Los desechos resultantes de la industria, el comercio y otros, deberán ser colocados en un lugar adecuado, que facilite la recolección, debiendo guardarse los depósitos inmediatamente después de vaciados.

Art. 31.- Serán responsables del cumplimiento de éstas normas, los propietarios, arrendatarios, poseedores o cualquier otro título de inmuebles; en el caso de edificios que cuenten con un administrados corresponderá a éste, la responsabilidad y en caso de vivienda arrendada por habitaciones, el encargado de la casa.

Art. 32 La basura no podrá colocarse en los recipientes en forma tal, que pueda desbordarse, ni podrá tocarse al suelo.

Art. 33.- Se prohíbe botar basura domiciliaria y desechos industriales o comerciales, en los recipientes para papeles situados en la vía pública.

Art 34.- Se prohíbe entregar la basura domiciliaria a los encargados del barrido de calles.

Art 35.- El excedente de los desechos indicados en el Artículo Veintiuno literal d); deberá ser transportado por el usuario, al relleno sanitario municipal.

CAPITULO VIII

DE LAS SANCIONES

Art 36.- Las infracciones a la presenta Ordenanza, serán sancionadas con multas de veinticinco a cinco mil colones; que el Consejo Municipal fijará atendiendo a la gravedad de la infracción y la capacidad económica del infractor, sin perjuicio de otro tipo de sanciones que el Consejo determine.

Art 37.- Además de la multa en que incurrieren los infractores, serán sancionados con la suspensión del permiso que al afecto haya otorgado la Municipalidad, por un período mínimo de quince días hasta el cierre definitivo.

Art. 38.- El conocimiento de las infracciones de la siguiente Ordenanza, corresponderá al Concejo Municipal, previa denuncia verbal o por las dependencias encargadas, o por cualquier vecino de esta ciudad.

Art. 39.- Para la fijación de la multa correspondiente al infractor de algunas de las disposiciones de la presente Ordenanza, la Municipalidad determinará el procedimiento y buscará de oficio las pruebas que considere necesarias.

De las pruebas obtenidas, notificará en legal forma el infractor para que comparezca dentro de las cuarenta y ocho horas, siguiente a la sanción; si compareciere o en su rebeldía abriera a prueba por tres días y pasado el término resolverá dentro de los dos días siguientes.

Para dictar sentencia, la Autoridad adquirirá su convencimiento por cualquiera de los medios de prueba establecidos por la Ley.

Art. 40.- Toda persona que sea sorprendida infraganti, por un agente de Autoridad, botando desechos sólidos o líquidos, en la vía pública, será impuesta una multa de acuerdo a lo establecido en el Artículo treinta y seis, la que deberá hacerse efectiva dentro del tercer día, contando a partir del día siguiente de su imposición, en la Tesorería Municipal de esta ciudad.

Art. 41.- Toda persona que reincidiera en infringir lo establecido en esta Ordenanza, será sancionado con el doble de la multa que se le fue impuesto por la primera vez.

Art. 42.- Los vehículos que conteniendo desechos sólidos o líquidos de basura y ripio, y depositaren éstos en lugares no autorizados serán obtenidos por la Policía Nacional Civil o Policía Metropolitana y remitidos a sus respectivos planteles, imponiéndoles una multa de Quinientos colones por cada infracción.

CAPITULO IX

DISPOSICIONES GENERALES

Art 43.- Las multas que se impongan en virtud de esta Ordenanzas, ingresarán al Fondo Común Municipal.

Art 44.- Todo agente de Autoridad pública, deberá velar por el fiel cumplimiento de lo establecido en la presente Ordenanza, debiendo dar aviso a las Autoridades Municipales correspondientes, de toda la infracción de que tuviera conocimiento.

Art. 45.- Derogar la Ordenanza que contiene el Decreto No. 11, de fecha ocho de marzo de mil novecientos noventa.

Art. 46.- La presente Ordenanza, entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN EL SALON DE SESIONES DE LA ALCALDIA MUNICIPAL DE SANTA ANA, A LOS SIETE DÍAS DEL MES DE FEBRERO DE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y SEIS.

Anexos 7.0

Tablas con nodos y distancias asignadas por sector.

TABLA DE ASIGNACIÓN DE DISTANCIAS A NODOS DEL SECTOR 1

NODO	DISTANCIA
1	120
2	57
3	120
4	110
5	120
6	121
7	120
8	116
9	120
10	30

NODO	DISTANCIA
11	330
12	211
13	178
14	70
15	70
16	120
17	162
18	68
19	73
TOTAL	2316

TABLA DE ASIGNACIÓN DE DISTANCIAS A NODOS DEL SECTOR 2

NODO	DISTANCIA
1	110
2	70
3	100
4	57
5	100
6	89
7	90
8	100
9	99
10	100
11	67
12	110
13	30
14	180
15	100
16	100
17	100
18	100
19	100

NODO	DISTANCIA
20	100
21	100
22	180
23	200
24	110
25	20
26	41
27	100
28	234
29	170
30	62
31	100
32	88
33	74
34	103
35	52
36	88
37	88
TOTAL	3712

TABLA DE ASIGNACIÓN DE DISTANCIAS A NODOS DEL SECTOR 3

NODO	DISTANCIA
1	88
2	53
3	265
4	120
5	130
6	98
7	180
8	72
9	72
10	72
11	87
12	95
13	78
14	78
15	89
16	53
17	150
18	130
19	80
20	94
21	74
22	120
23	220

NODO	DISTANCIA
24	180
25	178
26	90
27	100
28	250
29	200
30	100
31	78
32	85
33	100
34	75
35	72
36	90
37	90
38	87
39	110
40	75
41	94
42	100
43	103
44	94
45	75
46	78
47	78
48	78
49	78

50	88
51	100
52	100
53	110
54	137
55	85
56	85
57	78
58	80
59	78
60	80
61	90
62	90
63	100
64	103
65	125
66	125
67	94
68	94
69	100
70	100
71	104
72	103
73	90
74	90
75	100
76	103
77	125

78	120
79	115
80	115
81	115
82	120
83	20
84	73
85	90
86	95
87	120
88	100
89	120
90	65
91	100
92	94
93	94
94	97
95	120
96	100
97	110
98	96
99	96
100	95
101	170
102	40
103	103
104	106
Total	10682

TABLA DE ASIGNACIÓN DE DISTANCIAS A NODOS DEL SECTOR 4

NODO	DISTANCIA
1	71
2	73
3	79
4	80
5	80
6	77
7	75
8	74
9	75
10	70
11	72
12	75
13	68
14	81
15	83
16	80
17	77
18	77
19	77
20	78
21	85
22	85
23	77
24	77

25	80
26	86
27	82
28	83
29	77
30	85
31	83
32	83
33	30
34	83
35	77
36	67
38	92
39	10
40	47
41	75
42	77
43	76
44	79
45	82
46	88
47	63
48	67
49	80
50	96
51	72

52	93
53	150
54	150
55	155
56	80
57	150
58	75
59	110
60	69
61	75
62	100
63	98
64	98
65	96
66	69
67	150
68	70
69	115
70	72
71	110
72	110
73	150
74	110
75	110
77	110
78	110
79	140
80	87
81	100

82	99
83	90
84	110
85	100
86	100
87	98
88	100
89	100
90	100
91	100
92	100
93	110
94	100
95	110
96	59
97	100
98	100
99	100
100	74
101	85
102	100
103	100
104	84
105	100
106	100
107	100
108	130
109	100
110	100

111	92
112	100
113	120
114	200
115	180
116	300

117	300
118	300
119	200
120	93
121	37
TOTAL	11990

TABLA DE ASIGNACIÓN DE DISTANCIAS A NODOS DEL SECTOR 5

NODO	DISTANCIA
1	140
2	100
3	100
4	140
5	90
6	100
7	100
8	100
9	130
10	91
11	100
12	100
13	100
14	110
15	95
16	100

17	100
18	100
19	120
20	100
21	99
22	97
23	90
24	120
25	110
26	100
27	120
28	200
29	100
30	94
31	110
32	210
33	275

34	190
35	190
36	80
37	80
38	90
39	35
40	85
41	75
42	75
43	100
44	134
45	85
46	85
47	75
48	75
49	75
50	200

51	350
52	134
53	134
54	30
55	116
56	180
57	60
58	240

59	220
60	220
61	400
62	180
63	180
64	180
65	300
66	80

67	80
68	80
69	80
70	300
71	200
72	300
TOTAL	9614

TABLA DE ASIGNACIÓN DE DISTANCIAS A NODOS DEL SECTOR 6

NODO	DISTANCIA
1	260
2	130
3	122
4	281
5	110
6	144
7	37
8	140
9	225
10	462
11	200
12	145
13	59

14	140
15	59
16	200
17	109
18	87
19	100
20	109
21	62
22	143
23	62
24	143
25	62
26	125
27	265
28	59

29	59
30	128
31	61
32	75
33	56
34	56
35	187
36	187
37	187
38	100
39	156
40	84
41	31
42	100
43	103

44	31
45	103
46	31
47	112
48	31
49	72
50	38
51	38
52	150
53	136
54	134
55	72
56	134
57	37
58	150
59	38
60	150
61	37
62	37
63	50
64	150
65	37
Total	7378

Anexos 8.0

Fichas de MIDES para equipos asignados para la zona y peso de los desechos recolectados.

Lunes - Equipo 1

Turno 1

FECHA DE EMISION	CODIGO
10/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa : EQ.01	
Hora de Entrada : 11:00:42	
Peso bruto :	39,160.00
Peso tara :	21,380.00
Peso Neto :	17,780.00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
TRANSPORTISTA No.1261579	

Turno 2

FECHA DE EMISION	CODIGO
10/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa : EQ.01	
Hora de Entrada : 15:54:12	
Peso bruto :	36,300.00
Peso tara :	21,380.00
Peso Neto :	14,920.00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
TRANSPORTISTA No.1261734	

Lunes - Equipo 2

Turno 1

FECHA DE EMISION	CODIGO
10/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA	
MIDES	
Placa : EQ.02	
Hora de Entrada : 10:22:03	
Peso bruto :	39,960.00
Peso tara :	21,220.00
Peso Neto :	18,740.00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
	TRANSPORTISTA No.1261550

Turno 2

FECHA DE EMISION	CODIGO
10/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA	
MIDES	
Placa : EQ.02	
Hora de Entrada : 16:35:07	
Peso bruto :	38,360.00
Peso tara :	21,220.00
Peso Neto :	17,140.00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
	TRANSPORTISTA No.1261745

Lunes - Equipo 8

Turno 1

Turno 2

FECHA DE EMISION 10/09/2012 CODIGO 02-01-002

FECHA DE EMISION 10/09/2012 CODIGO 02-01-002

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

Placa : EQ.08
Hora de Entrada : 10:28:34

Peso bruto :	42,780.00
Peso tara :	21,800.00
Peso Neto :	20,980.00

ALCALDIA DE SANTA ANA

Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES

Placa : EQ.08
Hora de Entrada : 17:01:05

Peso bruto :	36,740.00
Peso tara :	21,800.00
Peso Neto :	14,940.00

ALCALDIA DE SANTA ANA

Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES



TRANSPORTISTA
No.1261556



TRANSPORTISTA
No.1261753

Martes - Equipo 1

Turno 1

FECHA DE EMISION	CODIGO
11/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa : EQ.01	
Hora de Entrada : 10:58:26	
Peso bruto :	39,280.00
Peso tara :	21,380.00
Peso Neto :	17,900.00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
TRANSPORTISTA	
	No.1261877

Turno 2

FECHA DE EMISION	CODIGO
11/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa : EQ.01	
Hora de Entrada : 16:41:12	
Peso bruto :	35,600.00
Peso tara :	21,380.00
Peso Neto :	14,220.00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
TRANSPORTISTA	
	No.1262071

Miércoles - Equipo 1

Turno 1

FECHA DE EMISION: 12/09/2012
CODIGO: 02-01-002

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

Placa: EQ 01
Hora de Entrada: 10:55:41

Peso bruto:	33.820,00
Peso tara:	21.380,00
Peso Neto:	12.440,00

ALCALDIA DE SANTA ANA

Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES



TRANSPORTISTA
No.1262193

Turno 2

FECHA DE EMISION: 12/09/2012
CODIGO: 02-01-002

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

Placa: EQ 01
Hora de Entrada: 17:19:28

Peso bruto:	33.640,00
Peso tara:	21.380,00
Peso Neto:	12.260,00

ALCALDIA DE SANTA ANA

Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES



TRANSPORTISTA
No.1262369

Miércoles - Equipo 2

Turno 1

FECHA DE EMISION 12/09/2012	CODIGO 02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa : EQ.02 Hora de Entrada : 10:23:30	
Peso bruto :	37,320.00
Peso tara :	21,220.00
Peso Neto :	16,100.00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
TRANSPORTISTA No.1262172	

Turno 2

FECHA DE EMISION 12/09/2012	CODIGO 02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa : EQ.02 Hora de Entrada : 15:33:19	
Peso bruto :	37,060.00
Peso tara :	21,220.00
Peso Neto :	15,840.00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
TRANSPORTISTA No.1262323	

Miércoles - Equipo 8

Turno 1

Turno 2

FECHA DE EMISION 12/09/2012 CODIGO 02-01-002

FECHA DE EMISION 12/09/2012 CODIGO 02-01-002

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

Placa : EQ 08
Hora de Entrada : 10:29:09

Peso bruto :	36.160.00
Peso tara :	21.800.00
Peso Neto :	14.360.00

ALCALDIA DE SANTA ANA

Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES

Placa : EQ 08
Hora de Entrada : 17:13:39

Peso bruto :	36.760.00
Peso tara :	21.800.00
Peso Neto :	14.960.00

ALCALDIA DE SANTA ANA

Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES



TRANSPORTISTA
No.1262177



TRANSPORTISTA
No.1262363

Jueves - Equipo 1

Turno 1

FECHA DE EMISION	CODIGO
13/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa EQ 01	
Hora de Entrada 11:05:00	
Peso bruto	35.700 00
Peso tara	21.280 00
Peso Neto	14.320 00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos DESECHOS COMUNES	
TRANSPORTISTA No.1262467	

Turno 2

FECHA DE EMISION	CODIGO
13/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa EQ 01	
Hora de Entrada 18:26:55	
Peso bruto	31.440 00
Peso tara	21.360 00
Peso Neto	10.080 00
ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos DESECHOS COMUNES	
TRANSPORTISTA No.1262596	

Viernes - Equipo 1

Turno 1

Turno 2

FECHA DE EMISION: 14/09/2012
CODIGO: 02-01-002

FECHA DE EMISION: 14/09/2012
CODIGO: 02-01-002

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

Placa: EQ 01
Hora de Entrada: 11:21:36
Peso bruto: 33,180.00
Peso tara: 21,380.00
Peso Neto: 11,800.00
ALCALDIA DE SANTA ANA
Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES

Placa: EQ 01
Hora de Entrada: 16:59:00
Peso bruto: 31,920.00
Peso tara: 21,260.00
Peso Neto: 10,660.00
ALCALDIA DE SANTA ANA
Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES



TRANSPORTISTA
No.1262735



TRANSPORTISTA
No.1262903

Viernes - Equipo 2

Turno 1

Turno 2

FECHA DE EMISION	CODIGO	FECHA DE EMISION	CODIGO
14/09/2012	02-01-002	14/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES		ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa: EQ 02		Placa: EQ 02	
Hora de Entrada: 11:23:10		Hora de Entrada: 15:40:34	
Peso bruto:	37,300.00	Peso bruto:	35,580.00
Peso tara:	21,220.00	Peso tara:	21,800.00
Peso Neto:	16,080.00	Peso Neto:	13,780.00
ALCALDIA DE SANTA ANA		ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES		Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
TRANSPORTISTA No.1262736		TRANSPORTISTA No.1262979	

Viernes - Equipo 8

Turno 1

Turno 2

FECHA DE EMISION	CODIGO	FECHA DE EMISION	CODIGO
14/09/2012	02-01-002	14/09/2012	02-01-002
ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES		ALCALDIA DE SANTA ANA MIDES	
Placa : EQ.08		Placa : EQ.08	
Hora de Entrada : 10:08:54		Hora de Entrada : 16:39:20	
Peso bruto : 34,500.00		Peso bruto : 37,940.00	
Peso tara : 21,800.00		Peso tara : 21,800.00	
Peso Neto : 12,700.00		Peso Neto : 16,140.00	
ALCALDIA DE SANTA ANA		ALCALDIA DE SANTA ANA	
Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES		Tipo de Desechos: DESECHOS COMUNES	
	TRANSPORTISTA No.1262693		TRANSPORTISTA No.1262895

Sábado - Equipo 1

Turno 1

Turno 2

FECHA DE EMISION: 15/09/2012
CODIGO: 02-01-002

FECHA DE EMISION: 15/09/2012
CODIGO: 02-01-002

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

ALCALDIA DE SANTA ANA
MIDES

Placa : EQ.01
Hora de Entrada : 10:53:02

Peso bruto :	35,800.00
Peso tara :	21,380.00
Peso Neto :	14,420.00

ALCALDIA DE SANTA ANA

Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES

Placa : EQ.01
Hora de Entrada : 04:32:35

Peso bruto :	35,460.00
Peso tara :	21,680.00
Peso Neto :	13,780.00

ALCALDIA DE SANTA ANA

Tipo de Desechos:
DESECHOS COMUNES



TRANSPORTISTA
No.1263006



TRANSPORTISTA
No.1262486