

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL.



“DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, MANEJO Y
DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS POR LA
COMUNIDAD “BOYACÁ III ZONA ESTE”, MUNICIPIO SIMÓN BOLÍVAR,
ESTADO ANZOÁTEGUI”

REALIZADO POR:

DOUGLAS J. ESTABA G.

JOSUE B. SALAZAR E.

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

BARCELONA, ENERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL.



“DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, MANEJO Y
DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS POR LA
COMUNIDAD “BOYACÁ III ZONA ESTE”, MUNICIPIO SIMÓN BOLÍVAR,
ESTADO ANZOÁTEGUI”

ASESOR:

Prof.: Belkys Sebastiani

Asesor Académico

Firma

BARCELONA, ENERO DE 2010

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL.



“DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, MANEJO Y
DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS POR LA
COMUNIDAD “BOYACÁ III ZONA ESTE”, MUNICIPIO SIMÓN BOLÍVAR,
ESTADO ANZOÁTEGUI”

JURADO:

El jurado hace constar que asignó a ésta Tesis la calificación de:

Prof.: Belkys Sebastiani

Asesor Académico

Prof.: Hilda Morales

Jurado Principal

Prof.: Jesús Moreno

Jurado Principal

BARCELONA, ENERO DE 2010

RESOLUCIÓN

De acuerdo al artículo 41 del reglamento de Trabajos de Grado:

“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quién lo participará al Consejo Universitario”.

RESUMEN

Los desechos sólidos constituye un problema ambiental de gran repercusión para la comunidad Boyacá III zona Este, por los altos volúmenes que ocasionan, su deficiente manejo y el grado de afectación a las personas y al ambiente. El estudio se basó principalmente en analizar y evaluar el actual sistema de recolección y disposición final de los desechos que se generan en dichas comunidades.

Este trabajo consta de varias etapas en la cual podemos describir una de ellas como es el estudio de la composición física de los desechos sólidos generados por dicha comunidad, esta etapa consta en discriminar una a una los componentes más relevantes como lo son: el papel, plástico, vidrio, madera, desechos de comidas, etc. Estas cantidades vienen de una muestra representativa. También se realizó el estudio de rutas existente en la cual se observó durante una semana al equipo y personal recolector, tomando el tiempo de recolección para luego realizar el trazado de rutas más adecuado. Cabe destacar que el diseño de rutas está basado a partir del método del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 1998).

Es importante tener en cuenta que la cantidad de residuos no depende únicamente del número de habitantes de una población sino que está relacionada con otros factores como son el proceso de urbanización, patrones de consumo, prácticas culturales de manejo del residuo, ingresos, uso de tecnologías y desarrollo industrial.

DEDICATORIA

A dios todo poderoso por darme fuerzas y mucha salud para estar en plena lucha día a día para lograr mis metas y para terminar con éxito mi tesis de grado. A mis Abuelos que dios los tenga en su gloria este éxito es parte de ustedes Francisco Estaba y Rubén Gómez.

A mis abuelas 2 mujeres muy fuertes que a pesar de todo siguen en pie de lucha cada día más fuerte y sobrepasando con éxito cada obstáculo que les pone la vida a esas 2 tronco de mujeres Basilia De Gómez y Rosa De Estaba las amo.

A mis padres, Douglas Estaba y Milagros Gómez que de alguna u otra forma cada día me han apoyado incondicionalmente este logro también es en su nombre.

A mis hermanos Rosa, Daniela, Douglas, Juan y José este logro es parte de ellos y también para que vean que todo en la vida es posible.

A lo más grande que he tenido en la vida Gabriel Alejandro mi sobrino querido te amo demasiado y espero que sigas el camino del éxito siempre en la vida.

A mis tíos, tías y primos son muchos pero este éxito también forma parte de alguna u otra forma de cada uno de ellos.

A toda la clase ellos saben quienes son también este éxito forma parte de cada uno de ellos.

Douglas Estaba.

DEDICATORIA

A mis padres Zulia Estaba y Alexis Salazar por estar siempre a mi lado y procurar siempre el bien para mí y por hacerme entender que los estudios es la mayor herencia que se le puede dar a un hijo. Gracias los amo.

A mis hermanos: Jonathan, Sulexis y Jennifer por apoyarme y por ser un patrón a seguir en mi vida los adoro. Lo logramos

A Nohegcy Meneses porque más que mi novia eres un apoyo en mi vida y por estar a mi lado todos estos años de carrera, soportándome, dándome tantos consejos y siendo ejemplo a seguir gracias te amo.

A mis compañeros de estudios que más que eso son mis amigos por ayudarme y estar siempre conmigo dándome consejos para lograr esta meta Leo, Lucas, Ema, Loumar, Adriana gracias los quiero mucho.

A mi compañero de tesis Douglas Estaba por ser pieza clave al final para terminar de lograr este sueño gracias bagre.

Josué Salazar.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por tener todo lo que tengo y por siempre estar a mi lado.

A Mis compañeros Aneli Luzón, José Pérez, David Martínez, Raúl Herrera y Josué Salazar cada uno de ellos formo parte de esta tesis y aportaron su granito de arena cuando más lo necesitaba gracias.

A toda mi familia que me apoyaron día a día y expresándome sus palabras de aliento y ayuda desinteresada, y por ser un gran ejemplo de motivación para el logro de mis metas.

A la Prof. Belkis Sebastiani por brindarme todo su apoyo incondicionalmente y estar pendiente siempre de nosotros. Y también a la Universidad de Oriente por abrirme las puertas para este logro.

A todos mis compañeros Sara Escalante, Lanny Vhalis, Mariana Mata, Francis Avile, Laura Paraqueima, María Febres, Virginia Larez, Leonardo García, Lucelys Castañeda, Ema Guccione, Josana Barrios, si me faltan algunos saben que la lista es grande y que cuando hablo de todos es de todos porque cada uno de ellos forman parte de este éxito.

A mis 2 compañeros que desde un principio formaron parte de todo este logro y me brindaron apoyo al 100% cada día que los necesitaba a ellos 2 Jesús Williams y Daiana Guzmán este éxito también es de ustedes.

Douglas Estaba.

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme la vida y nunca abandonarme.

A mis padres y hermano por ayudarme y aconsejarme.

A Nohegcy Meneses y su familia por ayudarme siempre en lo que estuvo en sus manos.

A mis amigos por ser mi apoyo.

A mi tutor de tesis profesora Belkis Sebastiáni.

A mi compañero de tesis.

A toda mi familia por creer en mí.

A la Universidad de Oriente por formarme como profesional.

Josué Salazar.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESOLUCIÓN	iv
RESUMEN	v
DEDICATORIA	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xx
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
CAPÍTULO I	26
INTRODUCCIÓN	26
1.1 Estado Anzoátegui	26
1.1.1 Relieve	28
1.1.2 Hidrografía	29
1.1.3 Clima	30

1.1.4 Suelos.....	30
1.1.5 Economía.....	30
1.1.6 Población.....	31
1.2 Municipio Simón Bolívar.....	32
1.2.1 Boyacá.....	33
1.3 Planteamiento del Problema.....	33
1.4 Objetivos.....	35
1.4.1 Objetivo General:.....	35
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	35
CAPÍTULO II.....	37
MARCO TEÓRICO.....	37
2.1 Antecedentes.....	37
2.2 Desechos solidos.....	38
2.2.1 Clasificación de los Residuos.....	39
2.3 Fuentes y tipos de desechos sólidos.....	41
2.3.1 Residuos Domésticos y Comercial.....	42
2.3.2 Residuos Municipales.....	44

2.3.3 Residuos Sólidos Generados por Plantas de Tratamiento y Otros Residuos.....	46
2.3.4 Residuos Agrarios y Similares	48
2.3.5 Residuos de Construcción.....	48
2.3.6 Residuos Tóxicos y/o Peligrosos.....	49
2.3.7 Residuos Hospitalarios.....	50
2.3.8 Residuos Biodegradables.....	51
2.3.9 Residuos no Biodegradables	51
2.4 Determinación de la Población Futura	51
2.4.1 Método de Comparación Gráfica.....	52
2.4.2 Método de Crecimiento Lineal.....	52
2.4.3 Método de Crecimiento Geométrico.....	53
2.4.4 Método de Crecimiento Logarítmico	54
2.5 Composición de los residuos sólidos.....	55
2.5.1 Composición de los RSU	55
2.5.2 RSU Domésticos	57
2.5.3 Tasas de Generación y Recolección de los Residuos Sólidos.....	60

2.6 Propiedades físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos urbanos.....	64
2.6.1 Propiedades Físicas.....	64
2.6.2 Propiedades Químicas.....	73
2.7 Recolección de residuos sólidos.....	79
2.7.1 Servicios de Recolección.....	81
2.7.2 Tipos de Sistema de Recolección.....	85
2.7.3 Tipos de Recipientes de Desechos Sólidos.....	92
2.8 Manejo de los residuos sólidos.....	98
2.8.1 Diferentes Etapas de la Gestión de los Residuos Sólidos.....	98
2.8.2 Riesgo Asociado al Manejo de los Residuos Sólidos.....	104
2.9 Relleno sanitario.....	106
2.9.1 Tipos de Rellenos.....	106
2.10 Clasificación de rellenos sanitarios.....	108
2.10.1 Clasificación Según Clase de Residuo Depositado.....	108
2.10.2 Clasificación Según las Características del Terreno Utilizado... ..	109
CAPITULO III.....	111
METODOLOGIA.....	111

3.1 Generalidades	111
3.1.1 Recopilación de Datos.....	112
3.1.2 Población en General.	113
3.1.3 Determinación de la Tasa de Generación.....	118
3.2 Análisis de rutas de recolección de los desechos sólidos.	119
3.2.1 Tiempos Promedios de Operación.	121
3.3 Estudio de cantidad y composición.	123
3.3.1 Distribución de Pesos de la Composición de los Residuos Sólidos.	128
3.3.2 Contenido de humedad de los residuos sólidos.....	131
3.3.3 Poder Calorífico de los Residuos Sólidos.	133
3.4 Diseño de rutas.	134
CAPITULO IV	138
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	138
4.1 Evaluación de las encuestas.....	138
4.2 Cantidad de desechos generados.	139
4.3 Evaluación del sistema actual de recolección y disposición final.	140
4.3.1 Tipo de Servicio de Recolección.....	140

4.3.2 Sistema de Transferencia.....	142
4.3.3 Horario de Recolección.....	142
4.3.4 Personal de Recolección.....	143
4.3.5 Implementos de Seguridad.....	143
4.3.6 Equipo Actual de Recolección.....	144
4.3.7 Descripción de las Unidades Recolectoras.....	145
4.3.8 Método de Recolección.....	146
4.3.9 Programación de las Rutas de Recolección.....	149
4.3.10 Tiempos de Recolección.....	150
4.3.11 Sistema Actual del Sitio de Disposición Final.....	150
4.3.12 Cantidad de los Desechos Sólidos Dispuestos.....	155
Composición de los desechos sólidos generados.....	155
4.4.1 Poder Calorífico.....	170
4.5 Diagramación.....	171
4.6 Implantación y Evaluación de Rutas.....	174
CAPITULO V.....	176
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	176
5.1 CONCLUSIONES.....	176

5.2 RECOMENDACIONES	177
BIBLIOGRAFÍA	179
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:	179

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 División Política del Estado Anzoátegui	29
Figura 1.2 Relieve Característico del Estado	30
Figura 1.3 Hidrografía Característica del Estado	31
Figura 1.4 Ubicación del Municipio Simón Bolívar en el Estado Anzoátegui	34
Figura 2.1 Designación de Códigos Utilizados para Varios Tipos de Plásticos	45
Figura 2.2 Bolsas Desechables.....	94
Figura 2.3 Tambores para Basura	94
Figura 2.4 Contenedores de Dos Ruedas	96
Figura 2.5 Contenedores de Cuatro Ruedas	96
Figura 2.6 Contenedores Amovibles.....	98
Figura 2.7 Contenedores Especiales	99
Figura 2.8 Diagrama Simplificado Mostrando las Interrelaciones Entre los Elementos Funcionales en un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos....	105
Figura 2.9 Funcionamiento de un Relleno Sanitario.....	111
Figura 3.1 Factores que Afectan los Tiempos de Operación	122
Figura 3.2 Descarga de los Desechos Sólidos por los Camiones 550.....	123

Figura 3.3 Muestra de los Desechos Sólidos	124
Figura 3.4 Esparcimiento de los Componentes	124
Figura 3.5 Separación de los Componentes	125
Figura 3.6 Identificación de los Componentes.....	126
Figura 3.7 Control de Pesaje (otros)	126
Figura 3.8 Control de Pesaje (Desperdicios de Comida)	127
Figura 3.9 Materiales Utilizados	127
Figura 3.10 Muestra Húmeda.....	131
Figura 3.11 Muestra Pesada Húmeda mas Recipiente	132
Figura 3.12 Muestra en el Horno Precalentado a 105°C.....	132
Figura 4.1 Tipos de Viviendas y Colocación de los Residuos Sólidos en las aceras.....	141
Figura 4.2 Recolección de los Desechos Sólidos en las Aceras	141
Figura 4.3 Residuos Sólidos Acumulados en los Estacionamientos.....	142
Figura 4.4 Manipulación de los Residuos Sólidos con Falta de Equipos de Seguridad.....	144
Figura 4.5 Camión Recolector	145
Figura 4.6 Descarga de Recipientes y Bolsas en la Unidad Recolectora	147

Figura 4.7 Recolección en los Estacionamientos.....	148
Figura 4.8 Labores de Refinamiento.....	148
Figura 4.9 Tiempo de Compactación.....	149
Figura 4.10 Equipo Empleado en Cerro de Piedra.....	153
Figura 4.11 Zona de Descarga.....	154
Figura 4.12 Labores de Recuperación.....	154
Figura 4.13 Descarga de la Compactadora.....	155
Figura 4.14 Búsqueda de los Desechos en Condiciones Deplorables Realizado por los Recolectores.....	155
Figura 4.15 Desechos de Comidas.....	172
Figura 4.16 Desechos de Jardinería.....	173
Figura 4.17 Tetra Pak.....	173
Figura 4.18 Otros Tipos de Desechos.....	174
Figura 4.19 Metales.....	174
Figura 4.20 Plástico.....	176

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 Materiales Generados en Residuos Sólidos Municipales	47
Gráfico 3.1 Ajuste de Valores de los Métodos Geométrico y Lineal	116
Gráfico 3.2 Desechos Generados Diariamente	119
Gráfico 4.1 Composición Física Promedio de los Desechos Sólidos Generados en el Área de Estudio	171

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Municipios del Estado Anzoátegui	28
Tabla 2.1 Clasificación de los Residuos Sólidos	42
Tabla 2.2 Producción de Residuos Sólidos Municipales en Localidades con Población entre 100,1Mil y 500 Mil Habitantes	48
Tabla 2.3 Producción de Sólidos Generados por las Aguas Servidas (Caso USA).....	49
Tabla 2.4 Distribución Estimada de Todos los Componentes de los RSU Generados en una Comunidad Típica Excluyendo los Residuos Industriales y Agrícolas.....	59
Tabla 2.5 Sugerencias Acerca de las Unidades de Expresión para las Cantidades de Residuos Sólidos.....	64
Tabla 2.6 Datos Típicos Sobre Peso Especifico y Contenido de Humedad para los Residuos Domésticos, Comerciales, Industriales y Agrícolas	68
Tabla 2.7 Composición Típica de los Lixiviados en un Relleno Sanitario	74
Tabla 2.8 Análisis Próximo y Datos Energéticos Típicos para Materiales Encontrados en los Residuos Sólidos Domésticos, Comerciales e Industriales	77
Tabla 2.9 Datos Representativos Sobre las Capacidades de los Contenedores Disponibles para ser Usados con Diversos Sistemas de recolección	88
Tabla 3.1Reporte Estadístico del Censo Poblacional 2001 Boyaca III, Zona Este	114

Tabla 3.2 Proyección de la Población por el Método Lineal	115
Tabla 3.3 Proyección de la Población por el Método Geométrico.....	115
Tabla 3.4 Contenido Energético de los Residuos Sólidos Urbanos	133
Tabla 3.5 Características de los Sectores	136
Tabla 4.1 Evaluación de Encuestas en Boyaca III, Zona Este	138
Tabla 4.2 Características Generales de un camión de la Flota de Recolección	146
Tabla 4.3 Tiempos Promedios de Operación... ..	149
Tabla 4.4 Total de Desechos Descargados en el Relleno Sanitario “Cerro de Piedra” Generados por el Municipio Simón Bolívar Desde Mayo 2009....	156
Tabla 4.5 Distribución de Pesos de la Composición Diaria de los Residuos Sólidos de Boyacá III, Zona Este, del Municipio Simón Bolívar del Estado Anzoátegui	158
Tabla 4.6 Elementos Estadísticos de la Categoría Desperdicios de Comida .	160
Tabla 4.7 Elementos Estadísticos de la Categoría Residuos de Jardinería	161
Tabla 4.8 Elementos Estadísticos de la Categoría Papel.....	162
Tabla 4.9 Elementos Estadísticos de la Categoría Vidrio	163
Tabla 4.10 Elementos Estadísticos de la Categoría Plástico	164
Tabla 4.11 Elementos Estadísticos de la Categoría Aluminio	165

Tabla 4.12 Elementos Estadísticos de la Categoría Textiles/Ropa	166
Tabla 4.13 Elementos Estadísticos de la Categoría Metales	167
Tabla 4.15 Elementos Estadísticos de la Categoría Tetra Pak	168
Tabla 4.16 Elementos Estadísticos de la Categoría Madera	169
Tabla 4.17 Elementos Estadísticos de la Categoría Otros.....	170
Tabla 4.18 Valores Típicos y % en Peso de los Desechos Sólidos para Obtener el Valor Real del Poder Calorífico de los Desechos Generados por la Comunidad Boyaca III, Zona Este	175

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Estado Anzoátegui

El estado Anzoátegui se localiza en el oriente del país, entre las coordenadas 07°40'16", 10°15'36" de latitud Norte y 62°41'05", 65°43'09" de longitud Oeste, limita al Norte con el Mar Caribe, al Este con los Estados Sucre y Monagas, al Oeste con los Estados Guárico y Miranda y al Sur con el río Orinoco, que lo separa del Estado Bolívar. Ocupa una superficie de 43.300 km²; que representa el 4.7% del territorio nacional siendo el séptimo estado con mayor superficie del país. Éste se encuentra dividido político – territorialmente en 21 municipios, como se muestran en la Tabla 1.1

Tabla 1.1: **Municipios del Estado Anzoátegui**

Municipios		
1. Anaco	8. Juan Antonio Sotillo	15. San José de Guanipa
2. Aragua	9. Juan Manuel Cajigal	16. San Juan de Capistrano
3. Fernando de Peñalver	10. José Gregorio Monagas	17. Santa Ana
4. Francisco del Carmen Carvajal	11. Libertad	18. Simón Bolívar
5. Francisco de Miranda	12. Manuel Ezequiel Bruzual	19. Simón Rodríguez
6. Guanta	13. Pedro María Freites	20. Sir Arthur Mc Gregor
7. Independencia	14. Píritu	21. Diego Bautista Urbaneja

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

Los cuales, están representados en la figura 1.1.

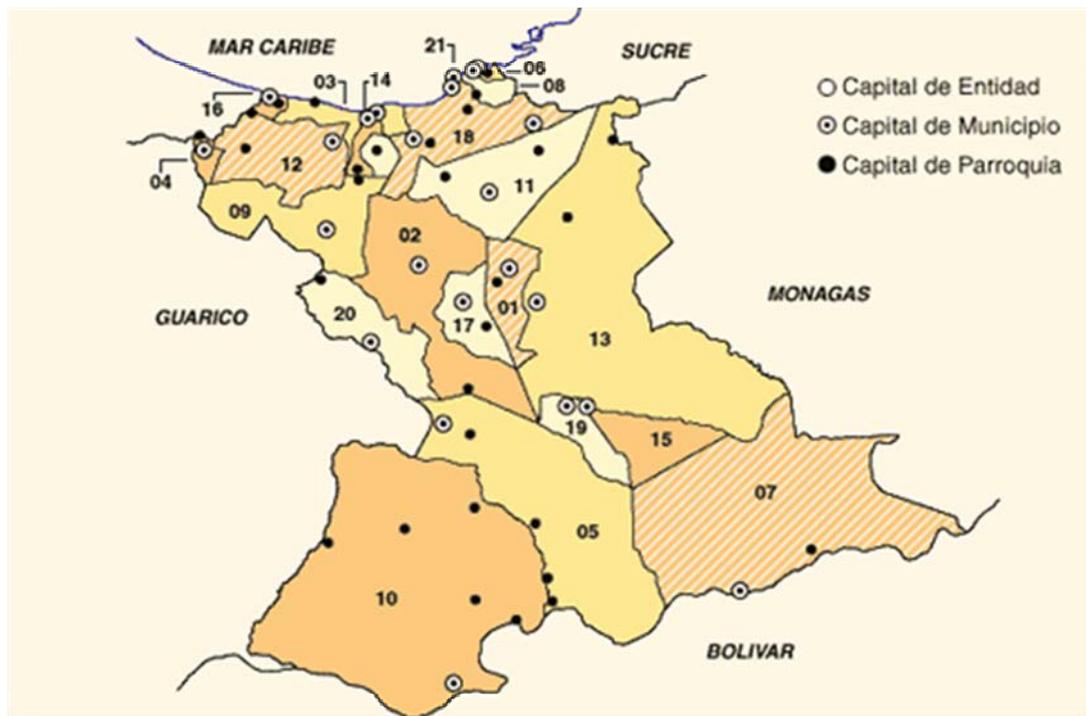


Figura 1.1 División Política del Estado Anzoátegui²¹

La ciudad de Barcelona, ha formado, junto con Puerto La Cruz una conurbación, donde se ejercen las funciones político-administrativas, siendo sede de la gobernación del estado Anzoátegui y de diversas instituciones públicas y eclesiásticas. Tiene importantes actividades comerciales y turísticas

1.1.1 Relieve.

Está dominado por el relieve plano y ondulado con pendientes suaves y alturas no mayores a los 300m, destacan dos sistemas montañosos bien definidos, con relieve abrupto, fuertes pendientes y alturas superiores a los 2000 m, como lo son la serranía de interior y el macizo del Turimiquire como se puede observar en la figura 1.2.

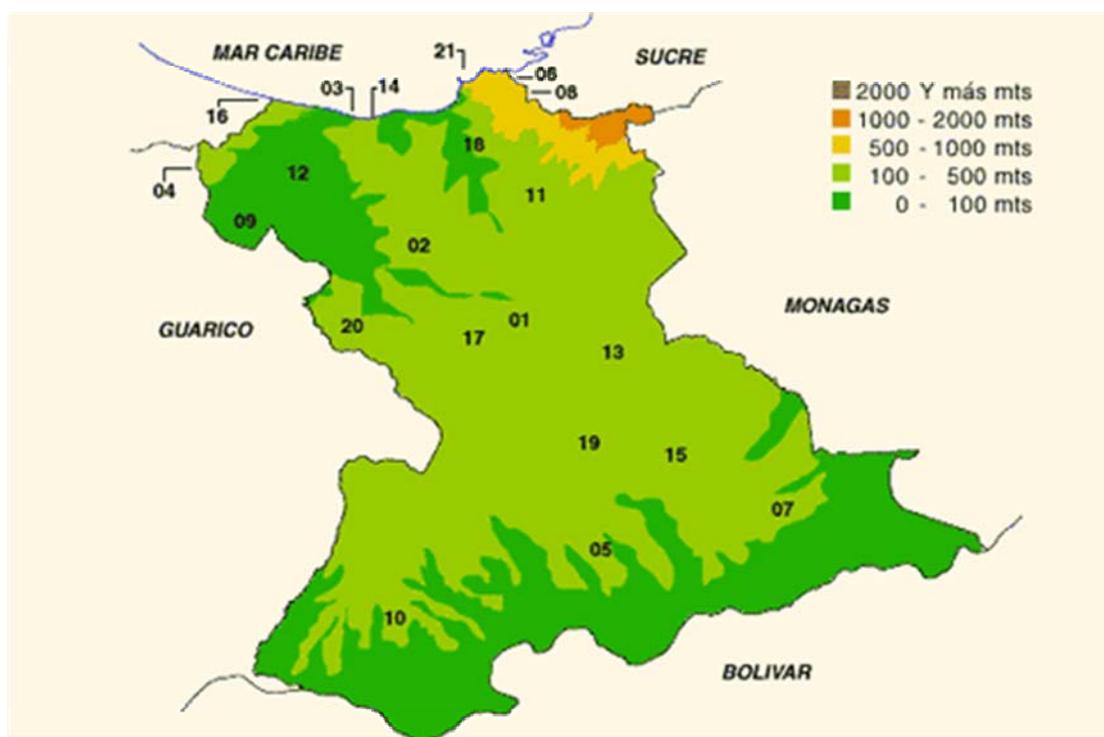


Figura 1.2 Relieve característico del Estado²¹

1.1.2 Hidrografía.

La red hidrográfica del Estado Anzoátegui pertenece a dos cuencas, la del Mar Caribe y la del Río Orinoco. Los ríos principales de la cuenca del Mar Caribe son: El Guaribe, Unare, Naricual y Nevera. La cuenca del Orinoco puede sub-dividirse en dos sub-vertientes: la del Delta del Orinoco, a la cual pertenece el Río Amaná el cual nace en el macizo de Turimiquire y la del Río Orinoco propiamente dicha, cuyos ríos principales: Gauanipa, Tigre y Uracoa, que nace en las formaciones mesetarias del centro y sur del estado. En la figura 1.3 se puede observar todo lo aquí reseñado:

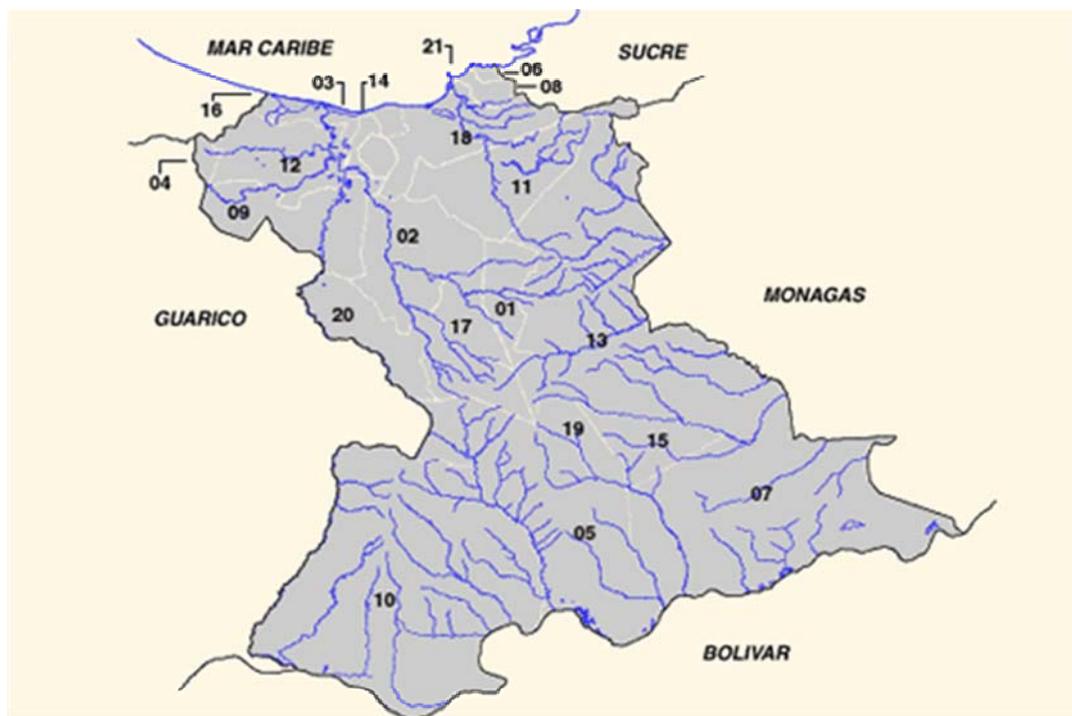


Figura 1.3 Hidrografía característica del Estado²¹

1.1.3 Clima.

En el litoral se expresa un clima Semiárido, registrándose en Barcelona una temperatura entre los 25 y 28°C, caracteriza a la entidad en sus sectores más bajos. La franja del Norte es semi-árida, con excepción de la serranía de *Bergantín*, colindante con el Estado Sucre, cuyo clima presenta un período de lluvias prolongado y un corto período de sequía. En el Sur, sobrepasando un área de transición, el clima dominante es de sabana, con dos períodos bien marcados. El nivel de las precipitaciones fluctúa entre los 530 y 1400 mm al año.

1.1.4 Suelos.

La composición física y química predominante en los suelos es la de areniscas (generadas como remanentes de fondos marinos) y está asociada a índices de baja fertilidad agrícola. En general, son arenosos en superficie, con un contenido variable de arcilla en distintos estratos de profundidad. Son ácidos, pobres en materia orgánica y de baja retención de humedad.

1.1.5 Economía.

Ésta ciudad aloja una de las más importantes refinerías de petróleo y de gas del país. La actividad principal de su población es el turismo. Posee una buena infraestructura hotelera y en los últimos años se ha convertido en centro turístico de la región oriental, y, entre sus mayores atractivos está el Parque Nacional Mochima. Además de la actividad turística, Puerto La Cruz se coloca como la ciudad de mayor auge Económico y Comercial de la región, pues, grandes Bancos han colocado sus sedes regionales allí. Al igual que un sin fin de negocios comerciales, así como grandes centros comerciales.

1.1.6 Población.

La población del estado Anzoátegui en el año 2000 se estima en 1.140.369 hab., mientras que en 1990 se censaban 859.158 hab. En 1992 se censaron 6.967 hab. indígenas., pertenecientes en su gran mayoría a la etnia Kariña. La densidad de población del Estado Anzoátegui ha subido de 19.9 hab/km² en 1990 a 28,3 hab/km² en el año 2000, aunque se reconocen vastos espacios subpoblados.

Su índice de población urbana ha subido substancialmente en las últimas décadas, de 43,9 % de la población total en 1950 al 85,8% en el año 1990. Esta alta concentración de la población en ciudades se ha visto favorecida por el incremento de las actividades administrativas, comerciales y de servicios, portuarias, industriales, turísticas, petroleras y petroquímicas. En el año 2000 residen en la capital estatal, Barcelona, 358.706 hab., mientras que en Puerto La Cruz se estiman 234.986 hab., en Lecherías 35.762 hab., y en Guanta 25.532 hab.

Todas estas localidades constituyen un complejo urbano que se expresa en la conurbación Barcelona- Puerto La Cruz con más de 1.000.000 hab., una de las más significativas del país. En el interior destaca la conurbación de El Tigre (122.164 hab.) con San José de Guanipa (51.925 hab.), tiene relevancia asimismo la ciudad de Anaco (101.053 hab.). Significativa es la población de ciudades medianas con gran irradiación en sus zonas de explotación agropecuarias: Pariaguán (20.859 hab.), Aragua de Barcelona (19.646 hab.), Soledad (18.085 hab.), Cantaura (29.608 hab.), Clarines (11.237 hab.), Píritu (8.863 hab.), Valle de Guanape (8.895 hab.), San Mateo (13.470 hab.) y Puerto Píritu (9.597 hab.)

1.2 Municipio Simón Bolívar.

El municipio Simón Bolívar ocupa una superficie de 1.706 km² con una población de 344.593 habitantes para el censo de 2001, se subdivide a su vez en 6 parroquias que son: El Carmen, San Cristóbal, Bergantín, Caigua, El Pilar y Narical.

La capital del mismo es la ciudad de Barcelona, y su ubicación relativa se muestra en la figura 1.4.

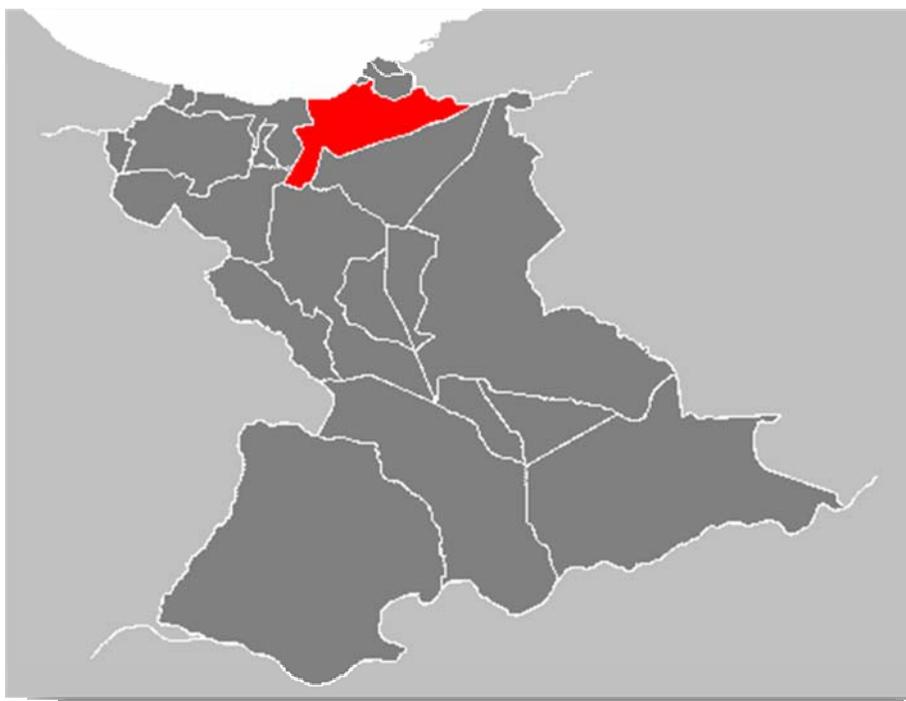


Figura 1.4 Ubicación del Municipio Simón Bolívar en el Estado Anzoátegui.²²

1.2.1 Boyacá.

La Urbanización Boyacá 3, fue creada a finales del año 1972 y comienzos de 1973, bajo el gobierno del presidente Rafael Caldera, como una solución habitacional para las familias que fueron desalojadas de los terrenos destinados para proyectos del Estado. Desde ese tiempo este sector ha ido creciendo muy rápidamente.

Pertenece a la parroquia El Carmen del Municipio Simón Bolívar, Boyacá 3, es una de las principales urbanizaciones de la Ciudad de Barcelona, Estado Anzoátegui. Se encuentra ubicada al norte de la misma. Es un sector rodeado de lomas, donde el verde y el amarillo de sus árboles se hacen vistosos, por el lado oeste limita con las principales avenidas de la capital del Estado, como lo es la Avenida Intercomunal Jorge Rodríguez y la Vía Alternativa. Algimiro Gabaldón.

Se ubica entre una de las zonas más pobladas de la capital del Estado Anzoátegui, en el Municipio Simón Bolívar, Parroquia El Carmen. Con latitud 07°52'48".

Su formación geológica corresponde a la era mesozoica, sus suelos son de origen sedimentario, ya que esta zona es producto del relleno a la Laguna de Troncal 3, por esta razón son suelos pobres, de poca fertilidad. Es una zona llana, que posee una temperatura que oscila entre los 27°C y 35°C, es un clima semiseco, donde se presentan períodos largos de lluvia y otro período seco.²¹

1.3 Planteamiento del Problema

La acumulación de residuos sólidos domésticos, hoy en día constituye un problema agobiante en las grandes ciudades. El engrandecimiento de la población, junto con el desarrollo del proceso de urbanización, el creciente consumismo, la

intensidad de la propaganda y la publicidad, etc., determina un aumento incesante del peso y volumen del desecho producido, por esto existe un notable paralelismo entre el grado de desarrollo de una sociedad y la composición de las basuras que generan.

Durante las dos últimas décadas, en nuestro país se han establecido varios sistemas de control para la gestión de los residuos, sin embargo, causa mayor preocupación la disposición de desechos sólidos en vertederos a “cielo abierto”, donde los depósitos de residuos acumulados aumentan cada día, los cuales resultan sitios propicios para la reproducción de diversos animales que sirven de vectores de enfermedades que afectan a los pobladores de las cercanías.

El estado Anzoátegui es una zona donde existe un gran crecimiento de la población por ser un estado de mucho potencial turístico y por el predominio de las actividades petroleras y agrícolas. En la ciudad de Barcelona, municipio Simón Bolívar, capital de la entidad, existe mucho descontrol de los desechos sólidos.

Entre otros de los factores que afectan el servicio de recolección tenemos los problemas laborales de las empresas recolectoras, éstas dieron a conocer a través de la prensa local los retardos que han tenido en el cobro de los beneficios socioeconómicos, y la falta de respuestas por parte de los organismos encargados para cubrir sus necesidades más urgentes.

Pese a que el Gobierno municipal de Barcelona ha intentado establecer políticas para mejorar el sistema de recolección de basura, los desperdicios continúan en las calles capitalinas.

Urbanizaciones como Boyaca, donde se encuentra ubicado el sector a estudiar, llamado “Boyaca III Zona Este”, permanece constantemente colmado de desperdicios, lo que causa molestia a los habitantes de dicha zona, ya que ésta se presta para atraer animales y muchas enfermedades infecciosas. La presencia de

desperdicios, además, está afectando el sistema de drenajes que en algunas comunidades ha colapsado, por causa de dicha problemática, se está realizando este trabajo de investigación, con la finalidad de hacer una evaluación exhaustiva del sistema de recolección, manejo y disposición final de desechos sólidos generados por esta comunidad, para presentar alternativas a dicho problema.

Para esto será necesario evaluar el sistema de recolección actual y chequear el horario en el que pasa la unidad encargada de dicha recolección, posteriormente se pesarán los camiones para obtener un estimado en kilogramos de desechos que genera esta comunidad al día.

Luego se llevarán a cabo cuarteos para tener una idea de la composición física de estos desechos y así recomendar alternativas para la recuperación de los mismos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

Evaluar el sistema de recolección, manejo y disposición de los desechos sólidos generados por la comunidad “Boyaca III Zona Oeste”, Municipio Simón Bolívar, Estado Anzoátegui.

1.4.2 Objetivos Específicos:

1. Describir las fuentes y tipos de desechos sólidos generados por la comunidad.
2. Calcular la población que actualmente recibe el servicio de aseo urbano.

3. Determinar la composición de los desechos sólidos generados por la comunidad y las tasas de producción de los mismos.
4. Establecer los servicios, sistema de recolección, los medios y métodos de transporte utilizados por el aseo urbano domiciliario.
5. Diseñar rutas de recolección efectiva y posible.
6. Proponer el manejo y disposición final de los desechos sólidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El incremento de las poblaciones, el desarrollo de zonas urbanas y el mejoramiento del nivel de vida de las mismas, implica la dotación de servicios, cónsonos con la magnitud, importancia y auge que vaya adquiriendo una región, ya sea de forma planificada o espontánea

Desde hace mas de 20 años, en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, se vienen realizando proyectos de trabajo de grado, que no sólo permiten a los estudiantes cumplir con un requisito para obtener el título de ingeniero, sino que representan una vía de solución a problemas de obras públicas que se presenten con el transcurrir de los años, contribuyendo con ello al desarrollo de la región.

Lara, Lusinchí y Marengo, realizaron en el año 1992, un estudio en donde analizaron y evaluaron el actual sistema de recolección y disposición de los desechos sólidos generados en la ciudad de Cantaura, proveyeron un método de disposición final de los desechos sólidos, e igualmente, señalaron los objetivos y los elementos necesarios para la elaboración y la aplicación en la población de un Plan de Manejo y Disposición de los Desechos Sólidos, todo enmarcado dentro de los conceptos básicos de la Ingeniería Ambiental.

En Marzo de 1999 León y Tovar, reunieron información sobre la planificación de la recolección de la basura urbana donde presentaron una serie de métodos de

diseños de las rutas de recolección de desechos sólidos, especificando una manera de llevar el control del sistema de recolección desde el punto de vista operacional y económico; hicieron referencia a algunas técnicas avanzadas en el análisis del sistema de recolección.

Monagas y Rodríguez, realizaron en el año 2007, una evaluación del sistema de recolección, manejo y disposición de los desechos sólidos generados por la comunidad de Boyacá I y Boyacá II, municipio Simón Bolívar, Estado Anzoátegui. Proveyeron así una mejora de la calidad de vida y el ambiente de la comunidad, cumpliendo con un amplio trabajo de campo para lograr su objetivo. Entre ellos hicieron un diagnóstico de la situación actual del relleno sanitario ubicado en “Cerro de Piedra”.

2.2 Desechos solidos

Material que no representa una utilidad o valor económico para el dueño, el dueño se convierte por ende en generador de residuos. Desde el punto de vista legislativo lo más complicado respecto a la gestión de residuos, es que se trata intrínsecamente de un término subjetivo, que depende desde el punto de vista de los actores involucrados (esencialmente generador y fiscalizador)⁹. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) tiene una definición más amplia: esta incluye cualquier objeto descartado; objetos destinados a la reutilización, reciclaje o recuperación; lodos; y residuos peligrosos. Esta definición especialmente excluye desechos radioactivos y desechos mineros in situ.

2.2.1 Clasificación de los Residuos.

Los residuos se pueden clasificar de varias formas (ver Tabla 2.1), tanto por estado, origen o características y por el tipo de manejo:

2.2.1.1 Clasificación por Estado.

Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado : por ejemplo un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica.

En general un residuo también puede ser caracterizado por sus características de composición y generación.²⁰

2.2.1.2 Clasificación por Origen.

Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial. Esta definición no tiene en la práctica límites en cuanto al nivel de detalle en que se puede llegar en ella.²⁰

Tabla 2.1 Clasificación de los Residuos Sólidos

Tipo	Composición	Fuente
Basura	Residuos de la preparación, cocina, y servicio de alimentos, residuos del mercado, residuos del manejo, almacenaje, y venta de la producción.	Casas, restaurantes, instituciones, negocios, mercados.
Desechos	Combustible: papel, cartón, cajas, barriles de madera, excedentes, ramas de árboles, residuos de podas de jardines, muebles de madera, camas, trastos. No combustible: metales, latas, muebles de metal, polvo, vidrio, utensilios de cocina, minerales.	
Cenizas	Residuos de materiales incinerados para cocinar, calentar e incineración en sitio.	
Desechos de calle	Basura proveniente del barrido, polvo, hojas, los residuos que caen en la alcantarilla, contenido de los pipotes públicos de basura.	Calles, aceras, veredas, terrenos baldíos.
Animales muertos	Gatos, perros, caballos, vacas, etc.	
Vehículos abandonados	Carros abandonados en la calle o en propiedades públicas.	
Residuos industriales	Residuos de procesamiento de alimentos, cenizas y escombros de calderas, desechos de madera, desechos de metal, otros desechos de procesos industriales.	Fábricas, plantas generadoras de electricidad.
Desechos de demolición Desechos de construcción	Madera, tubos, ladrillos, concreto, y otros materiales de construcción provenientes de la demolición edificaciones y otras estructuras.	Sitios de demolición.
Desechos especiales	Maderas, tubos, y otros materiales de construcción.	Construcciones nuevas y remodelaciones.
Residuos de plantas de tratamiento	Sólidos provenientes del cribado y desarenadotes, lodos de los tanques sépticos.	Planta de tratamiento de aguas negras y tanques sépticos.

Fuente: Davis y Cornwell 1998

2.2.1.3 Clasificación por el Tipo de Manejo.

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas a manejo que debe ser realizado:

Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

Residuo peligroso: Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

Residuo inerte: Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

Residuo no peligroso: Ninguno de los anteriores.²⁰

2.3 Fuentes y tipos de desechos sólidos

Según la normativa vigente en nuestro país se definen dos grandes categorías de desechos sólidos de origen doméstico, comercial, industrial o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos y desechos peligrosos. Los primeros son aquellos materiales o conjunto de materiales resultante de cualquier proceso u operación, que estén destinados a desuso, que no vayan a ser utilizados como materia prima para la industria, reutilizada, recuperada o reciclados.²⁸

Los segundos se definen como aquellos desechos que presenten algunas de las siguientes características: Explosivos, Inflamables, Oxidantes, Venenosos, Infecciosos, Corrosivos, Reactivos, o Radiactivos. La definición de cada una de estas características así como los tipos de desechos considerados peligrosos.²⁸

2.3.1 Residuos Domésticos y Comercial.

Los residuos sólidos domésticos, excluyendo los residuos especiales y peligrosos tratados en el siguiente apartado, consiste en residuos sólidos orgánicos (combustible) e inorgánicos (incombustibles) de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. Típicamente la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, cartón, plástico de todos los tipos, textiles, goma, cuero, madera, y residuos de jardín. La fracción inorgánica ésta formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales férreos, suciedad. Si los componentes de los residuos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de estos residuos se conoce como RSU domésticos y comerciales no seleccionados.

Aunque existan más de 40 clasificaciones para el papel, el papel residual encontrado en los RSU ésta típicamente compuesto de periódicos, libros y revistas, impresos comerciales, papel de oficina, cartón, embalajes de papel, otros papeles no destinados al embalaje, pañuelos y toallas de papel, y cartón ondulado.⁷

Los materiales plásticos encontrados en los RSU se sitúan dentro de las 7 categorías siguientes:

- Polietileno tereftalato (PET/1).
- Polietileno de alta densidad (PE-HD/2).
- Policloruro de vinilo (PVC/3).
- Polietileno de baja densidad (PE-LD/4).
- Polipropileno (PP/5).

- Poliestireno (PS/6).
- Otros materiales plásticos laminados (7).⁷

El tipo de recipiente plástico puede identificarse por el número de código (de 1 a 7, ambos incluidos) moldeado al fondo del recipiente. Plástico mezclado es el término utilizado para la mezcla de tipos individuales de plásticos encontrados en los RSU.

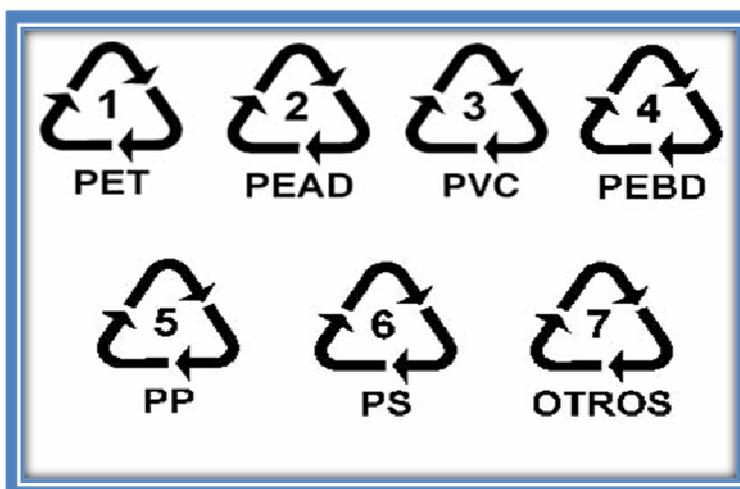


Figura 2.1 designación de códigos utilizados para varios tipos de plásticos.⁷

Dentro de esta categoría encontramos los residuos especiales que incluyen artículos voluminosos, electrodomésticos de consumo, productos de línea blanca, residuos de jardín que son recogidos por separado, baterías, aceite y neumáticos. Estos residuos normalmente se manipulan separadamente de los otros residuos domésticos y comerciales.

2.3.2 Residuos Municipales

Los residuos sólidos municipales incluyen todos aquellos materiales provenientes de la actividad residencial, comercial, institucional, industrial (pequeña industria y artesanal), barrido y limpieza de áreas públicas y cuya gestión es responsabilidad de las autoridades municipales.

Los residuos producidos comprenden basura, muebles y electrodomésticos viejos, embalajes y desperdicios de la actividad comercial, restos del cuidado de los jardines, la limpieza de las calles, etc. El grupo más voluminoso es el de las basuras domésticas.

La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. El creciente desarrollo de la economía ha traído consigo un considerable aumento en la generación de estos residuos.²⁰

En las zonas más desarrolladas la cantidad de papel y cartón es más alta, constituyendo alrededor de un tercio de la basura, seguida por la materia orgánica y el resto. En cambio si el país está menos desarrollado la cantidad de materia orgánica es mayor (hasta las tres cuartas partes en los países en vías de desarrollo) y mucho menor la de papeles, plásticos, vidrio y metales.

Por la forma como se han ocupado los espacios urbanos no es posible establecer la proporción existente entre las categorías señaladas anteriormente. Sin embargo, algunas estimaciones dan los siguientes porcentajes: 50-75% residenciales, 10-20% comerciales, 5-10% institucionales y 10-15% de barrido y limpieza urbana.

Los residuos municipales en el país presentan los siguientes constituyentes típicos: materia orgánica, vidrio, metales, papel, cartón, textiles, entre otros y

materiales que representan riesgos para la salud y el ambiente, como sustancias químicas, baterías, fármacos vencidos, jeringas y agujas usadas. En la figura 2.1 se muestra la composición física típica de un residuo sólido municipal.

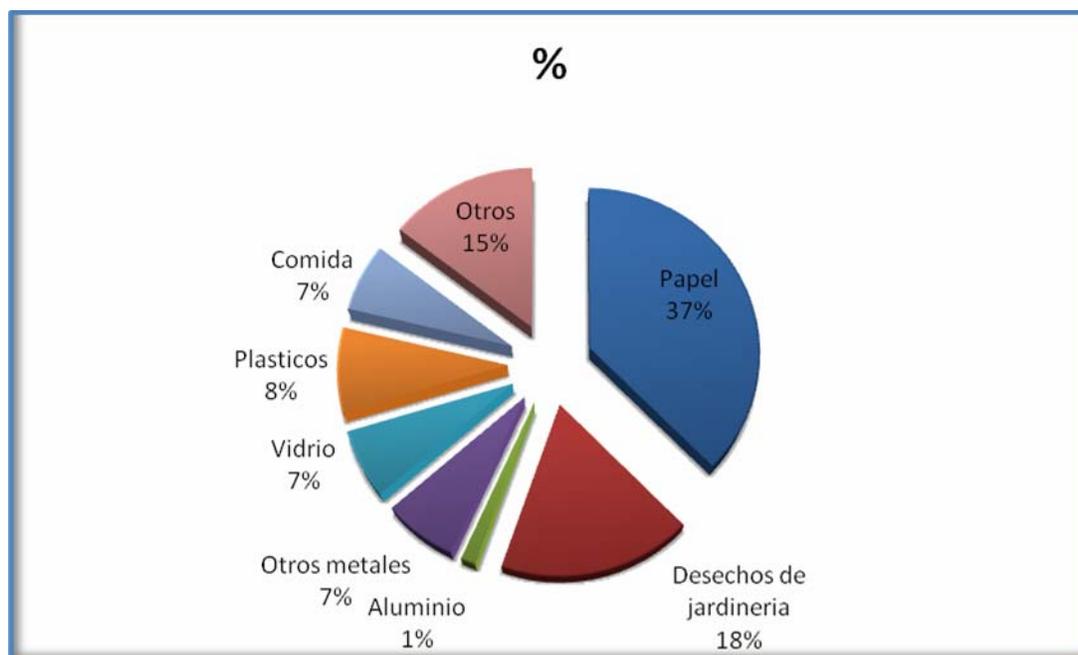


Grafico. 2.1 **Materiales Generados en Residuos Sólidos Municipales.**⁴

En la tabla 2.2, donde se agrupan los municipios por tamaño de su población. En municipios con población menor a 25 mil hab., la tasa de generación varía entre 0,3 y 0,65 kg/ hab.día; En municipios con población entre 25 mil y 50 mil habitantes, el rango oscila de 0,29 a 0,75 kg/ hab.día; en los municipios con poblaciones entre 50 mil y 100 mil habitantes, el rango se estima entre 0,6 y 1,1 kg/hab.día; con poblaciones entre 100,1 mil y 500 mil habitantes varía entre 0,6 y 1,15 kg/hab.día y aquellos con poblaciones mayores a 500 mil habitantes, la tasa de generación alcanza hasta 1,2 kg/hab.día

Tabla 2.2 Producción de Residuos Sólidos Municipales en Localidades con Población entre 100,1 Mil y 500 Mil Habitantes.

Entidad	Municipio	Población (hab)	Generación perCápita(Kg/hab.día)	Producción (Kg/día)
Carabobo	Los Guayos	135.432	0,41	55.527
Anzoátegui	Juan A. Sotillo	202.820	1,14	231.215
	Simón Bolívar	329.758	1,14	133.924
Aragua	Santiago Mariño	221.837	0,60	133.102
Carabobo	Naguanagua	182.825	0,90	144.274
	Puerto Cabello	191.518	0,60	114.911
Falcón	Carirubana	188.044	0,70	131.631
Mérida	Libertador	228.804	0,77	176.179
Miranda	Plaza	168.099	0,65	109.264
Monagas	Maturín	324.453	0,72	233.606
Sucre	Sucre	296.054	0,85	142.884
Táchira	San Cristóbal	325.880	0,65	210.894

Fuente: **Diagnóstico Preliminar. Octubre 1999**

2.3.3 Residuos Sólidos Generados por Plantas de Tratamiento y Otros Residuos.

En países desarrollados, el agua servida, comercial e industrial es colectada y tratada previa a regresarla a los cursos de aguas. El material removido durante el tratamiento es lodo, un material sólido que contiene típicamente un alto porcentaje de humedad. Los sólidos deshidratados pueden ser dispuestos en rellenos, aplicados a tierra como un mejorador de suelos o incinerado.

Los procesos industriales consumen una gran cantidad de agua para sus procesos. Las características de las aguas descargadas de las fuentes industriales son bastantes diferentes a las características de las aguas servidas domesticas en concentración, incluido los patógenos que generalmente están muy bajos o casi inexistente. Ver tabla 2.3

Tabla 2.3 **Producción de sólidos generados por las aguas servidas (caso USA)**

Etap a de tratamiento	Litros de lodo por 1 millón de litros de agua servida municipal	Porcentaje de sólidos (%)
Tratamiento primario	2500 – 3000	3 – 7
Tratamiento secundario	15000 – 20000	0.5 - 2
Tratamiento terciario	1000 +	0.2 – 1.5

Fuente: **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (CEPIS).**

Las características específicas de estos materiales varían, según la naturaleza del proceso de tratamiento. De momento de su recogida no corre a cargo de la mayoría de las agencias municipales responsables de la gestión de residuos sólidos. Sin embargo, los fangos de plantas de tratamiento aguas sucias con frecuencia son evacuados junto con los RSU en los vertederos municipales.

Los materiales restantes de la incineración de madera, carbón, coque y otros residuos combustibles son caracterizados como cenizas y rechazos (los residuos de plantas de energía normalmente no se incluyen en esta categoría porque son manipulados y procesados separadamente). Estos rechazos normalmente están compuestos por materiales finos y pulverulentos, cenizas, escoria de hulla y pequeñas cantidades de los materiales quemados y parcialmente quemados. El vidrio, la cerámica y varios metales también se pueden encontrar en los rechazos de las incineradoras municipales.

2.3.4 Residuos Agrarios y Similares

Se incluyen en este grupo los residuos de las actividades del llamado sector primario de la economía (agricultura, ganadería, pesca, actividad forestal y cinegética) y los producidos por industrias alimenticias, desde los mataderos y las empresas lácteas hasta las harineras y el tabaco.

La mayor parte de los residuos de estas actividades son orgánicos (ramas, paja, restos de animales, plantas, etc.). Muchos de ellos quedan en el campo y no se pueden considerar residuos por que contribuyen de forma muy eficaz a mantener los nutrientes del suelo. En algunos bosques aumentan el riesgo de incendio, pero desde el punto de vista ecológico, retirar toda la materia orgánica disminuye la productividad y retrasa la maduración del ecosistema.

Algunas granjas intensivas y muchas industrias conserveras, aceiteras o similares generan residuos muchos más contaminantes que por su gran volumen o su toxicidad, exigieran tratamientos especiales y caros.

2.3.5 Residuos de Construcción

Los residuos de construcción y demolición (RCD) constituyen un amplio porcentaje del total de residuos generados y, sin embargo, han sido siempre considerados de menor importancia frente a residuos como los domiciliarios, quizás por su propiedad de inertes. A pesar de ello, existe una fracción de materiales reutilizables que actualmente están siendo despilfarrados. En países como Holanda y Dinamarca ya se emplean técnicas de control y reciclaje de escombros, que servirán de ejemplo para reutilizar los escombros en nuestro país.

Los residuos de construcción son llamados normalmente inertes, pero pueden contener gran cantidad de residuos tóxicos y peligrosos como aceites, amianto etc., además de todo tipo de residuos, habituales en la composición de los residuos domiciliarios (plásticos, papel y cartón, residuos sólidos urbanos en masa, etc.) La cantidad de RCD generada por persona al año depende de muchos factores y sobre esto existen muchas discrepancias entre los expertos. Sólo en algunas ciudades se tienen datos con valores que oscilan alrededor de 1.4 Kg. por habitante y día.

No existe control de la cantidad ni de la calidad de los residuos vertidos.

2.3.6 Residuos Tóxicos y/o Peligrosos.

Son todos aquellos residuos (sustancias, materiales u objetos) generados por cualquier actividad que, por sus características físicas, biológicas o químicas, son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer, ya que pueden afectar la salud de los seres vivos causando enfermedades y muerte, o alterando al medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

Pueden estar contenidos en recipientes que son destinados al abandono. Ejemplos de residuos tóxicos y peligrosos son los productos farmacéuticos, los aceites usados o las pilas con mercurio. Los principales componentes que dan a los residuos su carácter peligroso son: metales pesados, cianuros, dibenzo-p-dioxinas, biocidas y productos fitosanitarios, **éteres**, **amianto**, hidrocarburos aromáticos policíclicos, fósforo y sus derivados, y compuestos inorgánicos del flúor. Las actividades principales que generan este tipo de residuos son la **minería**, la **energía nuclear** y la industria en general (papelera, química o siderúrgica, entre otras). Los sistemas básicos de gestión de los residuos tóxicos y peligrosos son: la incineración, el tratamiento físico-químico, el depósito de seguridad y la recuperación o reciclaje.

Cada país en materia legislativa adopta sus correspondientes normativas para la gestión de estos residuos.

2.3.7 Residuos Hospitalarios.

La composición de los residuos hospitalarios varía desde el residuo tipo residencial y comercial a residuos de tipo medico (restos orgánicos, material del quirófano, curas, etc.), que pueden contener sustancias peligrosas.

Según el Integrated Waste Management Board de California USA, se entiende por residuo medico como aquel que está compuesto por residuos que son generados como resultado de:

- a) Tratamiento, diagnóstico o inmunización de humanos o animales.
- b) Investigación conducente a la producción o prueba de preparaciones medicas hechas de organismos vivos y sus productos.

Los residuos hospitalarios, éstos se dividen en categorías que deben manejarse separadamente: infecciosos; patológicos; corto punzantes; farmacéuticos; químicos; radiactivos; genotóxicos; y otros asimilables a domésticos.

Los residuos clínicos pueden propagar enfermedades y el tratamiento normal para estos residuos es la incineración que asegura la eliminación de los microorganismos. Los residuos radioactivos o tóxicos y peligrosos deben ser sometidos a tratamientos especiales, según cuál sea su naturaleza.

2.3.8 Residuos Biodegradables.

Se consideran biodegradables a aquellos residuos que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos, como lombrices, hongos y bacterias, principalmente.

Este fenómeno permite que los elementos que forman tales residuos queden disponibles para su nueva incorporación a la naturaleza de una manera útil. Sin embargo, el problema con este tipo de residuos se presenta cuando su cantidad excede la capacidad de descomposición natural en un sitio determinado, como es el caso de los tiraderos no controlados.

Este tipo de residuos, se deriva de fuentes orgánicas; estas son aquellas que se originan de los restos de los seres vivos.

2.3.9 Residuos no Biodegradables

Son aquellos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente; o bien, si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Este factor los hace más peligrosos que los anteriores, ya que su acumulación en la naturaleza es progresiva.

2.4 Determinación de la Población Futura

Las Estimaciones y Proyecciones de población proveen información acerca del volumen y estructura, por sexo y edad, de la población venezolana; a corto, mediano y largo plazo. Constituye una de las estadísticas más importantes de las producidas por el Instituto Nacional de Estadística (INE), debido a la gran cantidad de aplicaciones que tienen, como por ejemplo: la planificación por parte del Estado de

servicios públicos para una determinada región geográfica, cálculo de indicadores, expansión muestral, entre otros.

Es necesario estimar las demandas futuras de una población para poder prever en el diseño las exigencias de las fuentes de abastecimiento. La selección de la metodología más adecuada requiere de diversos criterios y conocimiento del lugar, tales como: densidad de saturación, tendencias económicas, polos de desarrollo, etc. Entre las metodologías que podrían usarse están:

2.4.1 Método de Comparación Gráfica.

Éste método consiste en hacer una comparación de manera gráfica de la población en estudio y de otras tres poblaciones del país con similares características. El método supone que la población en cuestión tendrá una tendencia de crecimiento similar al promedio de crecimiento de las otras tres, después que se haya sobrepasado el límite de la población base (último censo de la población estudiada).

2.4.2 Método de Crecimiento Lineal

Si el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de ésta, el crecimiento es lineal. Las ecuaciones a utilizar son las siguientes:

$$P_f = P_{uc} + K_a(T_f - T_{uc}) \quad \text{Ec.: 2.1}$$

$$K_a = \frac{P_{uc} - P_{ct}}{T_{uc} - T_{ct}} \quad \text{Ec.: 2.2}$$

Donde:

P_f = Población Proyectada (hab.).

Puc = Población del Último Censo (hab.).

Pci = Población del Censo Inicial.

Tuc = Año del último censo.

Tci = Año del Censo Inicial.

Tf = Año de la Proyección.

Ka = Pendiente de la Recta.¹⁸

2.4.3 Método de Crecimiento Geométrico

El crecimiento será geométrico si el aumento de población es proporcional al tamaño de ésta. En éste caso el patrón de crecimiento es el mismo que el interés compuesto, el cual se expresa así:

$$Pf = Puc(1 + r)^{Tf - Tuc}$$

Ec.: 2.3

$$r = \left[\left(\frac{6200}{1764} \right)^{\frac{1}{Tf - Tc}} - 1 \right]$$

Ec.: 2.4

Donde:

Pf = Población Proyectada (hab.).

Puc = Población del Último Censo (hab.).

Pci = Población del Censo Inicial.

Tuc = Año del último censo.

Tci = Año del Censo Inicial.

Tf = Año de la Proyección.

Ka = Pendiente de la Recta.

r = Tasa de Crecimiento Anual.¹⁸

2.4.4 Método de Crecimiento Logarítmico

Si el crecimiento de la población es de tipo exponencial, la población se proyecta a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\ln P_f = \ln P_{ci} + K_g(T_f - T_{ci}) \quad \text{Ec.: 2.5}$$

$$K_g = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad \text{Ec.: 2.6}$$

Donde:

Pf = Población Proyectada (hab.).

Puc = Población del Último Censo (hab.).

Pci = Población del Censo Inicial.

Tuc = Año del último censo.

Tci = Año del Censo Inicial.

Tf = Año de la Proyección.

K_g = Pendiente de la Recta.

P_{cp} = Población del Censo Posterior.

P_{ca} = Población del Censo Anterior.

T_{cp} = Año de Censo Posterior.¹⁸

2.5 Composición de los residuos sólidos

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa, usualmente basada en porcentajes por peso. La información sobre la composición de los residuos sólidos es importante para evaluar las necesidades de equipo, los sistemas y los programas y planes de gestión. Por ejemplo, si los residuos sólidos generados en una instalación comercial se componen solamente de productos de papel, puede ser apropiado el uso de un equipo especial de procesamiento, como trituradoras y embaladoras.⁷

2.5.1 Composición de los RSU

Los datos típicos de una distribución de los residuos sólidos de los RSU se presentan en la Tabla 2.4. Como se señala en la Tabla 2.4, la porción doméstica y comercial constituye cerca de un 50 a 75 % del total de los RSU generados en una comunidad. La distribución porcentual actual dependerá de:

1. La extensión de las actividades de construcción y demolición.
2. La extensión de los servicios municipales suministrados.

3. Los tipos de procesos de tratamiento de agua y aguas sucias que son utilizados.

La amplia variedad en la categoría de residuos especiales (3 a 12 %) es debida a que en muchas comunidades los residuos de jardín son recogidos separadamente. El porcentaje de residuos de construcción y demolición varía ampliamente según la parte del país y la salud general de la economía local, estatal y nacional. El porcentaje de los fangos de plantas de tratamiento también variará ampliamente según la extensión y el tipo de tratamiento suministrado para el agua potable y las aguas residuales.

Tabla 2.4 Distribución Estimada de Todos los Componentes de los RSU Generados en una Comunidad Típica Excluyendo los Residuos Industriales y Agrícolas.

Categoría de residuos	Porcentaje en peso	
	Rango	Típico
Domésticos y comerciales, excluyendo residuos especiales y peligrosos.	50-75	62,0
Especiales (artículos voluminosos, electrodomésticos de consumo, bienes de línea blanca, residuos de jardín recogidos separadamente, baterías, pilas, aceite y neumáticos)	3 – 12	5,0
Peligrosos. ^a	0,01-1,0	0,1
Institucionales	3 – 5	3,4
Construcción y demolición	8 – 20	14,0
Servicios municipales		
Limpieza de calles	2 – 5	3,8

Árboles y paisajismo	2 – 5	3,0
Parques y zonas de recreo	1,5 - 3	2,0
Sumideros	0,5- 1,2	0,7
Fangos de plantas de tratamiento	3 – 8	6,0
Total		100

- a. El rango de los valores presentados varía mucho según el método utilizado para identificar y clasificar los residuos peligrosos encontrados en los RSU.

Fuente: Tchobanoglous, G. Theisen, H y Vigil S.

2.5.2 RSU Domésticos

El procedimiento para los RSU domésticos requiere de la descarga y el análisis de una cantidad de residuos domésticos en una zona controlada de un lugar de evacuación, que éste aislado del viento y separadas por otras operaciones. Un muestreo doméstico representativo podría ser la carga de un camión que procede una ruta típica recogida, en un día laborable, en una zona residencial. Según Tchobanoglous, para obtener un muestreo para el análisis, primero se cuartea la carga. Entonces una parte se selecciona para un cuarteamiento adicional hasta llegar a obtener una muestra de unos 90 kg. Es importante mantener la integridad de cada cuarto seleccionado, independientemente del olor o de la descomposición física para asegurar que todos los componentes son medidos. Solamente de esta manera se puede mantener algún grado de azar y una selección imparcial.

2.5.2.1 Caracterización de Residuos.

La finalidad de un estudio de caracterización de residuos es identificar las fuentes, características y cantidades de residuos generados. Los estudios de caracterización de residuos son difíciles de llevar a cabo por el gran número de fuentes y el número limitado de muestras de residuos que se pueden analizar. Los pasos típicos implicados en un estudio de caracterización de residuos son los siguientes:

1. Recoger información existente.

El uso de la información existente puede ahorrar dinero y tiempo, y servir como referencia. Como fuentes de información existentes se pueden incluir:

- Estudios y documentos anteriores de gestión y planificación de residuos sólidos.
- Archivos de compañías de recolección de residuos (pública y privada).
- Archivos de instalaciones de procesamientos (por ejemplo, instalaciones de compostaje, de incineración, etc.).
- Archivos de vertederos e instalaciones de transferencias.
- Estudios anteriores sobre evacuaciones de residuos.
- Información de comunidades similares.
- Departamento de obras públicas.
- Empresas de servicios públicos.

- Informe de comercio al por menor.
- Archivos de empleo de la comunidad.

2. Identificar fuentes de generación de residuos y las características de los residuos.

- Fuentes

Domesticas.

Comerciales.

Institucionales.

Construcción y demolición.

Servicios municipales.

Plantas de tratamiento de agua potable y aguas residuales.

Industriales.

Agrícolas.

- Desarrollar categorías de residuos (ver Tabla 2.1). La necesidad de un análisis detallado de los componentes individuales de residuos dentro de cada categoría dependerá de los usos que se van a hacer de los datos recolectados.

3. Desarrollar metodología de muestreo

- Identificación y caracterización de muestras incluyendo.

Fuente(s).

Tamaño de muestra (por ejemplo, kilos de residuos separados).

Numero de muestra necesaria para relevancia estadística.

- Duración del periodo de muestreo.
- Época del año.

4. Realizar estudios de campo.

5. Realizar sondeos de mercados para residuos especiales.

6. Valorar los factores que afectan a las tasas de generación de residuos.

2.5.3 Tasas de Generación y Recolección de los Residuos Sólidos.

El conocimiento de las cantidades de residuos sólidos generadas, separadas para reciclaje, y recolectadas para un procesamiento adicional o para su evaluación es de una importancia fundamental en todos los aspectos de la gestión de residuos sólidos. Como por ejemplo para determinar el cumplimiento de los programas federales y estatales de desviación de residuos; para seleccionar el equipo específico y para el diseño de los itinerarios de recolección de residuos, instalaciones de recuperación de materiales (IRM) e instalaciones de evacuación.⁷

2.5.3.1 Expresiones para las Tasas de Generación de Residuos por Unidad.

Además de conocer los orígenes y la composición de los residuos sólidos que hay que gestionar, es igual de importante poder desarrollar significativamente formas

para expresar las cantidades generadas. En la tabla 2.5 se representan sugerencias acerca de las unidades de expresión, para las distintas fuentes de generación.

A menudo es necesario estimar las cantidades de residuos sólidos que serán generadas, por categoría de residuos, dentro de una comunidad. Las estimaciones de las cantidades de RSU normalmente se basan en la cantidad de residuos generados por personas por día. Con la siguiente expresión podemos estimar la tasa de generación de residuos sólidos por unidad para una zona residencial.

$$\textit{Tasa de generación} = \left(\frac{Tr}{N} \right) \quad \text{Ec: 2.7}$$

Donde:

Ts = Total de Kg generados semanalmente (Kg/semana).

N = Número de habitantes que conforma el municipio.

$$\textit{Desechos generados} = \textit{Numero de habitantes} * Ts \quad \text{Ec.2.8}$$

Tabla 2.5 Sugerencias Acerca de las Unidades de Expresión para las Cantidades de Residuos Sólidos.

Tipo de fuente	Comentario
Doméstico	Por la estabilidad relativa de la producción de residuos domésticos en una determinada localización, la unidad de expresión más común utilizada para sus tasas de generación es Kg/hab.d. Sin embargo, si la composición de los residuos varía significativamente respecto a los RSU típicos, el uso de Kg/hab.d. Puede dar lugar a equívocos, especialmente cuando

	están comparando cantidades.
Comercial	En el pasado, las tasas de generación de residuos comerciales también se expresaban en Kg/hab.d. Aunque se ha continuado esta práctica, proporciona poca información útil sobre la naturaleza de la generación de residuos sólidos en las fuentes comerciales. Una aproximación más significativa consistirá en relacionar las cantidades generadas con el número de clientes, el valor en dólares de las ventas o alguna unidad similar. El uso de tales factores permitirá establecer comparaciones a lo largo del país.
Industrial	Idealmente, los residuos generados por las actividades industriales deberán expresarse en base alguna medida repetitiva de producción, tal como kilogramos por automóviles o kilogramos por paquete para una planta de empaquetamiento. Cuando se desarrollen tales datos, será posible establecer comparaciones entre actividades industriales similares a lo largo del país.
Agrícola	Cuando se han elaborado archivos adecuados, los residuos sólidos procedentes de actividades agrícolas, frecuentemente, se han expresado en términos de alguna medida repetitiva de producción, tales como Kg de estiércol/peso de res.d y Kg/ de residuo/ t de producto bruto. Actualmente existen datos sobre las cantidades de residuos generadas en algunas actividades agrícolas asociadas a un determinado tipo de cultivo.

Fuente: Tchobanoglous, G. Theisen, H y Vigil S.

2.5.3.2 Métodos Utilizados para Estimar las Cantidades de Residuo.

Las cantidades de residuo normalmente se estiman basándose en datos recolectados durante el transcurso de un estudio de caracterización de residuos, utilizando datos previos sobre la generación de residuos, o alguna combinación de los dos acercamientos. Los métodos comúnmente utilizados para valorar las cantidades de residuos sólidos son:

1. Análisis del número de cargas.
2. Análisis peso-volumen.
3. Análisis balance de masas.

2.5.3.2.1 Análisis del Número de Cargas.

En este método, el número de cargas individuales y las correspondientes características de los residuos (tipo de residuos, volumen estimado) se anotan durante un periodo de tiempo específico. Si hay básculas disponibles, se registran también los datos de peso. Las tasas de generación por unidad se determinan utilizando datos de campos y, cuando sea necesario, datos publicados.

2.5.3.2.2 Análisis Peso-Volumen.

Aunque la utilización de datos detallados de peso-volumen obtenida mediante el pesaje y la medida de cada carga proporcionara una mejor información sobre el peso específico de las diversas formas de residuos sólidos en un lugar dado.

2.5.3.2.3 Análisis de Balance de Masas.

La única forma de determinar la generación y el movimiento de residuos sólidos con cierto grado de fiabilidad es llevar a cabo un análisis de balance de masas detallado para cada fuente de generación. El balance de masas se prepara de la forma siguiente:

1. Se define el límite de sistema alrededor de la unidad que se va a estudiar. Su selección correcta es importante porque, en muchas situaciones, hará posibles simplificar los cálculos del balance de masas.
2. Se identifican todas las actividades que se cruzan o se producen dentro del borde y que afectan a la generación de residuos.

3. Se identifica la tasa de generación de residuos asociada a cada una de estas actividades.
4. Utilizando las relaciones matemáticas apropiadas, se determina la cantidad de residuos generados, recolectados, y almacenados.

2.6 Propiedades físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos urbanos.

Estas propiedades deben tenerse en cuenta para desarrollar y diseñar sistemas de gestión integrada de residuos sólidos.

2.6.1 Propiedades Físicas.

Las propiedades físicas más importantes de los RSU incluyen:

- Peso específico.
- Contenido de humedad.
- Tamaño de partícula y distribución del tamaño.
- Capacidad de campo y porosidad de los residuos compactados.

Hay que resaltar, sin embargo, que los fundamentos para el análisis presentado en este trabajo pueden encontrarse en diversas publicaciones de la Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales (ASTM).⁷

2.6.1.1 Peso Específico.

El peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen (por ejemplo, Kg/m^3). Como el peso específico de los RSU frecuentemente se refiere a residuos de sueltos, encontrados en los contenedores, no compactados, compactados, etc., la base utilizada para los valores presentados siempre debe ser citada. Los datos sobre el peso específico a menudo son necesarios para valorar la masa y el volumen total de los residuos que tienen que ser gestionados. Desafortunadamente, hay poca o ninguna uniformidad en la forma de presentar los pesos específicos dentro de la literatura sobre el tema. Frecuentemente no se hace ninguna distinción entre los pesos específicos de RSU compactados y no compactados. En la Tabla 2.6 se presentan pesos específicos típicos para varios tipos de residuos tal como son encontrados en los contenedores, compactados o no compactados.

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

Tabla 2.6 Datos Típicos Sobre Peso Especifico y Contenido en Humedad para Residuos Domésticos, Comerciales, Industriales y Agrícolas.

Tipos de residuos	Peso específico, Kg/m ³		Contenido en humedad, porcentaje en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Domésticos (no compactados)				
Residuos de comida (mezclados)	131-481	291	50-80	70
Papel	42-131	89	4-10	6
Cartón	42-80	50	4-8	5
Plástico	42-131	65	1-4	2
Textiles	42-101	65	6-15	10
Goma	101-202	131	1-4	2
Cuero	101-261	160	8-12	10
Residuos de jardín	59-225	101	30-80	60
Madera	131-320	237	15-40	20
Vidrio	160-481	196	1-4	2
Latas de hojalata	50-160	89	2-4	3

Tabla 2.6 Cont.

Tipos de residuos	Peso específico, Kg/m ³		Contenido de humedad, porcentaje en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Aluminio	65-240	160	2-4	2
Otros metales	131-1.151	320	2-4	3
Suciedad; cenizas, etc.	320-1.000	481	6-12	8
Cenizas	650-831	745	6-12	6
Basuras	89-181	131	5-20	15
Residuos de jardín domésticos				
Hojas (sueltas y secas)	30-148	59	20-40	30
Hierba verde (suelta y húmeda)	208-297	237	40-80	60
Hierba verde (húmeda y compactada)	593-831	593	50-90	80
Residuos de jardín (triturados)	267-356	297	20-70	50
Residuos de jardín (compostados)	267-386	326	40-60	50
Urbanos				
En camión compactador	178-451	297	15-40	20
En vertedero				
Medianamente compactados	362-498	451	15-40	25

Tabla 2.6 Cont.

Tipos de residuos	Peso específico, Kg/m ³		Contenido de humedad, porcentaje en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Bien compactados	590-742	600	15-40	25
Comerciales				
Residuos de comida (húmedos)	475-950	540	50-80	70
Aparatos	148-202	181	0-2	1
Cajas de madera	110-160	110	10-30	20
Podas de árboles	101-181	148	20-80	5
Basura (combustible)	50-181	119	10-30	15
Basura (no combustible)	181-362	300	5-15	10
Basura (mezclada)	139-181	160	10-25	15
Construcción y demolición				
Demolición combustibles mezclados (no)	1.000-1.600	1.421	2-10	4
Demolición (combustibles) mezclados	300-400	360	4-15	8
Construcción (combustibles) mezclados	181-362	300	4-15	8
Hormigón roto	1.198-1.800	1.540	0-5	-
Industriales				
Fangos químicos (húmedos)	801-1.101	1.000	75-99	80

Tabla 2.6 Cont.

Tipos de residuos	Peso específico, Kg/m ³		Contenido de humedad, porcentaje en peso	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Cenizas volantes	700-900	800	2-10	4
Restos de cuero	100-250	160	6-15	10
Chatarra metálica (pesada)	1.501-2.000	1.780	0-5	-
Chatarra metálica (ligera)	498-900	740	0-5	-
Chatarra metálica (mezclada)	700-1.500	900	0-5	-
Aceites, alquitranes, asfaltos	801-1.000	950	0-5	2
Serrín	101-350	291	10-40	20
Residuos textiles	101-220	181	6-15	10
Madera (mezclada)	400-676	498	30-60	25
Agrícolas				
Agrícolas (mezclados)	400-751	561	40-80	50
Animales muertos	202-498	359	-	-
Residuos de frutas (mezclados)	249-751	359	60-90	75
Estiércol (húmedo)	899-1.050	1.000	75-96	94
Residuos de vegetales (mezclados)	202-700	359	60-90	75

Fuente: Tchobanoglous, G. Theisen, H y Vigil S.

2.6.1.2 Contenido de Humedad.

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

$$M = \frac{w-d}{w} * 100 \quad \text{Ec: 2.9}$$

Donde:

M = contenido de humedad (%)

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

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

2.6.1.3 Tamaño de la Partícula y Distribución del Tamaño.

El tamaño y la distribución del tamaño de los componentes de los materiales en los residuos sólidos son una consideración importante dentro de la recuperación de materiales, especialmente con medios mecánicos, como cribas, tromel y separadores magnéticos. El tamaño de un componente puede definirse mediante una de las siguientes medidas:

$$Sc = l \quad \text{Ec: 2.10}$$

$$S_c = \frac{l+w}{2} \quad \text{Ec: 2.11}$$

$$S_c = \frac{l+w+h}{3} \quad \text{Ec: 2.12}$$

$$S_c = (l * w)^{1/2} \quad \text{Ec: 2.13}$$

$$S_c = (l * w * h)^{1/3} \quad \text{Ec: 2.14}$$

Donde:

S_c = Tamaño del componente (mm)

l = Largo (mm)

w = Ancho (mm)

h = Altura (mm)

2.6.1.4 Capacidad de Campo.

La capacidad de campo de los residuos sólidos es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo de los residuos es de una importancia crítica para determinar la información de la lixiviación en los vertederos. El exceso de agua sobre la capacidad de campo se emitirá en forma de lixiviación. La capacidad de campo varía con el grado de presión aplicada y el estado de descomposición del residuo. Una

capacidad de campo de 30 % en volumen se corresponde con 76,2 cm/256 cm. La capacidad de campo de los residuos no seleccionados y no compactados de orígenes domésticos y comerciales está en la gama del 50 al 60 %.

2.6.1.4.1 Lixiviados.

Es el líquido que pasa a través del relleno sanitario y que contiene material suspendido y disuelto extraído del relleno sanitario. El líquido entra al relleno sanitario por fuentes externas como la lluvia, el drenaje superficial, el agua subterránea, y el líquido que se encuentra dentro y que es producido por los residuos. La composición de los lixiviados se muestra en la tabla 2.7.

Tabla 2.7. **Composición típica de lixiviados en un relleno sanitario.**

Constituyente	Rango, mg/L	
	Relleno sanitario nuevo	Relleno sanitario viejo (mayor de 10 años)
DBO ₅	2.000-30.000	100-200
COT	1.500-20.000	80-160
DQO	3.000-60.000	100-500
SST	200-2.000	100-400
Nitrógeno orgánico	10-800	80-120
Nitrógeno-amoniaco	10-800	20-40
Nitrato	5-40	5-10
Fosforo total	5-100	5-10
Orto-fosfato	4-80	4-8
Alcalinidad como CaCO ₃	1.000-10.000	200-1.000

Tabla 2.7 Cont.

Constituyente	Rango, mg/L	
	Relleno sanitario nuevo	Relleno sanitario viejo (mayor de 10 años)
PH (adimensional)	4,5-7,5	6,6-7,5
Dureza total como CaCO ₃	300-10.000	200-500
Calcio	200-3.000	100-400
Magnesio	50-1.500	50-200
Potasio	200-1.000	50-400
Sodio	200-2.500	100-200
Cloruro	200-3.000	100-400
Sulfato	50-1.000	20-50
Hierro total	50-1200	20-200

Fuente: **Davis y Cornwell, 1998.**

2.6.2 Propiedades Químicas.

La información sobre la composición química de los componentes que forman los RSU es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación. Normalmente, se puede pensar que los residuos son una combinación de materiales semihúmedos combustibles y no combustibles. Si los residuos sólidos van a utilizarse

como combustible, las cuatro propiedades más importantes que es preciso conocer son:

1. Análisis físico.
2. Punto de fusión de las cenizas.
3. Análisis elemental.
4. Contenido energético.

Cuando la fracción orgánica de los RSU se va a compostar o se va a utilizar como alimentación para la elaboración de otros productos de conversión biológica, no solamente será importante tener información sobre los elementos mayoritarios que componen los residuos, sino también será importante tener información sobre los elementos en cantidades traza que se encuentra en los residuos.

2.6.2.1 Análisis Físico.

El análisis físico para los componentes combustibles de los RSU incluye los siguientes ensayos:

1. Humedad (pérdida de humedad cuando se calienta a 105°C durante una hora).
2. Material volátil combustible (pérdida de peso adicional con la ignición a 950°C en un crisol cubierto).
3. Carbono fijo (rechazo del combustible dejado después de retirar la materia volátil).
4. Ceniza (peso del rechazo después de la incineración en un crisol abierto).

Los datos inmediatos para los componentes combustibles de los RSU según se desechan se representan en la tabla 2.8.

Tabla 2.8 Análisis Próximo y Datos Energéticos Típicos para Materiales Encontrados en los residuos Sólidos Domésticos, Comerciales e Industriales.

Tipo de residuos	Análisis próximo, porcentaje en peso				Contenido energético K cal/kg		
	Humedad	Materia volátil	Carbono fijo	No combustible	Como recogidos	seco	Seco y libre de cenizas
Comida y productos de comida							
Grasas	2,0	95,3	2,5	0,2	8.964	9.148	9.353
Residuos de comida (mezclados)	70,0	21,4	3,6	5,0	998	3.324	3.989
Residuos de frutas	78,7	16,6	4,0	0,7	948	4.452	4.603
Residuos de carne	38,8	56,4	1,8	3,1	4.235	6.919	7.289
Productos de papel							
Cartón	5,2	77,5	12,3	5,0	3.912	4.127	4.357
Revistas	4,1	66,4	7,0	22,5	2.919	3.043	3.976
Papel periódico	6,0	81,1	11,5	1,4	4.431	4.713	4.784
Papel (mezclado)	10,2	75,9	8,4	5,4	3.777	4.206	4.476
Cartones encerados	3,4	90,9	4,5	1,2	6.292	6.513	6.596
Plásticos							

Plásticos (mezclados)	0,2	95,8	2,0	2,0	7.834	7.995	8.902
Poliétileno	0,2	98,5	□ 0,1	1,2	10.382	10.402	10.529

Tabla 2.8 Cont.

Tipo de residuos	Análisis próximo, porcentaje en peso				Contenido energético K cal/kg		
	Humedad	Materia volátil	Carbono fijo	No combustible	Como recogidos	seco	Seco y libre de cenizas
Poliestireno	0,2	98,7	0,7	0,5	9.122	9.140	9.128
Poliuretano	0,2	87,1	8,3	4,4	6.224	6.237	6.524
Policloruro de vinilo	0,2	86,9	10,8	2,1	5.419	5.430	5.547
Textiles, goma, cuero							
Textiles	10,0	66,0	17,5	6,5	4.422	4.913	5.459
Goma	1,2	83,9	4,9	9,9	6.050	6.123	6.806
Cuero	10,0	68,5	12,5	9,0	4.167	4.467	4.990
Madera, árboles, etc.							
Residuos de jardín	60,0	30,0	9,5	0,5	1.445	3.613	3.658
Madera (verde)	50,0	42,3	7,3	0,4	1.167	2.333	2.352
Maderas duras	12,0	75,1	12,4	0,5	4.084	4.641	4.668
Maderas (mezcladas)	20,0	68,1	11,3	0,6	3.689	4.620	4.657
Vidrio, metales, etc.							
Vidrio y mineral	2,0	-	-	96-99+	47 ^a	48	33

Metal, latas de hojalata	5,0	-	-	94-99+	167^a	177	176
Metal férreo	2,0	-	-	96-99+	-	-	-

Tabla 2.8 Cont.

Tipo de residuos	Análisis próximo, porcentaje en peso				Contenido energético K cal/kg		
	Humedad	Materia volátil	Carbono fijo	No combustible	Como recogidos	seco	Seco y libre de cenizas
Metal no férreo	2,0	-	-	94-99+	-	-	-
Misceláneos							
Barreduras de oficina	3,2	20,5	6,3	70,0	2.038	2.106	-
RSU domésticos	21,0	52,0	7,0	20,0	2.778	3.472	4.629
	(15-40)	(40-60)	(4-15)	(10-30)			
RSU comercial	15,0	-	-		3.056	3.594	
	(10-30)						
RSU	20,0	-	-		2.556	3.194	

a. Contenido energético es de recubrimiento, etiquetas y materiales adjuntos.

Fuente: Tchobanoglous, G. Theisen, H y Vigil S.

2.6.2.2 Punto de Fusión de la Ceniza.

El punto de fusión de la ceniza se define como la temperatura en la que la ceniza resultante de la incineración de residuos se transforma en sólidos (escoria) por la fusión y la aglomeración. Las temperaturas típicas de fusión para la formación de escorias de residuos sólidos oscilan entre 1.100°C y 1.200°C.

2.6.2.3 Análisis Elemental de los Componentes de Residuos Sólidos.

El análisis elemental de un residuo normalmente implica la determinación del porcentaje de C (carbono), H (hidrógeno), O (oxígeno), S (azufre) y ceniza. Debido a la preocupación acerca de la emisión de compuestos clorados durante la combustión, frecuentemente se incluye la determinación de halógenos en el análisis elemental. Los resultados de análisis elemental se utilizan para caracterizar la composición química de la materia orgánica en los RSU. También se usan para definir la mezcla correcta de los materiales residuales necesaria para conseguir relaciones C/N aptas para los procesos de conversión biológicas.

2.6.2.4 Propiedades Biológicas.

Excluyendo el plástico, la goma y el cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los RSU se puede clasificar de la forma siguiente:

1. Constituyentes solubles en agua, tales como azúcares, féculas, aminoácidos, y diversos ácidos orgánicos.
2. Hemicelulosa, un producto de condensación de azúcares con cinco y seis carbonos.
3. Celulosa, un producto de condensación de glucosa de azúcar con seis carbonos.

4. Grasas, aceites y ceras, que son ésteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga.
5. Lignina, un material polímero que contiene anillos aromáticos con grupos metoxi (- OCH₃), cuya fórmula exacta aún no se conoce (presente en algunos productos de papel como periódicos y en tablas de aglomerado).
6. Lignocelulosa, una combinación de lignina y celulosa.
7. Proteínas, que están formadas por cadenas de aminoácidos.

Quizás las características biológicas más importantes de la fracción orgánica de los RSU es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos e inorgánicos relativamente inertes. La producción de olores y generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza de los materiales orgánicos encontrados en los RSU.

2.7 Recolección de residuos sólidos

La recolección de residuos sólidos y separados, en una zona urbana es difícil y compleja, ya que la generación de residuos sólidos comerciales-industriales y domésticos se produce en cada casa, en cada bloque de viviendas, y en cada instalación comercial e industrial, así como en las calles, en los parques, e incluso en zonas vacías. El siempre creciente desarrollo de las afueras de las ciudades a lo largo del país ha complicado todavía más la tarea de recolección.

Las políticas de recolección de una ciudad pueden ser hechas mediante: a) empleados municipales (recolección municipal), b) empresas privadas que tienen un contrato con la municipalidad (contrato de recolección), o c) empresas privadas que contratan con residentes privados (recolección privada).

La frecuencia del servicio más satisfactoria y económica está gobernada por la cantidad de residuos sólidos que deben ser recolectados, por el clima, los costos y los requerimientos del público. Para la recolección de residuos sólidos que contienen basura, los periodos máximos no deben ser mayores de:

- El tiempo normal para la acumulación de una cantidad que pueda ser colocada en contenedores de tamaño razonable.
- El tiempo que tarda una basura fresca en descomponerse y emitir malos olores dentro de las condiciones de almacenamiento promedio.
- La longitud de ciclo de cría de moscas, el cual durante climas calurosos es menor de siete días.

La operación de recolección se basa en cuatro aspectos:

1. Tipos de servicios de recolección proporcionados.
2. Tipos de sistemas de recolección y algunos equipamientos utilizados en la actualidad, así como las necesidades asociadas de mano de obra.
3. Análisis de los sistemas de recolección, incluyendo las relaciones de componentes que se pueden utilizar para cuantificar las operaciones de recolección.
4. Metodología general utilizada en la puesta en marcha de itinerario de recolección.

2.7.1 Servicios de Recolección.

El servicio de recolección de desechos sólidos, comprende todo el proceso desde el momento en que se descarga la basura en el vehículo recolector, hasta que éste es vaciado en el sitio de disposición final.

Existen diferentes tipos de servicios de recolección entre las cuales tenemos:

1. Recolección de residuos residencial.
2. Recolección de residuos comercio-industrial.²

2.7.1.1 Sistema de Recolección Residencial.

Existen varias maneras de prestar un servicio de recolección residencial, ya que son muchas las diferentes situaciones, hábitos y producciones de desechos que se combinan entre sí, para formar un ámbito particular, que amerita un tipo de servicio residencial determinado. Además existen factores o limitantes económicas que pueden determinar la forma en que se va a prestar el servicio, y los equipos que se emplearán.

Sin embargo, en líneas generales podemos dividir los tipos de servicios residenciales, en función de las facilidades que ofrece el tipo de vivienda que predomina en el área a servir.²

2.7.1.1.1 De Viviendas Aisladas de Baja Altura.

Los tipos más comunes de servicios de recolección residencial para las viviendas aisladas de baja altura incluyen:

1. **Acera:** En este servicio el residente de la vivienda, es responsable de colocar los recipientes a ser vaciados en la acera, el día de recolección y devolverlos

luego de vaciados al sitio de almacenamiento hasta la siguiente recolección. Este sistema es el que invierte menor tiempo de recolección, por lo que es el más utilizado en Venezuela y el más acorde con las realidades Latinoamericanas.⁷

2. **Callejón:** Este sistema requiere de una previsión en el diseño de las ciudades, pues consiste en la colocación de recipientes grandes, en una calle corta y sin salida, diseñada especialmente para este fin, la cual debe tener las dimensiones y características adecuadas para que el camión recolector realice su trabajo con comodidad y sin provocar obstrucciones. En algunos casos, no se utilizan containers, sino recipientes de pequeño y mediano tamaño. Este sistema ofrece la ventaja, de disminuir el tiempo de recolección, pues los desechos se encuentran todos en el sitio de acopio, sin embargo, tiene la desventaja de utilizar un espacio aprovechable, necesita una planificación del servicio previo al desarrollo urbanístico de la zona, además puede ser generador de problemas sociales, al ser utilizadas en callejones, como sitio de permanencia de indigentes. Una variante de este sistema, es la colocación de containers en estacionamientos de zonas residenciales en donde la estructuración de la zona, son viviendas comunicadas por veredas y donde las densidades de población son altas.⁷
3. **Sacar – devolver:** Los recipientes se colocan en la propiedad y son devueltos después de ser vaciados por cuadrillas adicionales que trabajan conjuntamente con la cuadrilla responsable de cargar el vehículo de recolección.⁷
4. **Sacar:** Es esencialmente lo mismo que el servicio sacar-devolver solo que el residente es responsable de devolver los recipientes a su lugar de almacenamiento.⁷

5. **Acarreo Desde el Patio:** La cuadrilla de recolección es responsable de entrar a la propiedad y remover los desechos de su lugar de almacenamiento.

Los sistemas 3, 4 y 5 son sistemas que demandan mucha mano de obra a la vez que consumen un mayor tiempo por punto de recolección, por esto no se recomiendan en los casos de gestiones municipales o concesiones, reservándose su uso para servicios residenciales privados.²

2.7.1.1.2 Métodos Manuales Utilizados para la Recolección de Residuos Domésticos.

Se pueden clasificar como manuales y mecánicos. Los métodos comúnmente usados para desechos residenciales incluyen:

1. El levantamiento directo y el porte de los contenedores cargados hasta el vehículo de recolección para su vaciado.
2. El deslizamiento de los contenedores cargados sobre ruedas hasta el vehículo de recolección para su vaciado.
3. El uso de pequeños montacargas para llevar los contenedores cargados al vehículo de recolección.
4. Vehículos satélites.

Donde se utilizan vehículos de recolección con altura de cargue baja, los desechos se transfieren directamente de los recipientes en que se almacenan o acarrear al vehículo por la cuadrilla de recolección, esta manera resulta una de las más económicas en nuestro país, en donde el mantenimiento de los equipos con autocarga resulta bastante costoso, al ser una tecnología importada.²

2.7.1.1.3 De Bloques de Vivienda de Baja a Mediana Altura.

El servicio de recolección en aceras es común para la mayoría de los bloques de viviendas de baja y mediana altura. Normalmente la plantilla de mantenimiento es la responsable del transporte de los contenedores a la calle para su recolección en aceras mediante medios manuales o mecánicos. Cuando se utilizan grandes contenedores, se vacían los contenedores mecánicamente utilizando vehículos de recolección equipados con mecanismos de descarga.⁷

2.7.1.2 Servicio Comercio-Industrial.

El servicio de recolección proporcionado a grandes edificios de apartamentos y actividades comerciales está centrado, normalmente, alrededor del uso de recipientes móviles grandes y recipientes estacionarios y grandes compactadores estacionarios. Los compactadores son del tipo que se pueden usar para compactar directamente el material en grandes recipientes. Debido a que la recolección de desechos sólidos industriales es tan dependiente del lugar, es difícil definir cualquier tipo representativo de servicio. En general, el servicio se ajusta a cada actividad individual y se basa en el uso de recipientes grandes y/o compactadores estacionarios.

En el servicio comercio industrial, donde es común el uso de recipientes provistos de rodamientos o carritos, los recipientes cargados se ruedan manualmente al vehículo de recolección y se vacían mecánicamente. De otra manera, debido al peso incluido, se usan métodos directos de recogida. La operación completa de cargue se hace por medios mecánicos donde se usan recipientes grandes de volteo.²

2.7.2 Tipos de Sistema de Recolección.

Los sistemas de recolección pueden clasificarse desde varios puntos de vista, tales como el modo de operación, el equipamiento utilizado, y los tipos de residuos recogidos. En este caso se han clasificado los sistemas de recolección según su modo de operación en dos categorías:

1. Sistemas de contenedores (SC).
2. Sistema de caja fija (SCF).

En el primero, los contenedores utilizados para el almacenamiento de residuos son transportados al lugar de evacuación, vaciados, y devueltos a su localización original o a otra localización. En el segundo, los contenedores utilizados para el almacenamiento de residuos se quedan en el punto de generación, excepto cuando son llevados a la acera o a otro lugar para su vaciado.⁷

2.7.2.1 Sistemas de Contenedores.

Los sistemas de contenedores son idóneos para la recolección de residuos procedentes de centros con una alta tasa de generación. Porque se utilizan contenedores relativamente grandes. (Ver Tabla 2.10). El uso de grandes contenedores reduce el tiempo de manipulación, así como las desagradables acumulaciones y condiciones pocas sanitarias asociadas al uso de numerosos contenedores más pequeños. Otra ventaja de los sistemas de contenedores es su flexibilidad: hay contenedores disponibles en muchos tamaños y formas diferentes para la recolección de todo tipo de residuos.

Como los contenedores utilizados en este sistema normalmente hay que llenarlos manualmente, el uso de contenedores muy grandes a menudo conduce a la

utilización baja de su volumen, si no se proporcionan ayudas para la carga, tales como plataformas y rampas. La utilización del contenedor se define como la fracción del volumen total del contenedor realmente ocupada por residuos.

Mientras los sistemas de contenedores tienen la ventaja de necesitar solamente un camión y un conductor para cumplir el ciclo de la recolección, cada contenedor tomado requiere un viaje de ida y vuelta al lugar de evacuaciones (u otro punto de transferencia). Por lo tanto, el tamaño y la utilización del contenedor son de gran importancia económica. Es más, cuando hay que recoger residuos fácilmente compactables y transportarlos a largas distancias, las ventajas económicas de la compactación son claras.⁷

Hay tres clases principales de sistemas de contenedor;

1. Camión elevacontenedor.
2. Camión volquete.
3. Contenedor remolque.⁷

Tabla 2.9 Datos Representativos Sobre las Capacidades de los Contenedores Disponibles para ser Usados con Diversos Sistemas de Recolección.

Vehículo	Tipo de contenedor	Rango típico de capacidad de contenedores, m ³
Sistema de contenedor		
Camión montacargas	Utilizados con compactador estacionario	4,5 – 9
Camión basculante	De caja abierta	9 – 38
	Utilizado con compactador estacionario	11 – 30

	Equipado con mecanismo de compactación propio	15 – 30
Camión tractor	Remolque de basuras abierto	11 – 30
	Contenedores cerrados montados sobre remolques equipados con mecanismos de compactación propios	15 – 30
Sistema de caja fija		
Compactador mecánicamente cargado	Cerrado y de carga lateral	1 – 6
	Contenedores especiales utilizados para la recolección de residuos domésticos de viviendas individuales	0,17 – 0,34
Compactador manualmente cargado	Contenedores pequeños de plásticos o metal galvanizado, bolsas desechables de papel y plástico	0,06 - 0,16

Fuente: Tchobanoglous, G. Theisen, H y Vigil S.

2.7.2.1.1 Sistema Camión Elevacontenedor.

En el pasado, los camiones elevacontenedores se utilizaban ampliamente con contenedores que variaban en tamaño desde 1,5 a 10 m³. Sin embargo, con la llegada de vehículos de recolección de gran capacidad y cargados mecánicamente, este sistema parece aplicarse solamente en algunos casos limitados. Los más importantes son los siguientes:

1. Para la recolección de residuos por parte de un recolector que opera en un área pequeña y recoge solamente en unos pocos puntos de toma donde se generan una cantidad considerable de residuos. Generalmente la compra de un equipo de recolección moderno y más eficaz.

2. Para la recolección de artículos voluminosos y residuos industriales tales como chatarra y escombros de construcción, ya que no son aptos para la recolección con vehículos de compactación.⁷

2.7.2.1.2 Sistema de Contenedor Camión Volquete.

Los sistemas que utilizan grandes contenedores cargados al camión volquete son idóneos para la recolección de todos los tipos de residuos sólidos y desechos en localizaciones donde las tasas de generación justifiquen el uso de grandes contenedores. Como se resalta en la Tabla 2.9, hay disponibles varios tipos de contenedores grandes para ser usados con los vehículos de recolección camión volquete. Se utilizan contenedores abiertos normalmente en almacenes y en lugares de construcción. Los grandes contenedores utilizados conjuntamente con compactadoras estacionarias son comunes en complejos de pisos, servicios comerciales y estaciones de transferencias. Por el gran volumen que se puede transportar, el uso del sistema de contenedor con camión volquete ha llegado a extenderse, especialmente entre los recogedores privados que sirven contratos comerciales.⁷

2.7.2.1.3 Sistemas Contenedor-Remolque.

La aplicación de los contenedores remolque es similar a aquella utilizada para los sistemas de contenedor camión volquete. Los contenedores-remolque son los mejores para la recolección de residuos especialmente pesados, tales como arena, madera, metal de chatarra, y frecuentemente se utilizan para la recolección de residuos de lugares de demolición y construcción.⁷

2.7.2.1.4 Necesidades de Personal para el Sistema de Contenedor Transportado.

En la mayoría de los sistemas de contenedor transportado se utiliza un único recolector-conductor. El recolector-conductor es el responsable de conducir el vehículo, vaciar los contenedores llenos en el vehículo de recolección, vaciar los contenedores en el lugar de evacuación (o punto de transferencia), y volver a su sitio los contenedores vacíos. En algunos casos, por razones de seguridad, se utilizan dos personas un conductor y un ayudante. El ayudante es normalmente el responsable de atar y desatar las cadenas y cables utilizados en la carga y descarga de los contenedores del vehículo de recolección; el conductor es el responsable de la operación del vehículo de recolección. Siempre se debe usar un conductor y ayudante cuando se van a manejar residuos peligrosos.⁷

2.7.2.2 Sistemas de Caja Fijas.

Los sistemas de caja fija se pueden utilizar para la recolección de todo tipo de residuos. Los sistemas varían según el tipo y la cantidad de residuos, tanto como según el número de puntos de generación. Hay dos clases principales:

1. Sistemas que utilizan vehículos cargados mecánicamente.
2. Sistemas en que se utilizan vehículos cargados manualmente.

Por las ventajas económicas implicadas, casi todos los vehículos de recolección utilizados actualmente van equipados con mecanismos internos de compactación.

2.7.2.2.1 Sistemas con Vehículos de Recolección Cargados Mecánicamente.

El tamaño y la utilización del contenedor no son tan críticos en los sistemas de caja fija que utilizan vehículos de recolección equipados con un mecanismo de compactación como lo son en sistema de camión volquete. Los viajes a la instalación de recuperación de materiales (IRM), estación de transferencia o lugar de evacuación se hacen después de haber recogido y compactado los contenidos de varios contenedores y que se llene el vehículo de recolección. Por esta razón, la utilización del conductor en términos de cantidades de residuos transportados es considerablemente mayor en estos sistemas que en sistemas de contenedor.

Hay disponibles una gran variedad de tamaño de contenedores para usar con estos sistemas (ver Tabla 2.9). Los contenedores varían desde algunos relativamente pequeños hasta los tamaños comparables con aquellos manipulados por un camión volquete (ver Tabla 2.9). Los contenedores más pequeños ofrecen mayor flexibilidad en término de forma, facilidad de carga y también conducen a un considerable incremento en su utilización. También se pueden usar estos sistemas para la recolección de residuos domésticos sustituyendo un contenedor grande por varios contenedores pequeños.

Como la carrocería de los camiones es difícil de mantener por los pesos implicados, estos sistemas no son aptos para la recolección de residuos industriales pesados y basuras en bruto, como se producen en lugares de demolición y construcción. Las localizaciones donde se producen altos volúmenes de residuos también son difíciles de servir por las necesidades de espacio que implican un gran número de contenedores.⁷

2.7.2.2.2 Sistemas con Vehículos de Recolección Cargados Manualmente.

La mayor aplicación de métodos manuales de carga es en la recolección de residuos domésticos y de la calle. La carga manual puede competir eficazmente con la carga mecánica en las zonas residenciales, porque la cantidad de recolección en cada localización es pequeña y el tiempo de carga es corto. Además, se utilizan métodos manuales para la recolección doméstica porque muchos puntos de toma individuales son inaccesibles a los vehículos de recolección mecanizados con carga automática.⁷

2.7.2.2.3 Necesidades de Personal para Sistemas de Caja Fija.

Las necesidades de personal para los sistemas de recolección con caja fija varían según sea la forma de cargar el vehículo de recolección, mecánicamente o manualmente. Las necesidades de mano de obra en los sistemas de caja fija cargada mecánicamente son esencialmente iguales que para los sistemas de contenedor. Cuando se usa un ayudante, el conductor a menudo le ayuda a llevar los contenedores, montados en rodillos, hasta el vehículo de recolección y a devolver los contenedores vacíos. Ocasionalmente, se utilizan un conductor y dos ayudantes cuando hay que mover los contenedores hasta el vehículo de recolección desde lugares inaccesibles, tales como zonas céntricas comerciales muy congestionadas.

En los sistemas de cajas fijas donde se carga manualmente el vehículo de recolección, el número de recolectores varía de uno a tres en la mayoría de los casos, según el tipo de servicio y el equipamiento de recolección. Normalmente se usan dos personas y un conductor, para el servicio de acera y callejón, y un equipo multipersonal para el servicio de patio posterior. En los sistemas de recolección con vehículos satélite, se utiliza un recolector-conductor para cada vehículo satélite de recolección. Mientras se cargan los vehículos satélite, el recolector-conductor del

vehículo principal recoge los residuos localizados en la acera a lo largo de su itinerario. Aunque los tamaños de equipo anteriormente mencionados representan la práctica actual, hay muchas excepciones. En muchas ciudades se utilizan equipos multipersonales para los servicios en acera tanto como para el servicio de patio posterior.⁷

2.7.3 Tipos de Recipientes de Desechos Sólidos.

Entre los diversos tipos de recipientes usados en la recolección de los desechos tenemos los siguientes:

1. Bolsas desechables.
2. Tambores.
3. Contenedores.

2.7.3.1 Bolsas Desechables.

Las bolsas pueden ser de papel o plásticas. La utilización de estas bolsas puede presentar grandes ventajas en ciertos casos, a saber:

- Supresión de las operaciones de retorno y mantenimiento.
- Facilidades de manipulación para el usuario o servicios de recolección.¹⁷ Ver figura 2.2



Figura 2.2 **Bolsas Desechables.**¹³

2.7.3.2 Tambores.

Generalmente son de material plástico y metal. Constituyen un producto económico y rustico, pero que requieren de un sistema de mantenimiento y limpieza. Su capacidad varía entre 20 y 200lts. Ver figura 2.3.



Figura 2.3 **Tambores para basura.**¹³

2.7.3.3 Contenedores.

Es un tipo de recipiente de concepción y diseño original. Se fabrican en material plástico y metalicos.¹⁷ Los sistemas de contenedores son los servicios autoservidos de remoción de desechos, parcialmente mecanizados.

- El usuario coloca los desechos en el contenedor y se usa equipo especial para vaciarlos.
- El contenedor puede vaciarse en el sitio de almacenamiento o puede ser llevado al sitio de disposición y vaciarse allí.

- Los desechos pueden ser compactados en el punto de origen con un compactador estacionario, o en el camión de recolección, o puede que no se haga compactación alguna.¹³

Estos contenedores pueden ser de distintas formas y tamaños dependiendo de su uso. Entre las cuales podemos describir:

1. Contenedores movibles.
2. Contenedores amovibles y compactadores de gran capacidad.
3. Contenedores especiales.

2.7.3.3.1 Contenedores Movibles.

Se fabrican en material plástico y están equipados de los siguientes elementos:

- Dos ruedas fijas o cuatro ruedas giratorias, en función de la forma y capacidad.
- Una tapa equipada de bisagras.
- Un sistema de enganche especial para la elevación y vaciado automático en los recolectores equipados de elevador de contenedor.

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

- Maniobrabilidad: el sistema de ruedas hace más fácil el manejo y la manipulación durante las operaciones recogidas. El vaciado automático mejora de forma considerable las condiciones de trabajo personal.

- Rapidez: las operaciones de recogida son más rápida y se realizan en buenas condiciones de higiene y seguridad. La gran capacidad de estos contenedores permite espaciar las prestaciones de servicio de recogida.
- Acoplamiento: los contenedores de cuatro ruedas están concebidos de forma que se puedan acoplar uno tras otro, facilitando su traslado al punto de recolección mediante un tractor; por ello resultan muy adecuados para los grandes conjuntos de edificios.²

La distribución de los contenedores con ruedas se debe realizar en función de las dimensiones de los locales de almacenamiento de los desechos, y de los accesos a dichos locales.²

Así mismo, es indispensable prever un sistema de mantenimiento y de limpieza; para ello existen vehículos equipados con un sistema de lavado automático. La capacidad de estos contenedores varía entre los 120 y 1100lt. Son adecuados en urbanizaciones con calles inaccesibles a los vehículos recolectores.¹³ Ver figura 2.4 y 2.5.



Figura 2.4 Contenedor de Dos Ruedas¹³



Figura 2.5 Contenedores de Cuatro Ruedas¹³

2.7.3.3.2 Contenedores Amovibles y Compactadores de Gran Capacidad.

Tienen que ser retirados mediante vehículos equipados con un mecanismo elevador. Se debe prever el acceso directo del camión hasta la plataforma o el local de almacenamiento.

Los contenedores amovibles y los compactadores se utilizan en los grandes conjuntos de viviendas, para retirar desechos voluminosos (electrodoméstico, muebles, etc.) y desechos artesanales y comerciales (escombro, materiales diversos); la operación puede consistir en el traslado de dichos depósitos o



contenedores a otros sitios de la ciudad. La capacidad de los contenedores amovibles y de los compactadores varían entre 5 y 30 m³. Ver figura 2.6

Figura 2.6 **Contenedores Amovibles**¹³

2.7.3.3.3 Contenedores Especiales.

Pueden tener diversas formas y están concebidos para recibir un solo tipo de desechos exclusivamente, por ejemplo: vidrios, cartones o papeles.

En las grandes ciudades, estos contenedores se instalan en ciertos sectores de la ciudad, para favorecer así la recolección selectiva de residuos que es interesante someter a procesos de transformación.² ver figura 2.7.



Figura 2.7 Contenedores Especiales.¹³

2.8 Manejo de los residuos sólidos.

Es el conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de manejo de los residuos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente adecuada.¹⁹

2.8.1 Diferentes Etapas de la Gestión de los Residuos Sólidos.

1. Generación

Abarca las actividades en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional, y o bien son tirados o bien son recogidos juntos para su evacuación.

Se estima que en Venezuela, cada ciudadano genera entre 0,5 – 1,5 kg/día de basura. Así, en la medida que aumenta la población, aumenta la generación de residuos sólidos de la localidad y es por esta razón que en las principales ciudades del país, los problemas asociados al mal manejo de los residuos sólidos cada vez se hacen mayores.

La reducción en el lugar de origen (hogar, institución, comercio), y la separación de materiales reciclables para su posterior aprovechamiento, constituye una práctica que permite optimizar la gestión de los residuos sólidos y aprovechar mejor nuestros recursos naturales.²⁰

2. Almacenamiento

Una vez que los residuos sólidos son generados, se almacenan para facilitar posteriormente su recolección, y es en esta etapa donde la población percibe más de

cerca cómo se realiza la gestión de los mismos. Si la basura no se recoge, queda en los pipotes, bolsas o contenedores, atrayendo la presencia de moscas y animales (transmisores de enfermedades), generando también malos olores, ensuciando la vía pública y presentando un mal aspecto a la ciudad.

La utilización de recipientes adecuados para el almacenamiento de la basura, constituye una forma de evitar problemas asociados a un mal almacenamiento. Los programas de reciclaje promovidos por diferentes empresas e instituciones del país, están comenzando a colocar en diferentes sitios (calles, supermercados, escuelas, asociaciones de vecinos) contenedores especiales para diferentes tipos de materiales tales como vidrio, cartón-papel y aluminio.²⁰

3. Barrido

El barrido le permite a una ciudad tener un aspecto limpio y agradable, también está asociada a esta actividad el mantenimiento de las áreas verdes del municipio.

Esta actividad es responsabilidad del municipio, sin embargo, la ciudadanía y el sector empresarial pueden tener una actitud proactiva y ayudar en la búsqueda de soluciones. (Creación de microempresas para barrido de calles y mantenimiento de áreas verdes; y programas para mantenimiento de áreas, financiados por instituciones relacionadas a un determinado sector).²⁰

4. Recolección

La recolección de los residuos sólidos, consiste en un vehículo que de acuerdo a una ruta determinada, y con una frecuencia dada, de forma permanente, recoge la basura.

El cumplimiento en esta etapa, permite que la basura no se acumule, y una buena planificación de la ruta de recolección, permite tener un servicio eficiente.

En nuestro país no existe una recolección selectiva de la basura, los camiones del aseo recogen todo junto. Sin embargo, los escarbadores de la basura, rompen las bolsas para extraer los materiales por ellos buscados, y dificultan el proceso de recolección.

La realización de una recolección selectiva, en la cual se informe a la comunidad sobre los materiales que se recogerán, los días y horarios en que serán buscados, y la forma en que estos deben ser almacenados, es una forma de optimizar el servicio y de aprovechar mejor los materiales reciclables presentes en los residuos sólidos.²⁰

Para obtener el número de viajes se aplica la siguiente ecuación

$$N^{\circ} \text{ de viajes} = \frac{T_d}{T_r} \quad \text{Ec .2.15}$$

Donde:

T_d = Jornada de trabajo.

T_r = tiempo de recolección

5. Transporte

La forma cómo se llevan los residuos sólidos de un lugar a otro, es el transporte, los vehículos utilizados, son de gran importancia para optimizar el servicio.

En cuanto a los costos, el mantenimiento de los vehículos, y el personal que trabaja en la recolección, son los aspectos que más encarecen la gestión.

La recolección selectiva se dificulta también, por lo costoso que implica hacer dos veces la misma ruta, sin embargo, si se utilizan vehículos que permitan este tipo de recolección, se ahorrarían los costos, o también puede ser que la recolección de los materiales reciclables sea realizada por microempresarios con vehículos no necesariamente muy sofisticados (carretillas, motonetas) y económicos.²⁰

Los propósitos del diseño de las rutas son:

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

Aunque el diseño de las rutas se puede realizar a través del uso de computadoras, en el caso de las ciudades de América Latina sería más recomendable diseñar las rutas manualmente, ya que generalmente no se cuentan con los recursos humanos y financieros necesarios para su uso. Por esta razón, a continuación se presenta solamente el método manual del diseño de las rutas de recolección de basura.

6. Transferencia

El transporte de los residuos sólidos puede tener diferentes destinos, de acuerdo a las características de los mismos, a su volumen y a la distancia a que se encuentra su destino final. Así que las estaciones de transferencia constituyen una opción, que permite optimizar la gestión y reducir los costos.

Una estación de transferencia permite que pequeños volúmenes de basura se compacten y junten para luego hacer un solo viaje, en los casos en que el sitio de disposición final quede lejos del lugar de generación.

Cuando se ha realizado una separación selectiva, la creación de centros de acopio, permite separar mejor los materiales reciclables, tratarlos y luego con un mayor valor agregado, venderlo a las plantas procesadoras, a intermediarios o a particulares.²⁰

7. Tratamiento

Cuando la basura es recogida toda junta, los tratamientos que se pueden aplicar son: compactación, incineración o pirolisis.

Para esto también se aplica la siguiente ecuación para el cálculo del poder calorífico de cada componente:

$$PC = n_i PC_i \quad \text{Ec. 2.16}$$

Donde:

n_i = porcentaje en peso del componente.

PC_i = poder calorífico del componente.

Si se realiza una separación de los materiales, de acuerdo a su composición, los tratamientos previos al reciclaje son:

Materiales de naturaleza orgánica:

- Compostaje (aerobio y anaerobio).

Materiales de naturaleza inorgánica:

- Separación de acuerdo a su naturaleza (color del vidrio, composición de los plásticos, dureza del cartón, metal ferroso o no ferroso, etc.)
- Limpieza (lavado si es el caso).
- Trituración en el caso del vidrio y del plástico, y compactación en el caso de los metales y del cartón.
- Empaquetado o acondicionamiento para su transporte y comercialización.²⁰

8. Disposición Final

Representa la última etapa de la gestión, cuando se disponen los residuos que ya no han podido ser utilizados. En Venezuela se entierran aún muchos materiales con valor económico, los cuales no son aprovechados por no contar con una gestión integrada de los residuos, que contemple en su proceso la recuperación de materiales y energía, y que estudie la viabilidad de aprovechar mejor los recursos naturales que hasta allí llegan. Debido a la presencia de estos materiales, es que se encuentran en los sitios de disposición final, muchas personas escarbando la basura para obtener de esta forma algún tipo de ingreso sin considerar el costo que a su salud implica, ni considerar la edad o el sexo de quien escarbe.²⁰

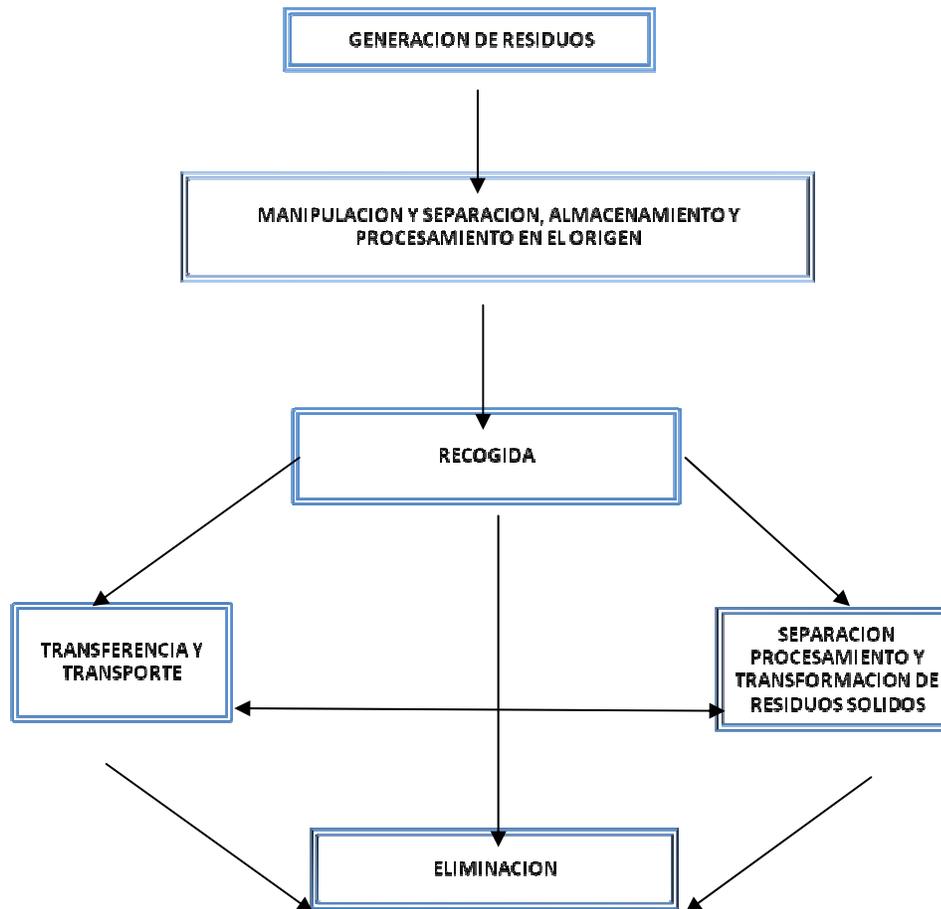


Figura 2.8 Diagrama Simplificado Mostrando las Interrelaciones Entre los Elementos Funcionales en un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.⁷

2.8.2 Riesgo Asociado al Manejo de los Residuos Sólidos.

1. Gestión negativa:

- Enfermedades provocadas por vectores sanitarios: Existen varios vectores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia

pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos.

- Contaminación de aguas: La disposición no apropiada de residuos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios.
- Contaminación atmosférica: El material particulado, el ruido y el olor representan las principales causas de contaminación atmosférica
- Contaminación de suelos: Los suelos pueden ser alterados en su estructura debido a la acción de los líquidos percolados dejándolos inutilizados por largos periodos de tiempo
- Problemas paisajísticos y riesgo: La acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico negativo, además de tener en algún caso asociado un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes.
- Salud mental: Existen numerosos estudios que confirman el deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas.¹⁹

2. Gestión positiva:

- Conservación de recursos: El manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales. Por ejemplo puede recuperarse el material orgánico a través del compostaje.
- Reciclaje: Un beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de residuos que pueden ser convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente.

- Recuperación de áreas: Otros de los beneficios de disponer los residuos en forma apropiada un relleno sanitario es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás)¹⁹

2.9 Relleno sanitario.

El relleno sanitario es un sistema de tratamiento y, a la vez disposición final de residuos sólidos en donde se establecen condiciones para que la actividad microbiana sea de tipo anaeróbico (ausencia de oxígeno). Este tipo de método es el más recomendado para realizar la disposición final en países como el nuestro, pues se adapta muy bien a la composición y cantidad de residuos sólidos urbanos producidos.

La definición más aceptada de relleno sanitario es la dada por la sociedad de ingenieros civiles (ASCE) ; Relleno sanitario es una técnica para la disposición de residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, método éste, que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, para cubrir los residuos así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al final.¹⁹

2.9.1 Tipos de Rellenos.

El parámetro básico de diseño de un relleno es el volumen. Este depende del área cubierta, la profundidad a la cual los residuos son depositados, y el radio de material de cobertura y residuo. Debido a que la tasa de generación de residuos es usualmente definida en unidades másicas un parámetro adicional que influencia la capacidad del relleno es la densidad in situ de la basura y el material de cobertura.

Generalmente todo diseño de relleno incluye algunas obras comunes. Zonas buffer y pantallas perimetrales son necesarias para aislar el relleno de los vecinos y el sitio. Son necesarios cercos perimetrales para evitar el acceso no autorizado al sitio, se requiere un cuidadoso mantenimiento del frente de trabajo. Durante tiempos inclementes podría ser necesario contar con tractores para asistir a los camiones. El barro y suciedad que se adhieren al camión por su operación en el sitio debe ser retirado del mismo antes que abandone el recinto del relleno.¹⁹

2.9.1.1 Método de Trinchera o Zanja.

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

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.¹⁹

2.9.1.2 Método de Área.

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

En ambas condiciones, las primeras celdas se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el terreno.

Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava en las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.¹⁹

2.10 Clasificación de rellenos sanitarios.

En la clasificación de los rellenos sanitarios encontramos 2 tipos los cuales se describen a continuación:

2.10.1 Clasificación Según Clase de Residuo Depositado.

- Tradicional con residuos sólidos urbanos seleccionados: No acepta ningún tipo de residuo de origen industrial, ni tampoco lodos.
- Tradicional con residuos sólidos urbanos no seleccionados: Acepta además de los residuos típicos urbanos, industriales no peligrosos y lodos previamente acondicionados
- Rellenos para residuos triturados: Recibe exclusivamente residuos triturados, aumenta vida útil del relleno y disminuye el material de cobertura.
- Rellenos de seguridad: Recibe residuos que por sus características deben ser confinados con estrictas medidas de seguridad.
- Relleno para residuos específicos: Son rellenos que se construyen para recibir residuos específicos (cenizas, escoria, borras, etc.)
- Rellenos para residuos de construcción: Son rellenos que se hacen con materiales inertes y que son residuos de la construcción de viviendas u otra

2.10.2 Clasificación Según las Características del Terreno Utilizado.

- En áreas planas o llanuras: Más que relleno es un depósito en una superficie. Las celdas no tienen una pared o una ladera donde apoyarse, es conveniente construir pendientes adecuadas utilizando pretilas de apoyo para evitar deslizamientos. No es conveniente hacer este tipo de relleno en zonas con alto riesgo de inundación.
- En quebrada: Se debe acondicionar el terreno estableciendo niveles aterrazados, de manera de brindar una base adecuada que sustente las celdas. Se deben realizar las obras necesarias para captar las aguas que normalmente escurren por la quebrada y entregarlas a su cauce aguas abajo del relleno.
- En depresiones: Se debe cuidar el ingreso de aguas a la depresión, tanto provenientes de la superficie o de las paredes por agua infiltrada. La acumulación normal del relleno. La forma de construir el relleno dependerá del manejo que se dé al biogás o a los líquidos percolados.
- En laderas de cerros: Normalmente se hacen partiendo de la base del cerro y se va ganando altura apoyándose en las laderas del cerro. Es similar al relleno de quebrada. Se deben aterrazar las laderas del cerro aprovechando la tierra sacada para la cobertura y tener cuidado de captar aguas lluvias para que no ingresen al relleno.
- En ciénagas, pantanos o marismas: Método muy poco usado por lo difícil de llevar a cabo la operación, sin generar condiciones insalubres. Es necesario aislar un sector, drenar el agua y una vez seco proceder al relleno. Se requiere equipamiento especializado y mano de obra.

En la figura 2.9 observamos cómo funciona un relleno sanitario

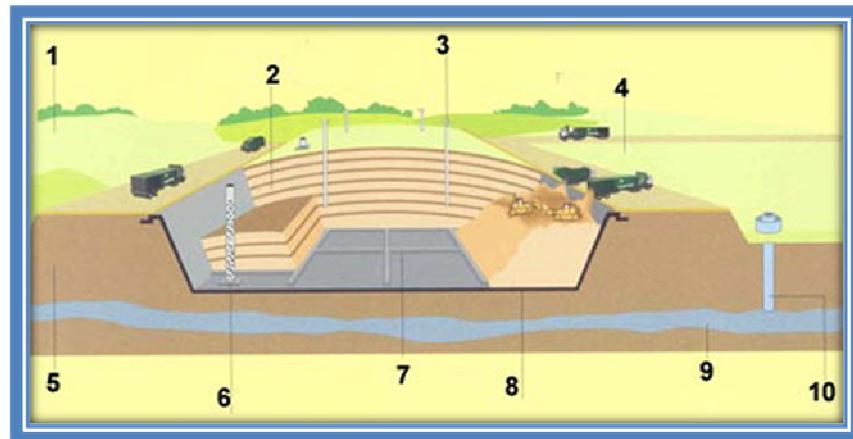


Figura 2.9 **Funcionamiento de un Relleno Sanitario**¹⁷

Referencias

1. Módulo cerrado y parquización.
2. Diariamente la basura se tapa con una capa de tierra compactada.
3. Tubos de venteo de gases.
4. Frente de descarga.
5. Terraplén perimetral.
6. Colección y extracción de líquidos lixiviados para su posterior tratamiento.
7. Barreras: delimitan los sectores y celdas para el llenado.
8. Impermeabilización con polietileno de alta densidad (2.000 micrones) que evita la filtración.
9. Aguas subterráneas.
10. Pozos de monitoreo de aguas subterráneas.

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Generalidades

Las actividades básicas de esta investigación fueron el diagnostico del sistema de recolección, manejo y disposición de los residuos sólidos generados por la comunidad “Boyaca III zona Este” y el análisis de los datos y resultados obtenidos.

Para el logro de las actividades básicas de esta investigación descriptiva bajo un diseño de campo, se realizaron las siguientes actividades:

3.1.1 Recopilación de Datos.

Según la carta magna ¹⁴ y la Ley Orgánica de Régimen Municipal ²³, son competencia de los municipios las actividades vinculadas a los residuos sólidos, con la finalidad de aunar esfuerzos, motivar y buscar colaboración para realizar este trabajo se efectuaron reuniones con funcionarios de la Alcaldía del Municipio Simón Bolívar (Dirección de servicios Públicos) como resultado de las continuas reuniones se recabó información disponible sobre el manejo de los desechos sólidos generados por la comunidad de “Boyaca III, zona Este”.

Entre las bases legales vigentes en nuestro país que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la investigación tenemos las siguientes:

- Decreto N°2.216: “Normas para el manejo de los desechos sólidos de origen doméstico, comercial, industrial o de cualquier otra naturaleza que o sean peligrosos”. Gaceta oficial N° 4.418. Extraordinario de fecha 27 de Abril de 1992.¹⁵
- Gaceta Oficial N° 38.068: “Ley de residuos y desechos sólidos”. Año 2.004.³
- N° Extraordinario 10-2005: “Ordenanza de Reforma de la Ordenanza sobre el Servicio Público de Gestión, Manejo y Administración Integral de los residuos y Desechos Sólidos”. De la alcaldía del Municipio Simón Bolívar, fecha 30 de diciembre de 2005. (Anexo A).

De igual manera, se obtuvieron los planos aerofotogramétricos en digital de Barcelona - Puerto la Cruz - Lechería - Guanta, dicha información fue suministrada

por el Ministerio de Desarrollo Urbano (1999), escala 1:5000 hoja L-13. Con la finalidad de dar a conocer el área elegida para el desarrollo de la investigación.

Se le realizó una entrevista al Coordinador Comunitario de la Mancomunidad de Aseo Urbano (MASUR) antiguo ASEAS Barcelona C.A., encargada de la recolección domiciliaria en el Municipio Simón Bolívar desde el 22 Mayo del año en curso. Para conocer el funcionamiento de los servicios de recolección de residuos sólidos urbanos y domiciliarios. Dichos datos se recabaron en la planilla del Anexo B.

Luego de realizar dicha encuesta al Coordinador Comunitario, se recorrieron las instalaciones donde funciona la empresa que actualmente está encargada de la recolección de los residuos sólidos, con el fin de conocer cuáles son las condiciones de trabajo y las condiciones bajo las cuales son guardadas las unidades de recolección.

Conjuntamente cumpliendo con su ruta de recolección se llevo a cabo la entrevista al chofer encargado de la zona de “Boyaca III, zona Este” para conocer algunos datos necesarios en la planilla del Anexo B.

Se realizaron visitas al Relleno Sanitario “Cerro de Piedra”, efectuándose reuniones con los encargados y el personal obrero de la cooperativa construcciones y mantenimiento “CARU”, con la finalidad de obtener información sobre el sitio de disposición final.

3.1.2 Población en General.

Para el cálculo de la población se puede utilizar el método geométrico o el método lineal. Para ello se empleó la tasa de crecimiento geométrico del Municipio

Simón Bolívar equivalente a 3,60%, según el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.), según los reportes suministrados por dicha entidad el censo poblacional para el año 2.001 de la población de Boyaca III contaba con 20.310 habitantes, este valor es para toda la zona sin embargo Boyaca III esta dividida por Micro Áreas. Las micro áreas correspondiente a la zona de estudio son las representadas en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Reporte Estadístico del Censo Poblacional 2001 Boyaca III Zona Este.

Micro Áreas	Total Viviendas	Población			Pob. En edad escolar			Pob. En fuerza de trabajo		
		Masc.	Fem.	Total	Masc.	Fem.	Total	Masc.	Fem.	Total
Sector 2A	441	1.179	1.173	2.352	600	566	1.166	796	839	1.635
Sector 2D	324	824	910	1.734	404	430	834	571	658	1.229
Sector 3A	187	490	491	981	247	214	461	338	343	681
Sector 3B	433	1.142	1.130	2.272	560	535	1.095	789	806	1.595
Sector 3D	393	1.065	1.118	2.183	491	535	1026	737	800	1.537

Fuente: **Instituto Nacional de Estadística.**

$$P_{\text{Boyaca III zona Este}} = \text{Sector 2A} + \text{Sector 2D} + \text{Sector 3A} + \text{Sector 3B} + \text{Sector 3D}$$

$$P_{\text{Boyaca III zona Este}} = 2.352 + 1.734 + 981 + 2.272 + 2.183$$

$$P_{\text{Boyaca III zona Este}} = 9.522 \text{ hab.}$$

$$P_{\text{act}} (2001) = 9.522 \text{ hab.}$$

De acuerdo a los valores suministrado por el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.) y aplicando la fórmula del método Lineal [Ec.2.1] y la fórmula del método geométrico [Ec.2.3] se obtuvo la proyección de la población para varios años.

Tabla 3.2 Proyección de la Población por el Método Lineal.

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
N° de habitantes	10.951	11.306	11.660	12.002	12.340	12.660	12.994	13.311	13.620

Fuente: **Elaboración Propia.**

Tabla 3.3 Proyección de la Población por el Método Geométrico.

Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
N° de habitantes	10.969	11.364	11.773	12.197	12.636	13.091	13.562	14.050	14.556

Fuente: **Elaboración Propia.**

Se ajustan los valores de los 2 métodos utilizados, para obtener el gráfico 3.1.

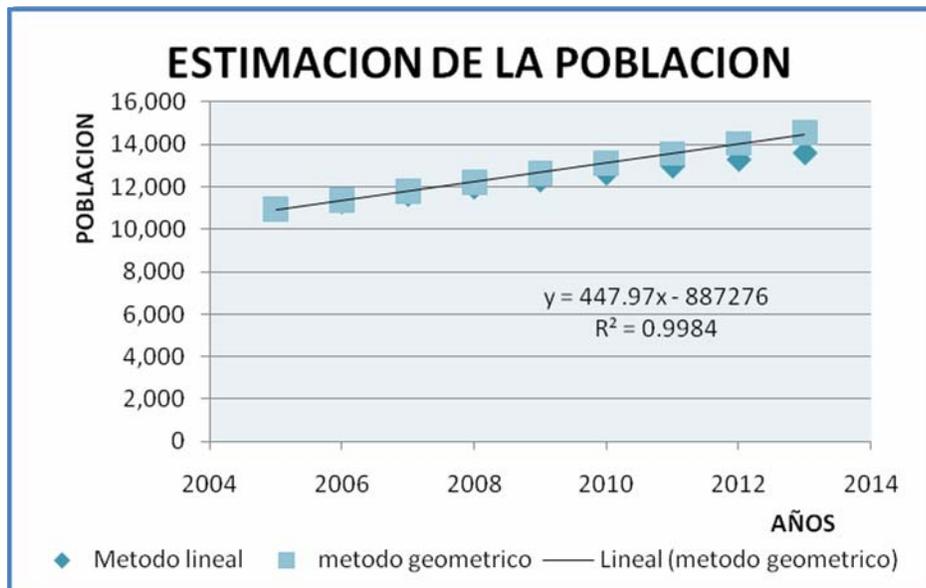


Gráfico 3.1 Ajuste de Valores de los Métodos Geométricos y Lineal.

Fuente: Elaboración Propia.

En la grafica anterior, se logra observar que los valores que más se ajustan a la recta son los valores del método geométrico, por lo tanto, la proyección de la población para el año 2009 será de 12.636 \approx 12.700 habitantes.

$$Pf_{(2009)} = Pact_{(2001)} \times (1+0,036)^8$$

$$Pf_{(2009)} = 9522 \times (1+0,036)^8$$

$$\text{De donde: } Pf_{(2009)} = 12.636 \approx 12.700$$

Para obtener la muestra de la población actual, se empleo la siguiente ecuación

$$n = \frac{K^2 * N * p * q}{e^2 * (N + 1) + (k^2 * p * q)}$$

Donde:

K= 1,96. Para una confiabilidad del 95%. (Según la Tabla de Distribución Normal Estándar en el anexo D. ²⁷

N= tamaño de la muestra = 12.700 hab.

e = máximo error permitido = 0,05

p = Proporción poblacional o tomada de la experiencia y se le asignara un valor del 50% como margen de seguridad.= 0.50

q = probabilidad de no ocurrencia de ese evento. q = (1 - p) = 0.50

$$n = \frac{1,96^2 * 12.700 * 0.50 * 0.50}{0,05^2 * (12.700 + 1) + (1,96^2 * 0.50 * 0.50)}$$

$$n = 372,73 \approx 380 \text{ encuestas}$$

Estas encuestas fueron realizadas con la finalidad de conocer como incide esta problemática en el estado de salud de los mismos y a la vez, orientarlas a la concientización acerca del medio ambiente.

3.1.3 Determinación de la Tasa de Generación.

Para el cálculo teórico de la tasa de generación, se comenzó con conocer la cantidad de los desechos sólidos generados por día y la población que actualmente reside en el sector seleccionado. De acuerdo con los datos suministrados por el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E). La población para el Municipio Simón Bolívar en el año 2009 es de 440.363 habitantes.

Sin embargo, la tasa de generación para el municipio se obtuvo aplicando la ecuación 2.7 de la siguiente manera:

$$T_s = \frac{486000 \text{ kg.día}}{440.363 \text{ hab}} = T_s = 1,10 \text{ Kg./hab./día.}$$

Luego se determino el total de desechos generados en un día en el municipio en estudio. A partir de la ecuación 2.8

$$D_s = 12.700 \text{ hab} * 1.10 \text{ kg/hab/día} = D_s = 13970 \text{ kg/día.}$$

Para el cálculo práctico de la tasa de producción del sector se saco un promedio de los datos diarios de pesaje tomado en el sitio de disposición final (cerro de piedra). Teniendo como resultado 2,93 ton/diarias con este resultados volvemos aplicar la ecuación 2,7 para obtener la tasa de producción del sector.

$$T_s = \frac{2930 \text{ kg.día}}{12.700 \text{ hab}} = T_s = 0,23 \text{ kg./hab./día.}$$

Luego se aplico nuevamente la ecuación 2.8 para obtener el valor práctico de los desechos generados:

$$D_s = 12.700 \text{ hab} * 0.23 \text{ kg/hab/día} = D_s = 2.921 \text{ kg/día.}$$

3.2 Análisis de rutas de recolección de los desechos sólidos.

Se coordinó con la Mancomunidad de los Desechos Sólidos (MASUR) antiguo ASEAS Barcelona C.A., durante una semana para hacer los recorridos en los camiones y así conocer la procedencia, el día en que son generados y el tipo de desechos, así como también los turnos de recolección, la velocidad de cada unidad y la dirección del recorrido final de la ruta. En este caso Boyaca III se divide en 2 sectores las cuales son la zona Este y la zona Oeste solamente tomaremos en cuenta los datos generados por la zona Este. Con la finalidad de determinar la eficiencia del sistema actual de recolección y mejorar, de ser posible la eficiencia del futuro sistema. Para llevar a cabo todo este objetivo se prepararon todos los insumos necesarios como por ejemplo: Planos del área de estudio, cronómetro, libretas y cámara digital. Los volúmenes de desechos recolectados se obtuvieron durante esta semana en el sitio de disposición final. Tomando en cuenta que solo se pudo ir con el chofer hasta la disposición final (Cerro de Piedra) una sola vez por el riesgo que asumíamos en el traslado hacia dicho sitio, por lo tanto las otras veces se coordinó con el chofer de la unidad para que anotara todos los pesajes necesarios de los días restantes.

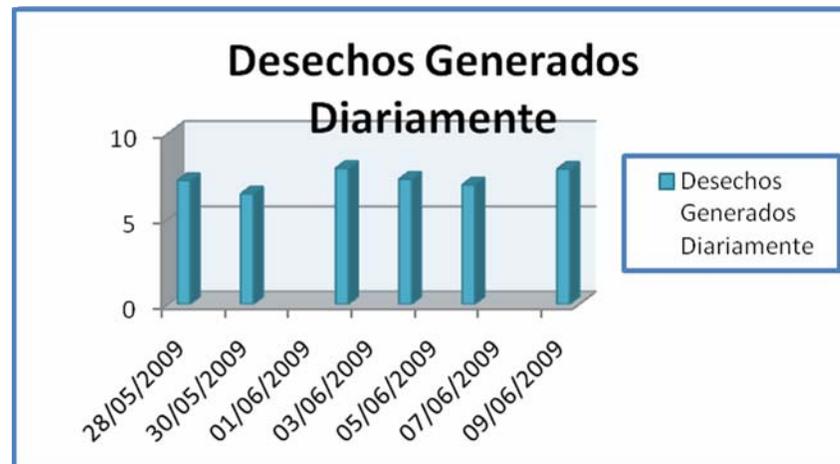


Grafico 3.2 Datos de Desechos Sólidos Generados Diariamente.

Fuente: Elaboración propia.

En el anexo D, se presentaron todos los resultados diarios correspondientes a los tiempos de recolección en el sector, el tiempo que transcurre desde el sector en estudio hasta el sitio de disposición final (Cerro de piedra) y el tiempo de estadía de la unidad recolectora en dicho sitio. Tomando en cuenta todos estos resultados se procede a realizar un promedio de todos los tiempos, por ejemplo:

Valor promedio del tiempo de recolección en Boyaca III zona Este.

$$T. recoleccion = \frac{210min + 207min + 238min + 215min + 225min + 240min}{6} = 223min$$

Los tiempos de recorridos de la unidad recolectora estando en Boyaca III zona Oeste no se tomaron en cuenta ya que no entra en la zona de estudio, sin embargo están reflejados en el anexo D ya que la unidad comienza por esa zona y termina por la zona de estudio correspondiente a este trabajo de investigación. Cabe destacar que estos tiempos incluyen todo el recorrido desde el comienzo de ruta, la estadía en el

relleno sanitario y el tiempo en que llega al estacionamiento donde culmina la jornada de trabajo.

Tomando en cuenta que la jornada de trabajo es de 8 horas es decir 480 minutos, pero para este caso se tomó que se cumple media jornada de trabajo la cual tendríamos 4 horas es decir 240 minutos, por el desvío que tiene que hacer la unidad recolectora hacia el otro sector. Se determinó el número de viajes en un día de recolección.

Para obtener el número de viajes aplicaremos la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ de viajes} = \frac{240 \text{ min}}{223} = 1,07 \text{ viajes} \approx 1 \text{ viaje diario.}$$

3.2.1 Tiempos Promedios de Operación.

Durante la semana de estudio de las rutas, fueron determinados los tiempos promedios de operación, tales como: maniobra de retro, estadía en los estacionamientos, compactación y refinamiento.

Todos los tiempos correspondientes a la operación fueron determinados mediante el uso de un cronómetro y realizando un promedio de todos los tiempos medidos durante dos (2) días. La estadía en los estacionamientos, la cual corresponde al tiempo de recolección de los desechos sólidos en los estacionamientos. Cabe destacar que esta zona está comprendida por varios estacionamientos. La maniobra de retro es el tiempo en el que la unidad tarda en ingresar a todos los estacionamientos en retroceso. El tiempo de compactación fue medido desde la culminación de ingreso de los desechos, terminaba de comprimir todos los desechos sólidos hasta el interior

de la unidad. Y por último, el refinamiento pertenece al tiempo de recolección de los materiales esparcidos (basura, ceniza, etc.).

El cálculo de tiempo de estadía en los estacionamientos, se elaboró haciendo un promedio, es decir, se obtuvo una sumatoria de todos los tiempos divididos entre el número del mismo en este caso corresponde a 9 estacionamientos, como se demuestra a continuación:

Tiempo de estadía en los estacionamientos = $(2 \text{ min } 58 \text{ seg} + 3 \text{ min } 46 \text{ seg} + 4 \text{ min } 53 \text{ seg} + 5 \text{ min } 21 \text{ seg} + 4 \text{ min } 31 \text{ seg} + 6 \text{ min } 13 \text{ seg} + 3 \text{ min } 12 \text{ seg} + 4 \text{ min } 33 \text{ seg} + 5 \text{ min } 47 \text{ seg}) / 9$

Tiempo de estadía en los estacionamientos = 4 min 35 seg.

Este mismo método fue realizado para calcular los tiempos de operación restantes.

Estos tiempos pueden variar debido a diferentes factores, tales como:

- Cantidad de desechos sólidos a recolectar. Ver figura 3.1
- Tipo de desechos (tronco de arboles, colchones, laminas de zinc, etc.). ver figura 3.1
- Acceso y movilidad a las calles o avenidas. Ver figura 3.1



Figuras 3.1 Factores que afectan los tiempos de operación.²⁹

Fuente: **Elaboración Propia.**

3.3 Estudio de cantidad y composición.

Concluidos los pesajes, se procedió al acondicionamiento de un lugar que reúna las condiciones exigidas para la realización de los cuarteos para luego obtener la muestra. Los mismos se realizaron durante 5 días tomando la muestra al finalizar cada jornada diaria.

Cabe destacar que estas muestras no pueden ser tomadas de los camiones compactadores ya que la separación de los desechos sólidos tiene que permanecer en estado suelto. Dicha muestra fue tomada por los camiones 550 que cubren la ruta de lunes a domingos. La muestra fue descargada desde el vehículo recolector

anteriormente descrito, debidamente autorizado por la Mancomunidad de Aseo Urbano (MASUR)

antiguo

Barcelona



ASEAS
C.A.

Figura 3.2 Descarga de los Desechos Sólidos por los camiones 550.

Fuente: Elaboración Propia.

Para el estudio de cantidad y composición de los desechos sólidos se realizó durante 5 días, a partir del lunes 06/10/09 hasta el viernes 10/10/09, se tomó una muestra de 10 a 12 bolsas plásticas para luego esparcirla en el sitio seleccionado, el peso de la muestra variaba desde 102,3kg hasta los 114kg.



Figura 3.3. Muestra de los desechos sólidos.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 3.4. Esparcimiento de los componentes.

Fuente: Elaboración Propia.

Cuando eran abiertas cada bolsa se observó con mucha frecuencia que los desechos estaban húmedos por lo que se procedió esparcirlos con una pala y dejarlos al sol durante una hora aproximadamente para que se secaran un poco. Luego de constatar que los materiales se encontraban secos se inició con la clasificación de cada grupo de los materiales, donde al separarlos se agrupaban en bolsas plásticas debidamente identificadas.

Se obtuvo un total de 11 tipos de desechos a ser estudiados y por último, se realizó el pesaje de cada componente y la realización de las tablas de anotación del mismo. Este procedimiento se realizó diariamente durante 5 días seguidos. La composición física de los desechos sólidos se determinó realizando un promedio de los porcentajes en peso, de los cinco días, para cada uno de los tipos de desechos.



Figura 3.5 Separación de los Componentes.

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 3.6 Identificación de los componentes.



Figura 3.7 Control de Pesaje (otros).

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 3.8 Control de pesaje (desperdicios de comida).

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 3.9 Materiales utilizados.

Fuente: **Elaboración Propia.**

3.3.1 Distribución de Pesos de la Composición de los Residuos Sólidos.

Para la realización de la distribución de los pesos de cada una de las muestras, se llevo a cabo un previo pesaje de todas las muestras sin separar (Peso total de la muestra). Con el fin de separar todos los componentes, una vez separados se volvió a pesar cada una de los componentes, con la suma total de todos los componentes obtuvimos el peso total clasificado, la diferencia entre estos dos tipos de pesos totales se debe a la pérdida de humedad de los componentes ya separados.

El día 08/10/09, se tomó una muestra de 106,9Kg, éste representa el peso total de la muestra, luego se procedió a clasificar cada uno de los componentes para obtener el peso total clasificado de la siguiente forma:

Peso total clasificado = 35,6Kg (comida) + 8,7Kg (jardinería) + 16,9Kg (papel) + 14,7Kg (vidrio) + 8,9Kg (plástico) + 1,4Kg (cartón) + 0,23Kg (textil) + 7,2Kg (metales) + 1,6Kg (tetra pak) + 0,33Kg (madera) + 8,2Kg (otros)

Peso total clasificado = 103,76Kg.

Diferencia = Peso total muestreado – Peso total clasificado

Diferencia = 106,9Kg. – 103,76Kg.

Diferencia = 3,14Kg.

Elementos Estadísticos Utilizados:

$$X = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$v = \frac{\sum (x_i - X)^2}{(N-1)}$$

$$d = (v)^{1/2}$$

Donde:

X_i = Peso observado para cada muestra.

X = Media aritmética.

N = Numero de pruebas.

d = Desviación estándar.

v = Varianza.

Para el cálculo de los elementos estadísticos, se emplearon los datos obtenidos de los residuos del papel de la composición de los desechos sólidos.

Categoría: Papel.

$$\text{Media: } X = \frac{87.7}{5} = 17,54$$

$$\text{Varianza: } v = \frac{6,65}{(5-1)} = 1,663$$

$$\text{Desviación estándar: } d = (1,663)^{1/2} = 1,289$$

Categoría: Desechos de comida

El porcentaje en peso promedio se determino a partir de la media de la siguiente manera:

Peso total promedio = \sum Media de cada una de las categorías.

Peso total promedio = 36,5Kg (comida) + 8,74Kg (jardinería) + 17,54Kg (papel) + 13,28Kg (vidrio) + 9,96Kg (plástico) + 1,06Kg (cartón) + 0,22Kg (textiles) + 6,98Kg (metales) + 1,62Kg (tetra pak) + 0,18Kg (madera) + 8,66Kg (otros)

Peso total promedio = 104,74Kg.

Este valor es utilizado para obtener el porcentaje del peso en cada categoría descrita a continuación:

$$\% \text{ en Peso} = (36,5\text{Kg} \cdot 100) / 104,74\text{Kg}.$$

% en Peso = 34,85 %

Este mismo procedimiento se realiza para cada una de las categorías.

3.3.2 Contenido de humedad de los residuos sólidos

Para el cálculo del contenido de humedad se tomó una muestra de 1.257 grs. (peso húmedo), tomando en cuenta que lo mínimo para realizar este tipo de ensayo es de 1.000 grs. Luego se procedió a pesar el recipiente vacío antes de introducir la muestra en el horno, se precalentó el horno a 105 °C y se introdujo la muestra en el horno durante 1 hora. Al concluir el secado se pesó la muestra y se aplicó la ecuación 2.9.

Cuando se tomó el peso seco y el peso húmedo de la muestra, cabe destacar que el peso es la muestra más el recipiente por lo que se debe tomar en cuenta en restarle el peso del recipiente el cual fue de 493 grs. para obtener un peso seco de 1.027 grs. y un peso húmedo de 1.257 grs.

$$M = \frac{1.257 - 1.027}{1.257} * 100 \quad M = 18.30 \%$$



Figura 3.10 **Muestra húmeda**

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 3.11 **Muestra pesada húmeda mas recipiente.**

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 3.12 Muestra en el horno precalentado a 105°C.

Fuente: **Elaboración Propia.**

3.3.3 Poder Calorífico de los Residuos Sólidos.

Para el cálculo del poder calorífico de la basura, en primer lugar se adoptan los siguientes valores como el poder calorífico de cada componente en la siguiente tabla:

Tabla 3.4 **Contenido Energético de los Residuos Sólidos Urbanos**

Componentes	PCI en Kca/Kg	
	Variación	Típico
Residuos de comida	600-800	700
Madera	4.000-5.000	4.500
Papel y cartón	2.400-4.000	2.500
Plástico	6.200-7.200	6.600
Textiles	3.000-4.000	3.400
Vidrio	0	0
Metales	0	0

Fuente: **Gestión integral de los residuos sólidos.**

Y por último se conoce el cálculo teórico con la ecuación 2.16, el cual se busca en la tabla anteriormente descrita los valores típicos de PC por componentes y se combina con el conocimiento de la composición de los residuos:

Por ejemplo para obtener el poder calorífico de los desechos de comida se tiene que:

$$M_{\text{desechos de comida}} = 0,3518\text{Kg.}$$

$$PC_{\text{desechos de comida}} = 700 \text{ Kca/Kg.}$$

$$PC = 0,3518\text{Kg} * 700\text{Kca/Kg} = 246,26 \text{ Kca}$$

Este procedimiento se repite para todos los componentes para luego con la suma de todos los componentes obtener el poder calorífico de los residuos sólidos como suma global.

3.4 Diseño de rutas.

Para el diseño óptimo de las rutas de recolección con compactadores, fue necesario realizar una sectorización del área en estudio, para luego seguir con la diagramación de las rutas, y por último la implantación y evaluación de dichas rutas. Todos estos pasos fueron tomados en consideración a los aspectos propuestos por el método de Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

Sectorización del Área de Estudio.

El área de estudio se dividió en sectores de manera que en cada sector el trabajo de recolección se realice en el tiempo más corto posible y utilizando toda la capacidad del equipo. Para llevar a cabo la sectorización fue necesaria el conocimiento de los siguientes datos:

- ✓ Habitantes de Boyaca III sector Este: 12.700.
- ✓ Área total: 60 hectáreas.
- ✓ Densidad de población de la zona: 212 hab/ha.
- ✓ Tasa de generación del sector: 0.58 Kg/hab/días.

- ✓ Capacidad del equipo de recolección disponible: 12 ton.
- ✓ Frecuencia de recolección: 3 veces por semana.
- ✓ Número de viajes factibles de realizar por camión durante la jornada de trabajo: 1 viaje.

Para obtener el tamaño de los sectores se toma en cuenta que la recolección se realiza tres veces por semana, en la primera recolección se recoge los desechos producidos en tres días, y en las otras se recogen desechos generados en dos días. Cabe destacar que para un factor de seguridad se toma como 3 días el factor de diseño.

Boyaca III zona Este

12700 hab. X 0.23 Kg./hab./día x 3 días/1^{era} recolección. = 8.763 Kg/1^{era} recolección \approx 8.76 ton/1^{era} recolección.

$$\text{Número de sectores} = \frac{8.76 \text{ ton/1}^{\text{era}} \text{ recolección}}{12 \text{ ton/viaje} * 1 \text{ viaje/sector/1}^{\text{era}} \text{ recolección}}$$

$$\text{Número de sectores} = 0.73 \approx 1 \text{ sectores.}$$

$$\text{Habitantes por sector} = 12.700 \text{ hab. /1 sector} = 12.700 \text{ hab. / Sector.}$$

Cada camión puede ofrecer el servicio al sector así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\frac{6 \text{ días/semana} * 1 \text{ viaje/días/camión}}{3 \text{ viajes/sector/semana}} = 2 \text{ sectores/camión}$$

Por lo tanto es necesario asignar un camión compactador para la comunidad de Boyacá III, Sector Este.

$$1ra \text{ Rec.} = 12.700 \text{ hab} \times 0.23 \frac{\text{kg}}{\frac{\text{hab}}{\text{dia}}} \times 3 \frac{\text{dias}}{\text{viaje}} = 8.763 \frac{\text{Kg}}{\text{viaje}} \approx 8,76 \frac{\text{ton}}{\text{viaje}}$$

$$2da \text{ Rec.} = 12.700 \text{ hab} \times 0,23 \frac{\text{kg}}{\frac{\text{hab}}{\text{dia}}} \times 2 \frac{\text{dias}}{\text{viaje}} = 5.842 \frac{\text{Kg}}{\text{viaje}} \approx 5,8 \frac{\text{ton}}{\text{viaje}}$$

$$\text{Factor de capacidad} = \frac{\text{carga por viaje}}{\text{capacidad de recolección por viaje}}$$

$$\text{Factor de capacidad 1re viaje} = \frac{8,76}{12} \times 100 = 73 \%$$

$$\text{Factor de capacidad 1re viaje} = \frac{5,8}{12} \times 100 = 48,33 \%$$

Tabla 3.5 Características de los Sectores.

Zona	Nº de sectores	Área por sector	Carga por viaje	Fact. de capacidad
Boyacá III Sector Este	1	60 Ha	8,76	73 %
			5,8	48,33 %

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo las Normas CEPIS, la zona de Boyacá III, zona Este se divide en 2 sectores a fin de realizar un trazado de ruta por viaje. Sin embargo, esta comunidad no posee suficientes accesos para la elaboración de dos trazados, por lo cual, se eligió rediseñar el trazado de la ruta actual. Los dos últimos pasos se explican en el Capítulo 4.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de las encuestas

Con el propósito de determinar la situación actual del servicio de recolección de los desechos sólidos de la comunidad de Boyaca III zona Este y a la vez definir las variables de diseño del sistema, se realizó una encuesta (Anexo C) la cual incluye todo el proceso de recolección. La evaluación de la encuesta aplicada a la población de Boyacá III, Zona Este, arrojó los resultados resumidos en la tabla 4.1

Tabla 4.1 **Evaluación de Encuestas en Boyacá III Zona Este.**

Categoría	Resultados
Recipientes empleados	93% Bolsas
	7% Pipotes
Frecuencia de disposición	60% Interdiario
	29% Diario
	11% Semanal
Porcentaje que cancela el servicio	100% No cancela
Grado de interés en participar en un programa de reciclaje	55% Está interesado
	45 % No está interesado

Fuente: **Elaboración propia.**

Los resultados de las encuestas demuestran lo siguiente:

- ✓ Casi el 100% de la comunidad almacena los residuos sólidos en bolsas plásticas. Las cuales las encontramos en varios tamaños. Esto evita las operaciones de retorno y mantenimiento de los pipotes, así mismo le

- ✓ proporciona una fácil manipulación a los usuarios y al servicio de recolección.
- ✓ La frecuencia de recolección de Boyacá III, Zona Este es interdiaria, y está dividida de la siguiente manera (martes, jueves y sábado), la comunidad en estudio no cumple con el horario propuesto por la empresa de aseo urbano.
- ✓ Este comportamiento constituye un aspecto negativo tanto para la comunidad como para el servicio de recolección domiciliario. Puesto que al sacar la basura fuera del horario comprendido ésta tiende a descomponerse y atraer malos olores y animales que transmiten enfermedades, tales como moscas, perros, ratas, etc.
- ✓ Luego de que la Mancomunidad de aseo urbano (MASUR) tomara el control de la recolección de desechos sólidos del municipio Simón Bolívar, el cobro de este servicio fue eliminado de la factura de Corpoelec, por ende ninguno de los usuarios del sector en estudio cancelan el servicio.
- ✓ Un porcentaje considerable de la población está interesada en participar en un programa de reciclaje, éste con el fin de facilitar en un futuro si implementan un programa de reciclaje la recolección y disposición de los residuos sólidos.

4.2 Cantidad de desechos generados.

De acuerdo con la Mancomunidad de aseo urbano (MASUR) antiguo ASEAS Barcelona C.A., se registro desde el 22 de Mayo 2009 hasta la fecha, un total de 485 toneladas de basura, dicha cantidad pertenece a todo el Municipio, para el sector en estudio genera una cantidad de 7.32 toneladas diarias. Y según el Instituto Nacional de Estadísticas (I.N.E.) la población total del municipio para ese año fue de 440.363 habitantes y para el sector se realizo una proyección para ese mismo año de 12700 habitantes.

Dichos datos arrojaron una tasa de generación para el municipio de 1.1 Kg/hab/día, y para el sector Boyaca III zona Este, se obtuvo una tasa de generación de 0.58 Kg/hab/día. Por último se tiene que el total de desechos generados diario para el sector es de 7.366 kg/hab/día.

4.3 Evaluación del sistema actual de recolección y disposición final.

La Mancomunidad de Aseo Urbano (MASUR) es la encargada de prestar el servicio de aseo urbano y domiciliario en el Municipio Simón Bolívar, comprende el manejo en cada una de sus etapas, tales como: el barrido, la recolección, el refinamiento, el transporte, la transferencia, el tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos generados por todo el municipio, dentro del cual se encuentra la zona de Boyacá III zona Este.

En este sector el servicio es proporcionado por un (1) vehículo recolector, (compactadora N° 21), el cual se encarga, entre los procesos mencionados de la recolección, el refinamiento y el transporte hasta el sitio de disposición final (cerro de piedra).

4.3.1 Tipo de Servicio de Recolección.

Para el sector Boyaca III zona Este, el servicio de recolección es de forma residencial puesto que todas las casas son aisladas de baja altura. El residente de viviendas en las calles principales coloca los recipientes y/o bolsas en las aceras cualquier día de la semana como se resaltó anteriormente que la mayoría de los habitantes no cumplen con el horario de recolección.



Figura 4.1 Tipos de viviendas y colocación de los residuos sólidos en las aceras.

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 4.2 Recolección de los Desechos Sólidos en las Aceras.

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 4.3 **Residuos Sólidos Acumulados en los Estacionamientos.**

Fuente: **Elaboración Propia.**

4.3.2 Sistema de Transferencia.

Actualmente, el Municipio Simón Bolívar no posee un sistema de transferencia. Sin embargo, el lugar de disposición final se encuentra aproximadamente a media hora de la ciudad de Barcelona. Por lo tanto, ésta situación ocasiona una pérdida de tiempo útil en las labores de recolección. Puesto que en el mes de Noviembre el Gobernador del Estado Anzoátegui Tarek Williams Saab, inició los trámites para la reactivación del sistema de transferencia que hace más o menos 10 años estaba ubicado en la Avenida Argimiro Gabaldón antigua Vía Alternativa exactamente a 300 metros después del puente Razzeti.

4.3.3 Horario de Recolección.

El horario de recolección empleado es el diurno, el comienzo de las actividades de recolección varía entre las 6 am y las 8 am. Durante toda la semana.

4.3.4 Personal de Recolección.

Cada vehículo de recolección está conformado por un chofer y dos obreros recolectores, siendo el primero de los nombrados el jefe del equipo. Sin embargo, no existe una adecuada selección y adiestramiento de dicho personal, especialmente esto último, ya que el trabajador que se incorpora al servicio domiciliario se entera de los procedimientos de recolección en la propia ejecución de su tarea.

4.3.5 Implementos de Seguridad

El personal de recolección cuenta con guantes para la manipulación de los recipientes, y en vista de que el recurso humano es un factor determinante en el rendimiento de los equipo de recolección de desechos, es importante mencionar algunos aspectos sociales y de seguridad que pueden reflejarse en un mejor rendimiento del personal de recolección, por ejemplo: el uso de uniformes y demás equipos de seguridad (botas, mascarillas, lentes, etc.) y la obtención de beneficios médicos en vista del papel fundamental que cumplen en la sociedad estos servidores. En la figura 4.4 podemos observar que el único de los implementos que utilizan anteriormente descritos son los guantes. Sin embargo se le hizo la siguiente pregunta a los obreros recolectores ¿Por qué no utilizaban mascarillas? Y su respuesta fue muy clara, porque es muy incomodo trabajar con una mascarilla puesta.



Figura 4.4 Manipulación de los Residuos Sólidos con Falta de Equipos de Seguridad.

Fuente: **Elaboración Propia.**

4.3.6 Equipo Actual de Recolección

El equipo de recolección empleado es un camión compactador de caja cerrada compresora, dicho camión está equipado con una tolva para la carga de los desechos y con un sistema de compresión instalado en la parte trasera de la caja principal del recolector. Este sistema sirve para reducir el espacio dentro de los cúmulos de basura el 60% del espacio que ocupa la basura es aire contenido dentro de botellas, envases, latas, etc. Como se muestra en las figuras 4.5.



Figura 4.5 Camión Recolector.

Fuente: **Elaboración Propia.**

4.3.7 Descripción de las Unidades Recolectoras

La flota de recolección de la empresa Mancomunidad de Aseo Urbano (MASUR) está conformada por 10 camiones compactadores de 12 toneladas cada uno y 12 camiones volteos de 8 toneladas cada uno, que prestan apoyo en Avenidas y lugares donde no pueden transitar las compactadoras. Dichos camiones son utilizados diariamente.

En la tabla 4.2 se discriminan las características de toda la flota que comprende esta empresa:

Tabla 4.2 Características Generales de un Camión de la Flota de Recolección.

Año	Camión	Capacidad	Compactador	Combustible	Marca	Modelo
2008	Kodiak	19m ³	GoliathG300	Gasoil	Iveco	Tector
1994	Retroexcavador	2 ton	N/A	Gasoil	case	580 Sm
2005	volteo	8 ton	N/A	Gasoil	Ford	1721

Fuente: Mancomunidad de Aseo Urbano (MASUR).

4.3.8 Método de Recolección

El método de recolección se efectúa en la forma siguiente:

- ✓ En las Avenidas uno de los recolectores va por las aceras este mucho más adelante que el camión compactador colocando los recipientes en plena avenida para que se le haga más fácil y rápido al otro recolector recoger los desechos ya que al camión le es difícil estacionarse debido al alto tráfico que existe. Aquí el obrero vacía y regresa el recipiente vacío cuando es necesario ya que en esta zona el uso de las bolsas plásticas predomina.
- ✓ En el caso de los estacionamientos el chofer procede a hacer la maniobra de retro hasta un punto donde sea más fácil recoger todos los desechos sólidos a su alrededor, luego los obreros se dedican a recoger todos los recipientes y los desechos sólidos que están dispersos. Esta última etapa se denomina tiempo de refinamiento y la suma de todos los tiempos desde la maniobra de retro hasta la compactación se denomina tiempo de estadía en los estacionamientos.



Figura 4.6 Descarga de Recipientes y Bolsas en la Unidad recolectora.

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 4.7 Recolección en los estacionamientos.

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 4.8 **Labores de refinamiento.**

Fuente: **Elaboración Propia.**

Los tiempos ponderados de operación en los casos de estacionamientos se presenta en la tabla 4.2:

Tabla 4.3 **Tiempos Promedios de Operación.**

Operación	Tiempo
Compactación	1min 15s
Estadía en estacionamiento	4min 33s
Refinamiento	3min 18s
Maniobra de retro	0min 42s
Total operación	5 min 15s

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 4.9 **Tiempo de Compactación.**

Fuente: **Elaboración Propia.**

4.3.9 Programación de las Rutas de Recolección

La cuadrilla de recolección no cuenta con un trazado de ruta que permita llevar a cabo el trabajo de recolección de los desechos sólidos con una menor cantidad de tiempo y recorrido, solamente cuentan con un formato que señala los sitios donde deben ejecutar la recolección. Por lo tanto, el sentido de circulación así como la realización de las actividades es responsabilidad del jefe de la cuadrilla (chofer).

Dicha ruta fue elaborada por los autores de este trabajo con un plano del sector y la compañía de la cuadrilla, así para conocer la ruta actual e implementar una nueva ruta si es necesaria.

4.3.10 Tiempos de Recolección.

Los valores promedios obtenidos durante el análisis del servicio de recolección son los siguientes:

- ✓ Tiempo de recolección de la ruta (T_{recolección}): 179 min.
- ✓ Distancia a sitio de disposición final (T_{transporte}): 30 min.
- ✓ Tiempo en sitio de disposición final (T_{disposición}): 14 min.
- ✓ Jornada de trabajo (T_d): 480 min.

La jornada de trabajo es de 8 horas (480 min), cabe destacar en este caso fue tomado como una jornada de trabajo de (240min) ya que el sector de Boyaca III no está dividido por zonas y en este trabajo fue dividido en dos zonas de estudio como lo son Boyaca III zona Oeste Y Boyaca III zona Este.

Con estos valores se determina la eficiencia y rendimiento del servicio de recolección, 223 min por viaje aproximadamente arroja que en la jornada de trabajo se realiza un viaje diario para la zona de estudio puesto que una sola compactadora cubre todo el sector de Boyaca III.

4.3.11 Sistema Actual del Sitio de Disposición Final.

El sitio de disposición final como se nombró en capítulos anteriores es Cerro de Piedra una vez hecha la visita al sitio de disposición final concluimos que está conformado por un relleno sanitario al que descargan cinco Municipios como lo son: Bolívar, Sotillo, Urbaneja, Guanta y Piritu. Cabe destacar que a este sitio de disposición final también descargan desechos industriales como por ejemplo el

Complejo Criogénico de Oriente “JOSE”, los desechos generados por la comunidad en estudio es insignificante comparado con los residuos ingresados en este relleno sanitario.

Actualmente el relleno sanitario “Cerro de Piedra” cuenta con una estructura de control y supervisión, de operaciones administrado por la cooperativa construcciones y mantenimiento “CARU” desde el 22 de mayo de 2009 la cual es inspeccionada por la Mancomunidad del Aseo Urbano (MASUR) y la alcaldía del municipio Simón Bolívar.

El relleno sanitario de “Cerro de Piedra” se encuentra ubicado en el Asentamiento Campesino Barbacoas, Sector Cerro de Piedra, Parroquia San Cristóbal del Municipio Bolívar, Estado Anzoátegui, su acceso es desde la vía Barcelona-Anaco y la distancia entre el relleno sanitario y la ciudad de Barcelona es de 20 Km. aproximadamente. Este sitio de disposición final fue diseñado bajo todas las condiciones óptimas de ubicación fuera de la ciudad, su amplia capacidad física para albergar toneladas diarias de desechos y su gran potencial para ser desarrollado en el futuro le dan gran valor; por otra parte la proximidad de la locación con la ciudad permite el uso del relleno sanitario para varios municipios.

A continuación resaltaremos algunas de las características más notorias del sitio de disposición final “Cerro de Piedra”

- ✓ El principal acceso es por la vía Barcelona-Anaco más o menos 200 metros antes del peaje y el otro acceso es por la vía de Mesones.
- ✓ La ubicación relativa de la comunidad más cercana se encuentra al lindero Este.
- ✓ El nivel freático se encuentra a 12 mts de profundidad.

- ✓ La dirección del viento es de Este a Oeste
- ✓ Actualmente no posee drenajes para los lixiviados por ende no tiene ningún tipo de tratamiento.
- ✓ Posee un alto contenido de material de corte con óptimas propiedades para ser utilizado como material de cobertura.
- ✓ En la entrada del relleno sanitario cuenta con una balanza de pesaje (romana) para determinar qué cantidad de desechos entra al sitio e igualmente de una entrega de comprobante de residuos.
- ✓ Este sitio tampoco cuenta con tubos de venteo de gases (Fumarolas).
- ✓ La flota de equipos pesados está conformado por tres Bulldozer (D-8), un Patrol y un Payloader para cualquier actividad necesaria en el relleno sanitario y la adecuación de nuevas vías internas.
- ✓ La flota que equipo pesado es de forma permanente debido al volumen de material de desecho que ingresa al relleno sanitario. Por otra parte también son necesarios debido a las condiciones climáticas puesto que cuando hay presencia de lluvias el relleno sanitario colapsa.
- ✓ Según información suministrada por la cooperativa construcciones y mantenimiento “CARU” al relleno sanitario ingresa unas 500 a 600 toneladas diarias.
- ✓ Todo el cuerpo técnico y administrativo trabaja al 90% de su capacidad para evitar inconvenientes en el relleno sanitario.
- ✓ Cerro de piedra cuenta con una población de 340 recolectores esto incluye hombres, mujeres y niños. Dicha población es la encargada de los labores de segregación, clasificación y comercialización de los desechos sólidos para reciclaje.
- ✓ El método operativo dentro del relleno sanitario para cubrir los residuos depositados está determinado principalmente por la topografía del terreno.



Figura 4.10 **Equipo Empleado en Cerro de Piedra.**

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 4.11 **Zona de Descarga.**

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 4.12 Labores de los Recuperadores.

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 4.13 Descarga de la Compactadora.

4.3.12 Cantidad de los Desechos Sólidos Dispuestos

En la Tabla 4.4 se muestran los datos de la cantidad de desechos sólidos del Municipio Simón Bolívar depositado en el relleno sanitario luego que MASUR tomo el control de el período 22 de Mayo 2009 – Septiembre, año 2009.

Tabla 4.4 Total de Desechos Descargados en el Relleno Sanitario “Cerro de Piedra” Generados por el Municipio Simón Bolívar desde Mayo 2009.

ETAPA	PESO NETO (ton/mes)
22 al 31 de MAYO	455.114
JUNIO	1.334.416
JULIO	1.167.639
AGOSTO	1.680.576

Fuente: MASUR y Cooperativa “CARU”

Como se nota en la tabla 4.4 las descargas no son constantes debido a muchos factores uno de los factores más importantes es el clima. Este parámetro es un indicativo del equipo de operación que debe poseer dicho relleno para el tratamiento de las descargas de los desechos sólidos.

Los datos de los 4 primeros meses del año no fueron suministrados debida al cambio de administración. La cual estaba en dirección de la Cooperativa la tres “C” y “ASEAS”.

Composición de los desechos sólidos generados.

No se encontró ningún tipo de información estadística en ninguno de los órganos competentes locales acerca de los desechos generados por la comunidad

Boyaca III zona Este, de igual manera tampoco se encontró la información necesaria en el organismo gubernamental. Por lo tanto se discriminaron los componentes de la siguiente manera:

- ✓ Desperdicios de comida
- ✓ Textiles/Ropa
- ✓ Residuos de jardinería
- ✓ Metales
- ✓ Papel
- ✓ Tetra Pak
- ✓ Vidrios
- ✓ Madera
- ✓ Plástico
- ✓ Cartón
- ✓ Otros

Los resultados de los muestreos realizados en este trabajo pueden ser observados en la tabla 4.5 de distribución de pesos de la composición diaria de los residuos sólidos.

Tabla 4.5 Distribución de los Pesos de la Composición Diaria de los Residuos Sólidos en Boyaca III zona Este, Municipio Simón Bolívar, Estado Anzoátegui.

Muestreo de caracterización de los Desechos Sólidos						
	06 de octubre del 2009		07 de octubre del 2009		08 de octubre del 2009	
Categoría	Peso Clasificado (Kg)	Peso (%)	Peso Clasificado (Kg)	Peso (%)	Peso Clasificado (Kg)	Peso (%)
Desperdicio de comidas	37,2	35,25	31,9	31,69	35,6	34,31
Residuos de jardinería	9,8	9,29	7,9	7,85	8,7	8,38
Papel	17,4	16,49	18,2	18,08	16,9	16,29
Vidrio	12,7	12,04	13,4	13,31	14,7	14,17
Plástico	9,9	9,38	11,3	11,22	8,9	8,58
Aluminio	1,1	1,04	0,9	0,89	1,4	1,35
Textiles/ropa	0,3	0,28	0,15	0,15	0,23	0,22
Metales	5,9	5,59	6,6	6,56	7,2	6,94
Tetra pak	2,1	1,99	1,1	1,09	1,6	1,54
Madera	0,22	0,21	0,12	0,12	0,33	0,32
Otros	8,9	8,44	9,1	9,04	8,2	7,90
Peso total clasificado	105,52	100	100,67	100	103,76	100
Peso total de la muestra	107		102,3		105	
Diferencia	1,48		1,63		1,24	

Fuente: **Elaboración Propia.**

Cont. **Tabla 4.5**

Muestreo de caracterización de los Desechos Sólidos				
	09 de octubre del 2009		10 de octubre del 2009	
Categoría	Peso Clasificado (Kg)	Peso (%)	Peso Clasificado (Kg)	Peso (%)
Desperdicio de comidas	44,4	39,63	33,4	33,19
Residuos de jardinería	9,1	8,12	8,2	8,15
Papel	19,3	17,23	15,9	15,8
Vidrio	12,7	11,34	12,9	12,82
Plástico	10,2	9,1	9,5	9,44
Aluminio	0,7	0,62	1,2	1,19
Textiles/ropa	0,11	0,1	0,33	0,33
Metales	6,3	5,62	7,8	7,75
Tetra pak	1,4	1,25	1,9	1,89
Madera	0,13	0,12	0,11	0,11
Otros	7,7	6,87	9,4	9,33
Peso total clasificado	112,04	100	100,64	100
Peso total de la muestra	114		102,8	
Diferencia	1,96		2,16	

Fuente: **Elaboración Propia.**

Para cada uno de los componentes descrito en la tabla 4.5 se les determino los elementos estadísticos descritos a continuación.

Tabla 4.6 Elementos Estadísticos de los Desechos de Comida.

Categoría: Desperdicio de Comidas			
Prueba	$X_i(\text{Kg})$	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
1	37,2	0,7	0,49
2	31,9	-4,6	21,16
3	35,6	-0,9	0,81
4	44,4	7,9	62,41
5	33,4	-3,1	9,61
Σ total	182,5		94,48

Fuente: **Elaboración Propia.**Media: **36,5** Varianza: **23,62** Desviación estándar: **4,86**

Tabla 4.7 Elementos Estadísticos de los Residuos de Jardinería.

Categoría: Residuos de Jardinería.			
Prueba	$X_i(\text{Kg})$	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
1	9,8	1,06	1,12
2	7,9	-0,84	0,706
3	8,7	-0,04	0,002
4	9,1	0,36	0,13
5	8,2	-0,54	0,29
Σ total	43,7		2,248

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **8,74** Varianza: **0,562** Desviación estándar: **0,749**

Tabla 4.8 Elementos Estadísticos del Papel.

Categoría: Papel.			
Prueba	$X_i(\text{Kg})$	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
1	17,4	-0,14	0,0196
2	18,2	0,66	0,436
3	16,9	-0,64	0,409
4	19,3	1,76	3,098
5	15,9	-1,64	2,689
Σ total	87,7		6,65

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **17,54** Varianza: **1,663** Desviación estándar: **1,289**

Tabla 4.9 Elementos Estadísticos del vidrio.

Categoría: Vidrio.			
Prueba	$X_i(\text{Kg})$	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
1	12,7	-0,58	0,336
2	13,4	0,12	0,014

3	14,7	1,42	2,016
4	12,7	-0,58	0,336
5	12,9	-0,38	0,144
Σ total	66,4		2,846

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **13,28** Varianza: **0,712** Desviación estándar: **0,843**

Tabla 4.10 Elementos Estadísticos del Plástico.

Categoría: Plástico.			
Prueba	X_i(Kg)	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
1	9,9	-0,06	0,003
2	11,3	1,34	1,796
3	8,9	-1,06	1,124
4	10,2	0,24	0,058
5	9,5	-0,46	0,212
Σ total	49,8		3,193

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **9,96** Varianza: **0,798** Desviación estándar: **0,893**

Tabla 4.11 Elementos Estadísticos del Aluminio.

Categoría: Aluminio.			
Prueba	$X_i(\text{Kg})$	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
1	1,1	0,04	0,002
2	0,9	-0,16	0,256
3	1,4	0,34	0,116
4	0,7	-0,36	0,129
5	1,2	0,14	0,019
Σ total	5,3		0,522

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **1,06** Varianza: **0,131** Desviación estándar: **0,361**

Tabla 4.12 Elementos Estadísticos de los Textiles y Ropa.

Categoría: Textiles y Ropa.			
Prueba	$X_i(\text{Kg})$	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
1	0,3	0,076	0,0057
2	0,15	-0,074	0,0054
3	0,23	0,006	0
4	0,11	-0,114	0,0129
5	0,33	0,106	0,0112
Σ total	1,12		0,0352

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **0,224** Varianza: **0,0088** Desviación estándar: **0,0938**

Tabla 4.13 Elementos Estadísticos de los Metales.

Categoría: Metales.			
Prueba	X_i(Kg)	X_i - X	(X_i - X)²
1	5,9	-1,084	1,175
2	6,6	-0,384	0,147
3	7,2	0,216	0,047
4	6,3	-0,684	0,468
5	7,8	0,816	0,666
∑ total	34,92		2,503

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **6,984** Varianza: **0,626** Desviación estándar: **0,791**

Tabla 4.14 Elementos Estadísticos del Tetra Pak.

Categoría: Tetra Pak.			
Prueba	X_i(Kg)	X_i - X	(X_i - X)²
1	2,1	0,48	0,230

2	1,1	-0,52	0,270
3	1,6	-0.02	0
4	1,4	-0,22	0,048
5	1,9	0,28	0,078
Σ total	8,1		0,626

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **1,62** Varianza: **0,157** Desviación estándar: **0,397**

Tabla 4.15 **Elementos Estadísticos de la Madera.**

Categoría: Madera.			
Prueba	X_i(Kg)	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
1	0,22	0,038	0,0014
2	0,12	-0,062	0,0038
3	0,33	0,148	0,0219
4	0,13	-0,052	0,0027
5	0,11	-0,072	0,0052
Σ total	0,91		0,035

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **0,182** Varianza: **0,0087** Desviación estándar: **0,0935**

Tabla 4.16 Elementos Estadísticos de Otros.

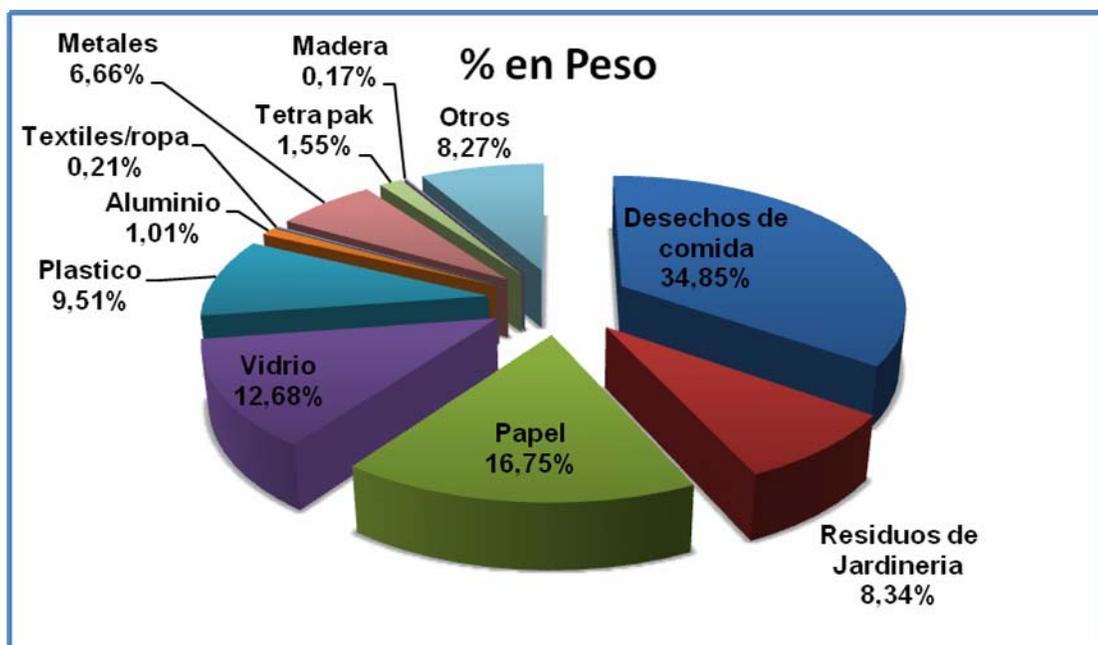
Categoría: Otros.			
Prueba	$X_i(\text{Kg})$	$X_i - X$	$(X_i - X)^2$
1	8,9	0,24	0,058
2	9,1	0,44	0,194
3	8,2	-0,46	0,212
4	7,7	-0,96	0,922
5	9,4	0,74	0,548
Σ total	43,3		1,934

Fuente: **Elaboración Propia.**

Media: **8,66** Varianza: **0,484** Desviación estándar: **0,695**

La varianza es indicativo que mientras más alta esta sea la generación de ellas puede variar notablemente, como por ejemplo, el caso de los desechos de comida, aun cuando el periodo de tiempo de estudio fue breve (cinco días). La varianza es un indicativo más, de que la generación de los componentes pertenecientes al flujo de desechos no se puede predecir debida a su variabilidad en el tiempo. La desviación standard solo representa la medida de dispersión de los datos con respecto a la media. No obstante, el valor de la media de cada componente se empleó para determinar el promedio de los porcentajes en peso generado durante los cinco días del programa de caracterización. Como se muestra en el siguiente grafico:

**Grafico 4.1 Composición Física Promedio de los Desechos Sólidos
Generados en el Área de Estudio.**



Fuente: **Elaboración Propia.**

Podemos notar en la tabla 4.5 que los desperdicios de comida varían desde un 31,9% a un 39,63% por el cual los desechos de comida representan un porcentaje en peso de 34,85%.



Figura 4.15 **Desechos de Comida.**

Fuente: **Elaboración Propia.**

Luego notamos en la misma tabla anteriormente nombrada que de igual manera observamos una variación en los porcentajes en los residuos de jardinería de 7,85% a un 9,29% este tipo de residuo es muy variante dependiendo de la estación del año. El porcentaje en peso de los residuos de jardinería arrojó un 8,34%.

Entre los metales se encontró, metales ferrosos (enlatados) y no ferrosos (aluminio) cabe destacar que el aluminio arrojó un porcentaje muy bajo debido a que los recolectores ambulantes extraen este componente por ser uno de los más vendidos en las empresas de reciclaje.



Figura 4.16 Desechos de Jardinería.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 4.17 Tetra Pak.

Fuente:

Elaboración



Propia.

Figura 4.18 Otros tipos de Desechos.

Fuente: **Elaboración Propia.**



Figura 4.19 **Metales.**Fuente: **Elaboración Propia.****4.4.1 Poder Calorífico**

Para el poder calorífico tenemos los siguientes valores basado en la tabla 3.4 y en el gráfico 4.1 obtenemos los siguientes valores:

Tabla 4.14 Valores Típicos y % en Peso de los Desechos Sólidos para Obtener el Valor Real del Poder Calorífico de los Desechos Generados por la Comunidad Boyaca III Zona Este.

Categoría	% en peso	Valor típico (Kca/Kg)	Poder calorífico (Kca/Kg)
Residuos de comida	34,85	700	24.395
Madera	0,17	4.500	765
Papel y cartón	16,75	2.500	41.875
Plástico	9,21	6.600	60.786
Textiles	0,51	3.400	1.734
Vidrio	12,68	0	0
Metales	6,66	0	0

Fuente: **Elaboración Propia.**

Notamos que de todas los componentes el más alto es el plástico con un valor típico de 6600 y un poder calorífico de 60786Kca/Kg.



Figura 4.20 **Plástico.**

Fuente: **Elaboración Propia.**

4.5 Diagramación

Consiste en desarrollar rutas de recorrido con la finalidad de llevar a cabo el trabajo de recolección con una menor cantidad de tiempo y recorrido. El sentido de circulación actual asumido por el chofer posee recorridos no productivos.

Para llevar a cabo el trabajo de diagramación se necesitan los siguientes datos:

- Lugar del garaje
- Lugar de disposición final
- Sentidos de circulación

- Hora de mayor cantidad de tránsito y situación de la congestión
- Topografía
- Vías servibles y vías no servibles
- Tipo de trazo de rutas.

En la ruta existente el camión compactador sale de MASUR y se viene por la Avenida Jorge Rodríguez antigua vía Intercomunal entrando a BOYACA por la avenida principal hasta llegar al sector en estudio, entra por la avenida principal de Boyaca III realiza una vuelta a la derecha para la avenida 2 luego cruza a la izquierda por la calle 3 de dicho sector y empieza el ciclo de recolección de basura de ambos lados y haciendo maniobras en retro para entrar a los estacionamiento luego a el final de la calle cruza a la izquierda por la avenida principal llega hasta el final y se devuelve dando una vuelta en “U” y recorriendo toda esa avenida recogiendo basura en las islas y acera luego al final de esta avenida se encuentra un colegio donde la comunidad lo tiene como punto para colocar la basura, después realiza otra vuelta en U y luego cruza a la izquierda entrando a la calle 9 haciendo el mismo trabajo que en la calle 3. Luego de salir de la calle 9 realiza una vuelta a la derecha entrando a la avenida 2 la recorre completa finalmente cruza a la izquierda y se va al relleno sanitario por la misma vía en la que llevo.

Esta ruta existente deja un registro de:

- Vueltas a la derecha = 2
- Vueltas a la izquierda= 4
- Vueltas en U = 2
- Recorridos improductivos= 3

Para el diseño de la nueva ruta tomamos en cuenta algunas reglas de trazado de rutas que propone el CEPIS.

- Evitar duplicaciones repeticiones y movimientos innecesarios
- La ruta debe contener menor número posibles de vueltas a la izquierda y a la redonda (en U) con el propósito de evitar pérdidas de tiempo al cargar, evitar riesgos al personal y minimizar la obstrucción del tránsito
- Debe comenzar lo más cerca del garaje y terminar lo más cerca del sitio de disposición, de manera de invertir el tiempo de acarreo

En la ruta propuesta en camión toma la Avenida Argimiro Gabaldon antigua vía alterna cruzando en la redonda entra por boyaca 2 y pasa por Boyaca VI hasta llegar a la avenida 2 de Boyaca III, zona Este sitio en estudio, recorre toda la avenida 2 recogiendo la basura de la isla y las aceras al final de esta avenida cruza a la derecha hacia la avenida principal de Boyaca luego cruza a la derecha recorriendo la misma avenida, después cruza a la derecha por la calle 7 sin entrar a los estacionamiento ya que en la propuesta recomendamos colocar container para facilitar la recolección y evitar las maniobras en retroceso. Luego da vuelta a la derecha recorre la avenida 2 cruza a la derecha nuevamente entrando a la calle 3 haciendo el mismo recorrido que la calle anterior al final de la calle cruza la derecha entra a la avenida principal la recorre hasta el final y cruza a la derecha para la calle 9 recorre toda la calle hasta el final de la calle cruza a la izquierda y se va por el mismo camino que por donde llega ya que el relleno sanitario esta por la misma vía que MASUR.

Esta ruta propuesta deja un registro de:

- Vueltas a la derecha = 7
- Vueltas a la izquierda= 1
- Recorridos improductivos= 2

Este tipo de rutas tanto la existente como la que fue diseñada, se muestran los anexos F y G, que representan el trazado de la ruta actual de recolección, y el trazado de la ruta propuesta.

Basándose en el criterio de diseño de rutas implantado por el CEPIS se aplico un diseño donde la ruta es del tipo Peine ya que en este sector no existe una alta densidad de población y también podemos decir que el otro tipo de ruta como es la de doble Peine se implanta más que todo en zonas comerciales.

4.6 Implantación y Evaluación de Rutas

Una vez desarrolladas las rutas de recorrido propuestas, se deberá adiestrar a los choferes de los vehículos en la simbolización de los esquemas de las rutas, tales como: comienzo de ruta, dirección del recorrido, paradas fijas, final de ruta, etc.

Dichas rutas pueden ser cumplidas con el itinerario y horario de recolección actual. Luego de implantadas las nuevas rutas, se evaluará su eficiencia y se efectuarán los ajustes requeridos.

Esta evaluación deberá realizarse periódicamente, puesto que siempre hay cambio en la producción de basura debido al proceso de urbanización, etc. Por este motivo, la instalación de una balanza en cada relleno sanitario es indispensable, ya que a través de su uso se pueden identificar las rutas con menos cargas y, a la vez, se les puede modificar para realizar cargas completas.

Asimismo, las actividades complementarias entre las que sobresalen: forma de operar el sistema compactador del camión recolector, procedimientos de carga y descarga según el tipo de vehículo. También es sumamente importante realizar

actividades apropiadas de relaciones públicas, a fin de lograr la mayor cooperación pública al cambio de ruta, horario, frecuencia, etc. Al público, oportunamente, se le debe ofrecer las informaciones necesarias a través de medidas convenientes.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado en la Zona Este de Boyaca III hemos concluido:
El problema de los desechos sólidos es de orden técnico, institucional y social.

- Los desechos sólidos son almacenados en su mayoría en bolsas plásticas, debido a que no existe un control de los recipientes destinados para el almacenamiento.
- Los desperdicios de comidas representaron la mayor parte de los desechos sólidos en la muestra estudiada.
- Mediante cuarteos, se determino que los desechos sólidos generados por la comunidad son del tipo Residencial, con una tasa de producción estimada es de 0,23 Kg/hab/día, situándose en unos valores muy bajos.
- Se obtuvo un contenido de humedad de 18,30 %, ya que el peso húmedo fue de 1.257 gr. y seco 1.027 gr.
- La comunidad no maneja información de los horarios establecidos por la empresa para la recolección de los desechos.
- Los trabajadores no cuentan con los implementos necesarios, (Cascos, Botas, Guantes y Tapabocas), además de no poseer ningún tipo de inducción por parte de la empresa para realizar este tipo de trabajo.

- El difícil acceso a ciertas partes de la comunidad como las veredas y estacionamientos, bien sea por lo angosto de la vía o el deterioro del pavimento, impide notablemente la mayor recolección en el Servicio de Aseo Domiciliario.
- La falta de un trazado de rutas por parte de la empresa hacia el conductor de la unidad que recorre el sector atrasa la recolección, ya que debido a recorridos improductivos se pierde mucho el tiempo.
- Debido al escaso conocimiento que tiene la comunidad sobre la problemática ambiental ocasionada por el mal manejo y disposición de los desechos sólidos, se hace necesario y urgente el establecimiento y funcionamiento de un Plan de Educación Ambiental que estimule a dicha comunidad en la mejora del ambiente y por ende de la calidad de vida.

5.2 RECOMENDACIONES

Para un buen manejo de los desechos sólidos debemos tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El ente competente encargado de la recolección de desechos sólidos debe promover campañas de concientización a la comunidad, para crear una cultura ambientalista en la población.
- Se deben publicar mediante campañas de concientización las posibles enfermedades ocasionadas por la mala práctica tanto en el manejo de los desechos como en la disposición de los mismos.

- El adiestramiento y el suministro de los implementos de trabajos son adecuados para que los trabajadores de la recolección consigan un servicio de mayor calidad y prevengan el accidente de las personas.
- La elaboración de un buen trazado de rutas garantiza a los equipos que realizan estos trabajos una vida útil más prolongada y disminuye el tiempo de recolección.
- Se debe promover y cumplir los horarios y las rutas de recolección establecidas, ya que los frecuentes cambios confunden a la población.
- En aquellas viviendas localizadas en los estacionamientos, es recomendable la colocación de containers en sitios específicos para facilitar el trabajo de recolección.
- Una vez terminado el recorrido de cada unidad recolectora, ésta debe pasar a limpieza y luego al abastecimiento de combustible. Cuando el conductor entregue el vehículo deberá presentar un breve informe explicando las anomalías notadas en el recorrido con el fin de que se hagan las respectivas correcciones.
- Crear un organismo que otorgue créditos y ayudas económicas a empresas y cooperativas en formación, con el fin de sembrar en ellas la responsabilidad e interés en el manejo de los desechos sólidos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Lara, M.; Lusinchi, L. y Marengo, O.** “Diagnóstico del Sistema de Recolección, Manejo y Disposición de los Desechos Sólidos Generados por la Comunidad de Cantaura (Municipio Freites – Estado Anzoátegui)”. **Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente – Núcleo Anzoátegui. Puerto La Cruz. (1992).**
2. **León, H. y Tovar, M.** “Planificación de la Recolección de la Basura Urbana”. **Trabajo de Grado, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente – Núcleo Anzoátegui. Puerto La Cruz. (1999).**
3. “Ley de Residuos y Desechos Sólidos”. **Gaceta Oficial N° 38.068. Caracas. (2004).**
4. **Davis, M.L. y Cornwell, D.A.** “Introduction to Environmental Engineering”. Tercera Edición. **McGrawHill. New York. (1998).**
5. **Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. División de Salud y Ambiente.** “*Análisis Sectorial de Residuos Sólidos de Venezuela*”. **Venezuela, Junio 2000.**
6. **Barreto, Wagner.** Manejo y Disposición de Desechos Sólidos. **Áreas de grado 1980.**
7. **Tchobanoglous, G. Theisen, H y Vigil S.** “Gestión Integral de Residuos Sólidos Volumen I”. **McGrawHill. España. (1994).**

8. **Ghanem, A.** “Curso de Ingeniería Ambiental”. **Curso didáctico, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente – Núcleo Anzoátegui. Puerto La Cruz. (2003).**
9. **Tchobanoglous, G. Theisen, H. Y Eliassen, R.** “SOLID WASTES” **McGrawHill New York (1979).**
10. “Controle Gerencial na privatização dos serviços de coleta de lixo”, **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, (CEPIS).**
11. “Departamento de control de residuos sólidos, roedores, plaguicidas”, **Dirección General de Malariología y Saneamiento Ambiental, Maracay (1986).**
12. “Diseño de las rutas de recolección de residuos sólidos”, **Centro Panamericano de Ingeniería sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), (1980).**
13. “Equipos de recolección”, **Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS).**
14. **República Bolivariana de Venezuela. (1999).** Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.
15. **Congreso de la República de Venezuela. (1982).** Decreto 2216. Normas para el manejo de los desechos sólidos de origen doméstico, comercial, industrial, o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos. **Disponible:** www.adan.org.ve/documentacion/download/doc3.doc.

16. **Organización Panamericana Sanitaria (OPS)**. “Situación Actual de los Residuos Sólidos en Latinoamérica y el Caribe”. **OMS Washington USA. (1991)**.
17. “Eliminación de residuos sólidos urbanos”, **Ministerio del Medio Ambiente, Francia**.
18. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.318, **Caracas (1.999)**
19. “Ingeniería Ambiental y Medio Ambiente” (2000). **Disponible:** www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/residuos.html. **[Consulta febrero de 2009]**.
20. “Gestión de los residuos sólidos” (1987). **Disponible:** www.adan.org.ve/mirs.php. **[Consulta Febrero de 2009]**.
21. Turismo del Estado Anzoátegui. **Disponible:** <http://www.une.edu.ve/turismo/escuela/geografia/estados/anzoategui.htm> **[Consulta Abril, 2009]**
22. Gobernación del Estado Anzoátegui. **Disponible:** <http://simonbolivaranzoategui.gov.ve/portallalcaldas/sharedfiles/23/municipio-MapadelMunicipioBolivar.jpg>. **[Consulta Marzo, 2009]**
23. **Congreso de la República de Venezuela. (1989)** Ley Orgánica de Régimen Municipal. **Disponible:** www.fundelec.org.ve/Grafico/documentos/legales/loregmun.pdf. **[consulta Mayo, 2009]**
24. Instituto Nacional de Estadística. **Disponible:** <http://www.ine.gob.ve> **[consulta Marzo, 2009]**

25. Gobernación del Estado Anzoátegui. **Disponible:**
http://www.opds.gba.gov.ar/uploaded/File/Residuos/1%5B1%5D.residuos_web.pdf. [Consulta Marzo, 2009]
26. **Organización Panamericana Sanitaria (OPS)**. “Situación Actual de los Residuos Sólidos en Latinoamérica y el Caribe”. **OMS Washintong USA. (1991)**.
27. **Bartolucci, A.** Tabla distribución normal estándar. **Disponible:**
http://espanol.goecites.com/angelbartolucci/estadistica/tabla_normal_s.htm. [Consulta 2009, Noviembre].
28. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.418, **Caracas (1.992)**.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

TÍTULO	“DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN, MANEJO Y DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS POR LA COMUNIDAD “BOYACÁ III ZONA ESTE”, MUNICIPIO SIMÓN BOLÍVAR, ESTADO ANZOÁTEGUI”
SUBTÍTULO	

AUTOR (ES):

APELLIDOS Y NOMBRES	CÓDIGO CULAC / E MAIL
DOUGLAS J. ESTABA G.	CVLAC:15.417.923 E MAIL: caciqueh20@hotmail.com
JOSUE B. SALAZAR E.	CVLAC:17.734.293 E MAIL: chosue@hotmail.com

PALÁBRAS O FRASES CLAVES:**Recolección****Desechos Sólidos****Población**

Generación**Diagnostico****METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:**

ÀREA	SUBÀREA
Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Civil

RESUMEN (ABSTRACT):

Los desechos sólidos constituye un problema ambiental de gran repercusión para la comunidad Boyacá III zona Este, por los altos volúmenes que ocasionan, su deficiente manejo y el grado de afectación a las personas y al ambiente. El estudio se basó principalmente en analizar y evaluar el actual sistema de recolección y disposición final de los desechos que se generan en dichas comunidades.

Este trabajo consta de varias etapas en la cual podemos describir una de ellas como es el estudio de la composición física de los desechos sólidos generados por dicha comunidad, esta etapa consta en discriminar una a una los componentes más relevantes como lo son: el papel, plástico, vidrio, madera, desechos de comidas, etc. Estas cantidades vienen de una muestra representativa. También se realizo el estudio de rutas existente en la cual se observo durante una semana al equipo y personal recolector, tomando el tiempo de recolección para luego realizar el trazado de rutas más adecuado. Cabe destacar que el diseño de rutas está basado a partir del método del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS, 1998).

Es importante tener en cuenta que la cantidad de residuos no depende únicamente del número de habitantes de una población sino que está relacionada con otros factores como son el proceso de urbanización, patrones de

consumo, prácticas culturales de manejo del residuo, ingresos, uso de tecnologías y desarrollo industrial.

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

CONTRIBUIDORES

APELLIDOS Y NOMBRES	ROL / CÓDIGO CVLAC / E_MAIL				
Ing. Belkys Sebastiani	ROL	CA	AS	TU X	JU
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ing. Hilda Morales	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				
Ing. Jesus Moreno	ROL	CA	AS	TU	JU X
	CVLAC:				
	E_MAIL				
	E_MAIL				

FECHA DE DISCUSIÓN Y APROBACIÓN:

<u>2010</u>	<u>01</u>	<u>12</u>
AÑO	MES	DÍA

LENGUAJE: SPA

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

ARCHIVO (S):

NOMBRE DE ARCHIVO	TIPO MIME
Tesis Ing. Civil Recolección de Desechos	Application/msword

CARACTERES EN LOS NOMBRES DE LOS ARCHIVOS: A B C D E F
 G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z. a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t
 u v w x y z. 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9.

ESPACIAL: _____ (OPCIONAL)

TEMPORAL: _____ (OPCIONAL)

TÍTULO O GRADO ASOCIADO CON EL TRABAJO

Ingeniero Civil

NIVEL ASOCIADO CON EL TRABAJO:

Pre-Grado

ÁREA DE ESTUDIO:

Departamento de Ingeniería Civil

INSTITUCIÓN:

Universidad de Oriente Núcleo de Anzoátegui

METADATOS PARA TRABAJOS DE GRADO, TESIS Y ASCENSO:

DERECHOS:

“Los Trabajos de Grado son de Exclusiva Propiedad de la Universidad de Oriente y Solo Podrán ser Utilizados para Otros Fines con el Consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, el Cual Participara al Consejo Universitario”.

Douglas J. Estaba G.

AUTOR

Josué B. Salazar E.

AUTOR

Belkys Sebastiani

TUTOR

Hilda Morales

JURADO

Jesús Moreno

JURADO

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS