



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES  
DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD QUETZAL, SAN JUAN  
SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

**Hamilton Eliasib Chicohay Mejía**  
Asesorado por el MSc. Ing. Manuel Alberto Avila

Guatemala, febrero de 2014



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES  
DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD QUETZAL, SAN JUAN  
SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HAMILTON ELIASIB CHICOHAY MEJÍA**  
ASESORADO POR EL MSC. ING. MANUEL ALBERTO AVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2014



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Veliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Crecencio Benjamín Cifuentes Velásquez
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD QUETZAL, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 21 de octubre de 2011.

  
**Hamilton Eliasib Chichohay Mejía**





Guatemala, 12 de Julio de 2,013

Ingeniero  
Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Jefe del departamento de Hidráulica  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Guatemala

Respetado ingeniero:

Me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado **“CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD QUETZAL, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**. Elaborado por el estudiante universitario **Hamilton Eliasib Chicohay Mejía**, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo desarrollado por el estudiante **Chicohay Mejía**, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención de la presente

Atentamente



M.Sc. Ing. Manuel Alberto Avila  
Col. 6371  
MANUEL A. AVILA  
INGENIERO CIVIL  
COLEGIADO 6371





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Guatemala, Escuela de Ingeniería Civil  
 11 de septiembre de 2013

Ingeniero  
 Hugo Leonel Montenegro Franco  
 Director Escuela Ingeniería Civil  
 Facultad de Ingeniería  
 Universidad de San Carlos

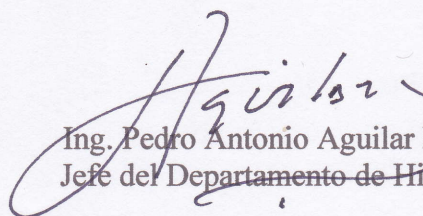
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD QUETZAL, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Hamilton Eliasib Chicohay Mejía, quien contó con la asesoría del M.Sc. Ing. Manuel Alberto Avila.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y representa un aporte para el departamento y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
 Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
 Jefe del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 HIDRAULICA  
 USAC

/bbdeb.  
 Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua







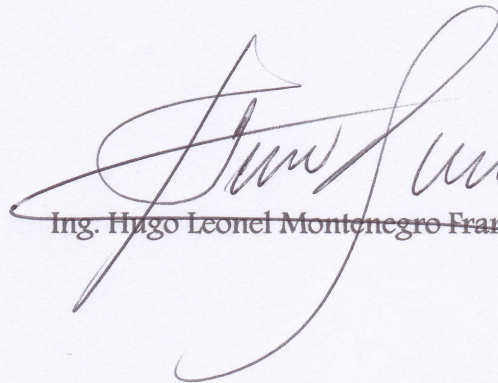
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alberto Avila y del Jefe del Departamento de Hidráulica, Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco, al trabajo de graduación del estudiante Hamilton Eliasib Chicohay Mejía, titulado CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD QUETZAL, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero 2014.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 080.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD QUETZAL, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Hamilton Eliasib Chicohay Mejía**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 24 de febrero de 2014

/gdech







## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Jorge Humberto Chicohay Morales  
Norma Elizabeth Mejía Alay

### **Mis hermanos**

Caleb Mihai Chicohay Mejía  
Sarah Elizabeth Chicohay Mejía  
Ludwing Isaac Chicohay Mejía

.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por iluminarme a lo largo de mi vida, por protegerme y guiarme hacia el camino del éxito.
- Mis padres** Jorge Humberto Chicohay Morales y Norma Elizabeth Mejía Alay, por todos los sacrificios y esfuerzos que realizaron para forjarme en la vida con su amor y comprensión, que han hecho de mí lo que soy, todo se los debo a ustedes, los amo más que a nada en esta vida.
- Tía Lorena Mejía** Por ser un ejemplo en mi vida y darme cuenta que a pesar de las adversidades con carácter y determinación se alcanza el éxito.
- Tío Raúl Pereira** Por darme la oportunidad de adquirir conocimientos en el mundo de la ingeniería fuera de las aulas.
- Ing. Manuel Ávila** Por brindarme su apoyo y conocimientos en el desarrollo de este trabajo.
- Amigos** Edvin Valenzuela, Alberto Fajardo, Cindy, Leslie, Susana, Juan Pablo, Mynor, Walter, Renata, Carlos, Ana Beatriz y Mario Zea.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. HISTORIA.....	1
1.1. Generación de residuos a través de la historia.....	1
1.2. Variaciones en la composición y generación de los residuos.....	6
1.3. Definiciones de residuos.....	10
2. ASPECTOS SANITARIOS.....	13
2.1. Contaminación.....	14
2.1.1. Contaminación biótica.....	14
2.1.2. Contaminación química.....	17
2.1.3. Contaminación atmosférica.....	19
2.1.4. Producción de olores.....	20
2.2. Vectores relacionados.....	20
2.2.1. Tipos de vectores.....	21
2.2.1.1. Artrópodos.....	21
2.2.1.2. Múridos.....	22
2.2.2. Tratamientos.....	22
2.2.2.1. Desinsectación.....	23
2.2.2.2. Desratización.....	24

3.	ORIGEN, COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS	
	SÓLIDOS .....	25
3.1.	Composición de los residuos sólidos .....	25
3.2.1.	Materia orgánica .....	26
3.2.2.	Materia inorgánica .....	26
3.2.	Características de los residuos.....	26
3.2.1.	Peso.....	27
3.2.2.	Volumen.....	27
3.2.3.	Densidad.....	27
3.3.	Clasificación por origen.....	28
3.3.1.	Residuos domésticos y comerciales .....	28
3.3.2.	Residuos institucionales.....	30
3.3.3.	Residuos de la construcción y demolición .....	30
3.3.4.	Residuos de los servicios municipales.....	30
3.3.5.	Residuos de plantas de tratamiento y otros residuos .....	31
3.3.6.	Residuos industriales .....	31
3.3.7.	Residuos agrícolas .....	35
3.4.	Clasificación por tipo de manejo .....	36
3.4.1.	Residuos peligrosos.....	36
3.4.2.	Residuos no peligrosos.....	36
3.4.3.	Residuos inertes .....	36
3.5.	Propiedades de los residuos sólidos.....	37
3.5.1.	Propiedades físicas.....	37
3.5.1.1.	Peso específico.....	37
3.5.1.2.	Contenido de humedad.....	37
3.5.1.3.	Tamaño de la partícula.....	38
3.5.1.4.	Capacidad de campo .....	38
3.5.1.5.	Permeabilidad .....	38
3.5.2.	Propiedades químicas .....	39

3.5.2.1.	Punto de fusión de las cenizas .....	39
3.5.2.2.	Análisis elemental de los componentes de residuos sólidos .....	40
3.5.2.3.	Contenido energético .....	40
3.5.2.4.	Nutrientes esenciales y otros elementos .....	40
3.5.3.	Propiedades biológicas .....	40
3.5.3.1.	Biodegradabilidad de los componentes orgánicos .....	41
3.5.3.2.	Producción de olores .....	42
3.6.	Generación de residuos sólidos .....	42
3.6.1.	Producción por habitantes .....	43
3.7.	Ciclo de los residuos sólidos domiciliarios .....	43
3.7.1.	Generación de residuos sólidos domiciliarios .....	44
3.7.2.	Gestión de los desechos sólidos domiciliarios .....	44
4.	GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	45
4.1.	Tasas de generación y recolección de residuos sólidos .....	45
4.1.1.	Importancia de las cantidades .....	45
4.1.2.	Medidas y métodos utilizados para valorar .....	46
4.1.2.1.	Análisis del número de cargas .....	47
4.1.2.2.	Análisis peso volumen .....	47
4.1.2.3.	Análisis de balance de masas .....	47
4.1.2.4.	Análisis estadístico de cantidades medidas de residuos .....	49
4.1.3.	Tasas de generación y recolección de residuos sólidos ...	50
4.1.3.1.	Tasas de generación .....	50
4.1.3.2.	Tasas de recolección de residuos sólidos .....	52
4.1.3.3.	Variaciones en las tasas de generación y recolección .....	53

4.1.4.	Factores que afectan a las tasas de generación de residuos .....	53
4.1.4.1.	Reducción en origen .....	53
4.1.4.2.	Actitudes públicas y legislación .....	54
4.1.4.3.	Factores físicos y geográficos.....	54
4.1.5.	Cantidad de materiales recuperados de residuos sólidos domésticos.....	55
4.1.6.	Cantidades de residuos sólidos domésticos peligrosos ....	56
4.1.7.	Estudio de caracterización y desviación de residuos.....	58
4.1.7.1.	Valoración de las desviaciones actuales de residuos.....	59
4.1.7.2.	Análisis del total de residuos generados y desviados .....	60
4.2.	Manipulación y separación, almacenamiento y procesamiento en origen.....	61
4.2.1.	Manipulación y separación de residuos sólidos en origen.....	61
4.2.2.	Manipulación y separación de residuos sólidos en viviendas residenciales .....	64
4.2.3.	Almacenamiento de residuos sólidos en origen.....	65
4.2.3.1.	Efectos del almacenamiento sobre los componentes de los residuos.....	66
4.2.3.2.	Tipos de contenedores.....	66
4.2.3.3.	Lugares para almacenamiento de contenedores .....	67
4.2.3.4.	Salud pública.....	67
4.2.4.	Procesamiento de residuos sólidos en viviendas residenciales .....	68
4.3.	Recolección de residuos sólidos.....	68



4.3.1.	Prerecolección .....	68
4.3.2.	Recolección de los residuos sólidos.....	69
4.3.3.	Tipos de sistemas de recolección, equipamiento y necesidades de personal. ....	69
4.4.	Separación, procesamiento y transformación de residuos sólidos.....	70
4.4.1.	Posibilidad de reutilización y reciclaje de materiales residuales.....	70
4.4.1.1.	Reciclaje de vidrio .....	72
4.4.1.2.	Reciclaje de papel .....	73
4.4.1.3.	Reciclaje de plástico.....	74
4.4.1.4.	Reciclaje de metales .....	75
4.4.1.5.	Compostaje .....	76
4.4.2.	Procesos unitarios utilizados para la separación y el procesamiento de materiales residuales .....	77
4.5.	Transferencia y transporte .....	78
4.5.1.	Tipos de estaciones de transferencia.....	78
4.5.2.	Medios y métodos de transporte .....	79
4.6.	Disposición final de los residuos sólidos .....	80
4.6.1.	Vertederos controlados .....	80
4.6.2.	Clasificación de los rellenos sanitarios.....	83
4.6.2.1.	Vertedero semicontrolado.....	84
4.6.2.2.	Relleno sanitario manual .....	84
4.6.2.3.	Relleno sanitario semimecanizado .....	85
4.6.2.4.	Relleno sanitario mecanizado.....	86
4.6.2.5.	Métodos de construcción y operación de un relleno sanitario .....	87
4.6.2.6.	Método de trinchera o zanja .....	88
4.6.2.7.	Método de área .....	88

4.6.3.	Consecuencias de los vertederos controlados.....	89
4.6.4.	Diseño y trazado preliminar de un relleno sanitario .....	90
4.6.4.1.	Consideraciones en la selección del sitio para la construcción de un relleno sanitario .....	90
4.6.4.2.	Distancias para la disposición final de los residuos sólidos municipales.....	91
4.6.4.3.	Vías de acceso.....	91
4.6.4.4.	Área disponible del terreno .....	92
4.6.4.5.	Topografía .....	92
4.6.4.6.	Condiciones geológicas e hidrogeológicas .....	92
4.6.5.	Clausura de vertederos y mantenimiento posclausura .....	93
4.6.5.1.	Divulgación de la clausura .....	93
4.6.5.2.	Clausura del relleno sanitario.....	94
4.6.5.3.	Uso futuro del botadero clausurado .....	95
5.	CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD QUETZAL, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.....	97
5.1.	Características generales del municipio .....	97
5.1.1.	Aspectos topográficos.....	98
5.1.2.	Clima.....	98
5.1.3.	Ubicación geográfica .....	99
5.1.4.	Colonia La Trinidad.....	100
5.2.	Densidad poblacional del municipio y de la colonia La Trinidad ..	101
5.3.	Viviendas en la colonia La Trinidad .....	102
5.4.	Aspectos de salud en Ciudad Quetzal.....	103
5.5.	Situación actual de los desechos sólidos.....	103
5.5.1.	Recolección .....	104
5.5.2.	Manejo y transporte .....	104

5.5.3.	Disposición final .....	105
5.6.	Cálculo del número de muestras o viviendas a evaluar .....	105
5.7.	Procedimiento para recolección de datos y muestreo.....	107
5.7.1.	Toma de muestras de la composición física.....	109
5.8.	Cálculo de la densidad .....	110
5.9.	Análisis de la composición física de los desechos .....	112
5.10.	Resultados obtenidos.....	115
5.10.1.	Resultados de la encuesta .....	115
5.11.	Resultados de la caracterización de los desechos sólidos.....	125
5.11.1.	Generación per cápita en la colonia La Trinidad .....	125
5.11.2.	Densidades orgánicas e inorgánicas.....	128
5.11.3.	Resultado de los porcentajes luego de la caracterización de los desechos sólidos .....	128
5.11.4.	Proyección de volumen de desechos sólidos para el 2032 .....	130
6.	PROPUESTA Y RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.....	131
6.1.	El manejo de los desechos sólidos .....	131
6.2.	Recolección de los desechos sólidos.....	133
6.3.	Separación y reciclaje de los desechos sólidos .....	134
6.4.	Vertedero actual y propuesta de mejoramiento.....	134
6.5.	Propuesta para un relleno sanitario .....	135
	CONCLUSIONES .....	139
	RECOMENDACIONES.....	141
	BIBLIOGRAFÍA .....	143
	APÉNDICES.....	145



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Composición por volumen de los residuos sólidos municipales compactados de Tegucigalpa. JICA 1998 .....	9
2.	Designación de códigos utilizados para varios tipos de plásticos.....	28
3.	Esquema para el análisis del balance de materiales utilizados para determinar las tasas de generación de residuos sólidos .....	48
4.	Guatemala: composición de los residuos y desechos orgánicos 2009 (por ciento).....	49
5.	Clasificación de residuos sólidos GTC-24 (guía técnica colombiana) .....	62
6.	Clasificación de residuos sólidos según Decreto 2676-2000 Colombia.....	63
7.	Vista en sección de un relleno sanitario.....	81
8.	Operación de un relleno sanitario .....	83
9.	Clausura de un relleno sanitario .....	96
10.	Mapa del municipio de San Juan Sacatepéquez .....	99
11.	Distribución de colonias de Ciudad Quetzal .....	100
12.	Vista de la colonia La Trinidad .....	101
13.	Incineración de desechos en callejones de la colonia La Trinidad.....	104
14.	Método de cuarteto de los desechos sólidos .....	110
15.	Recipiente para la medición del volumen de los desechos sólidos.....	111
16.	Medición de volumen de los residuos sólidos domiciliarios .....	111
17.	Primer montón de desechos sólidos, método del cuarteto .....	113
18.	Proceso de cuarteo de desechos sólidos .....	114

19.	Separación y pesaje de desechos sólidos .....	114
20.	Población femenina según su edad en la colonia La trinidad .....	116
21.	Población masculina según su edad en la colonia La trinidad .....	117
22.	Distribución de la propiedad domiciliar en la colonia La Trinidad .....	118
23.	Servicio de recolección de residuos en la colonia La Trinidad .....	118
24.	Viviendas que no reciben servicio de recolección .....	119
25.	Conocimiento del destino final de los desechos .....	120
26.	¿Sabe lo que es el reciclaje?.....	120
27.	Materiales que pueden reutilizarse.....	121
28.	¿Piensa usted que la basura puede causar impacto negativo a su salud?.....	122
29.	¿Ha padecido alguna de estas enfermedades? .....	123
30.	¿Estaría dispuesto a separar los residuos, para facilitar el reciclaje? .....	123
31.	Distribución por estrato socioeconómico .....	124
32.	Variación de la generación per cápita por vivienda .....	127
33.	Composición física de los desechos sólidos domiciliars en la colonia La Trinidad .....	129
34.	Proyección de la generación de desechos sólidos domiciliars para el año 2032.....	130

## TABLAS

I.	Composición media de los residuos sólidos municipales en Costa Rica, su poder calorífico y nivel de humedad .....	7
II.	Composición típica de los residuos sólidos domiciliars en el distrito de Panamá.....	8
III.	Comparación de datos en cuanto a las fracciones de los residuos municipales.....	10

IV. Patógenos que pueden encontrarse en los residuos sólidos y las enfermedades que pueden causar .....	16
V. Característica del lixiviado procedente de eras de compostaje y balsa de lixiviado de una planta de recuperación y compostaje de residuos sólidos urbanos .....	18
VI. Clasificación industrial estandarizada (SIC) de residuos sólidos .....	31
VII. Análisis orgánico de los residuos urbanos.....	41
VIII. Sugerencia de las unidades de expresión para las cantidades de residuos sólidos .....	46
IX. Estimación de la composición de la basura domiciliar por departamentos en Guatemala.....	51
X. Estimaciones de las cantidades de materiales recuperados para el reciclaje en Estados Unidos en 1992 .....	55
XI. Tonelaje anual estimado de residuos domésticos especificados peligrosos en los residuos sólidos de California .....	57
XII. Criterios utilizados para clasificar los residuos peligrosos encontrados en los residuos sólidos domésticos respecto a su toxicidad.....	57
XIII. Personas responsables, equipamiento auxiliar utilizado, manipulación y separación de residuos sólidos en origen .....	64
XIV. Usos para los materiales que son recuperados de los residuos sólidos domiciliarios .....	71
XV. Procesos e instalaciones unitarios utilizados comúnmente para la separación y procesamiento de los residuos sólidos urbanos separados y no seleccionados.....	77
XVI. Viviendas en la colonia La Trinidad .....	102
XVII. Distribución de las edades en la población femenina de la colonia La Trinidad.....	116

XVIII. Distribución de las edades en la población masculina de la colonia La Trinidad .....	117
XIX. Resultados de la clasificación de estratos socioeconómicos de la colonia La Trinidad, Ciudad Quetzal, San Juan Sacatepéquez.....	125
XX. Producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios de la colonia La Trinidad .....	126
XXI. Densidades orgánicas e inorgánicas de la colonia La Trinidad.....	128
XXII. Porcentajes de desechos sólidos caracterizados en la colonia La Trinidad.....	129
XXIII. Propuesta de clasificación en origen para la colonia La Trinidad .....	132
XXIV. Parámetros de diseño de un relleno sanitario .....	136



## **GLOSARIO**

<b>Basura</b>	Es todo residuo sólido o semisólido, que es descartado por las actividades de los seres humanos, con excepción de excretas.
<b>Compost</b>	Es el material que se genera a partir de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos y sirve como estabilizador del suelo agrícola, parques y jardines y recuperación de tierras no fértiles.
<b>Contaminación</b>	Es la alteración nociva del estado natural de un medio como consecuencia de la introducción de un agente totalmente ajeno a ese medio, causando inestabilidad, desorden, daño o malestar en un medio físico o en un ser vivo.
<b>Desecho</b>	Es cualquier producto deficiente, inservible o inutilizado que su poseedor destina al abandono y del cual quiere desprenderse.
<b>Desecho sólido</b>	Es el conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tiene utilidad práctica o valor comercial para la persona o actividad que los genera.

<b>Desecho sólido combustible</b>	Es aquel que arde en presencia de oxígeno, por acción de una chispa o de cualquier otra fuente de ignición.
<b>Desecho sólido domiciliario</b>	Es aquel que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen es generado en actividades realizadas en viviendas.
<b>Desecho sólido inflamable</b>	Es aquel que puede arder espontáneamente en condiciones normales.
<b>Desecho sólido municipal</b>	Materiales que han sido descartados por las actividades humanas, actividades industriales y actividades comerciales, excluyéndose todos aquellos que por su naturaleza u origen estén catalogados como especiales, peligrosos y hospitalarios.
<b>Desinsectación</b>	Se refiere al conjunto de técnicas y métodos dirigidos a prevenir y controlar la presencia de ciertas especies de artrópodos nocivos en un hábitat determinado.
<b>Desratización</b>	Acción por la cual se trata de eliminar las ratas y ratones de un ambiente determinado. Para esto se emplean diferentes técnicas (pasiva y activa).

<b>Detritus</b>	Son residuos, generalmente sólidos permanentes, que provienen de la descomposición de fuentes orgánicas (vegetales y animales).
<b>Eucariota</b>	Organismos celulares que poseen núcleo definido.
<b>Geología</b>	Ciencia que estudio la composición, estructura y evolución de la tierra.
<b>Hidrología</b>	Ciencia natural que estudia el agua, ocurrencia, y distribución en la superficie terrestre.
<b>Las 3 “R”</b>	Es la estrategia del reciclaje para el tratamiento de residuos (reducir, reusar y reciclar)
<b>Limpieza urbana</b>	Es el mantenimiento de la ciudad en lo que respecta al barrido de calles, plazas, áreas públicas, contribuyendo al ornato de la misma.
<b>Patógeno</b>	Es aquel elemento o medio capaz de producir algún tipo de enfermedad o daño en el cuerpo de un animal, ser humano o a un vegetal, cuyas condiciones sean adecuadas.
<b>Producción per cápita</b>	Es la generación de residuos sólidos expresada en kilogramos por habitante por día.

<b>Reciclaje</b>	Es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o producto, ya utilizado, a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto.
<b>Reducir</b>	Es el conjunto de medidas destinadas a reducir la producción de residuos sólidos domiciliarios.
<b>Reusar</b>	Acciones que permiten el volver a usar un producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente.
<b>Relleno sanitario</b>	Es la técnica que consiste en espaciar los desechos, acomodarlos y compactarlos al volumen más práctico posible, cubriéndolos diariamente con un material de relleno y así ejercer los controles requeridos.
<b>Residuo sólido inorgánico</b>	Son los desechos sólidos no biodegradables, como por ejemplo: vidrio, metal, plástico, etc.
<b>Residuo sólido orgánico</b>	Son los desechos sólidos que pueden fermentarse, por ejemplo: cascaras de fruta, estiércol, malezas, etc.

**Tratamiento**

Es el proceso de transformación física, química o biológica de los residuos sólidos para modificar sus características o aprovechar su potencial y en el cual se puede generar un nuevo residuo sólido de características diferentes.

**Vectores**

Son los organismos capaces de portar y transmitir un agente infeccioso.



## **RESUMEN**

Debido al aumento de la población mundial a través de la historia, igualmente aumentaron los residuos sólidos. Resultado de esto, los animales rastreros como las ratas obtuvieron un lugar donde podían obtener alimento de fácil acceso, reproduciéndose hasta convertirse en un peligro a la salud, siendo el caso de la peste bubónica, que afectó a Europa en el siglo XIV. Las medidas de prevención fueron desarrollándose como resultado de las enfermedades y de las muertes que causaban.

Se fueron creando métodos que permitían el manejo adecuado para mitigar el impacto ambiental y principalmente el impacto a la salud humana. Después de la II guerra mundial, en Estados Unidos, se implementaron los rellenos sanitarios. Esta técnica es propiamente una obra de ingeniería, por lo cual lleva un control de los sub productos de los residuos sólidos. Para que el relleno sanitario sea efectivo, se debe conocer la composición física, es decir, la clase de materiales que lo constituyen y las cantidades en que se presentan.

El presente estudio detalla los diferentes tipos de residuos, sus componentes principales, su clasificación, las características que deben tomarse en cuenta para una gestión integral, así como las consecuencias de un mal manejo. Se describe el método utilizado para conocer la producción per cápita y las características físicas de los residuos sólidos producidos en la colonia La Trinidad, Ciudad Quetzal, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

Como paso inicial al estudio, se delimitó el área y se obtuvo la población, según los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), el clima, la posición socioeconómica, los servicios y la actividad económica, ya que se depende de estos parámetros para identificar las tendencias de generación de desechos

Se realizó una muestra representativa de la población, la cual refleja la situación actual de las características principales para el manejo de los residuos. Previo al estudio, una encuesta reveló datos socioeconómicos tales como la distribución de las edades según su género, adquisición de propiedades, conocimiento de reciclaje y la actitud hacia el mejoramiento de la situación actual de los residuos.

Se midieron los componentes físicos de los residuos con la ayuda de los vecinos, quienes separaron previamente los desechos sólidos orgánicos de los inorgánicos, se realizaron las mediciones 3 veces por semana, en un periodo de un mes, en los días previos a la recolección del servicio privado, revelando con esto las cantidades de generación per cápita y sus variaciones. En datos adicionales: se pudo observar la situación actual, es decir, la cantidad de vecinos que pagan el servicio de recolección y la cantidad de vecinos que incineran los desechos o los deposita en lugares que no son apropiados.

La investigación reveló que se producen aproximadamente 0.27 kg/hab/día de desechos, de los cuales el 66.28% son de tipo orgánico y el 33.72% son inorgánicos, con una densidad suelta de 191.91 kg/m<sup>3</sup> y 58.98 kg/m<sup>3</sup> compactada, respectivamente, estas cantidades son típicas de los países en desarrollo. El área se ubicó en un nivel socioeconómico medio bajo.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Caracterización de los desechos sólidos domiciliarios de la colonia La Trinidad, Ciudad Quetzal, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

### **Específicos**

1. Estimar las cantidades de residuos sólidos orgánicos y residuos sólidos inorgánicos generados por persona, expresados en kg/hab/día.
2. Identificar la densidad suelta y compactada de cada tipo de residuos sólidos domiciliarios.
3. Clasificar los desechos sólidos domiciliarios, en un periodo de una semana, realizado por el investigador.
4. Realizar un sondeo socioeconómico de la colonia La Trinidad.
5. Realizar una inspección de la disposición actual de los residuos sólidos domiciliarios.
6. Generar una propuesta del manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios.



## INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo y de los cuerpos de agua, en cierta medida, se debe a un mal manejo de los residuos sólidos, que provocan el deterioro de los recursos naturales a causa de los componentes que no pueden ser absorbidos por si solos, esto por la acumulación excesiva. Como por ejemplo, los desechos orgánicos que causan la proliferación de vectores transmisores de enfermedades al ser humano, que pueden llegar a ocasionar la muerte por la interacción en sus actividades. Los desechos inorgánicos pueden llegar a través de los años a permanecer intactos, afectando la flora y la fauna.

A través de los años, los países desarrollados implementaron medidas de mitigación a los daños causados por los residuos sólidos. A consecuencia de la carencia de un plan efectivo que disminuya el impacto ambiental en el área en estudio, se decidió abordar el tema de la caracterización de los desechos sólidos domiciliarios, para luego presentar una propuesta del manejo integral de los residuos y mejorar las condiciones actuales. A continuación se presenta de forma ordenada, los aspectos a tomar en cuenta para conocer a profundidad los factores que intervienen, de esta manera darle un giro positivo a la educación ambiental, creando conciencia de los daños causados. .



# 1. HISTORIA

Desde el inicio de las actividades humanas, el hombre ha necesitado de proveerse de alimento, herramientas, accesorios de vestimenta adecuada, así como la construcción de espacios habitacionales que le aseguren su supervivencia. Es por estas actividades diarias necesarias que el ser humano produce residuos que no le son de utilidad y recurre a desecharlos, creando una nueva necesidad de espacios adecuados que no interfiera con su desenvolvimiento o su salud.

## 1.1. Generación de los residuos sólidos a través de la historia

En el periodo de la prehistoria, hace unos 2 500 000 de años, conocido como Paleolítico, el hombre en su cien por ciento consumía productos de la naturaleza, no producía, solamente recolectaba y se dedicaba a la caza, para lo cual utilizaba herramientas primitivas como piedras, huesos tallados y palos. Esta vida de recolección y caza hacía que el hombre buscara nuevos lugares para vivir que le proveyeran de alimento y refugio, estos lugares eran los ríos, lagos, lagunas y todo tipo de cuerpo de agua, asegurando el líquido vital así como también el alimento.

A medida que fue desarrollando habilidades el hombre descubrió el fuego, realizaba rituales religiosos y ceremonias funerarias, pero aún seguía siendo nómada, por lo que los desechos sólidos se quedaban en el lugar, mientras que el buscaba nuevos lugares para vivir.

Cuando se produjo la revolución agrícola se inicia el Neolítico, aproximadamente hace unos 5 000 años. Ahí el ser humano descubrió la ganadería y la agricultura, esto tuvo efectos significativos ya que le permite dejar de ser nómada y quedarse en un mismo lugar, convirtiéndose en sedentario. Es ahí cuando empiezan los primeros poblados, en esta época ya se utilizan herramientas más avanzadas, comienza a desarrollar el tejido y la cerámica. Los residuos se depositan en los alrededores, pero por ser en baja cantidad y su carácter orgánico no representa un problema y se integra en el ciclo de la naturaleza.

Poco a poco fue avanzando el tiempo y con esto se comenzó a utilizar los metales en la época llamada Edad de los Metales, con esto también la implementación de algunos productos químicos como el yeso y la cal, pero por su poca cantidad éstos aun no representaban problema alguno. Cuando las poblaciones fueron incrementando su número, estos generaban una mayor cantidad de residuos y al no tener una disposición adecuada es cuando surge la problemática de sus consecuencias.

Por su cantidad y su composición ya no se integraba al ciclo natural, por lo que su descomposición le era más difícil, esto llevaba a la concentración excesiva de residuos en un solo lugar o aun peor extendiendo su área.

La historia describe los mayores problemas que surgieron por la excesiva acumulación de desechos en las grandes civilizaciones y ciudades del mundo, lo que se considera un factor muy importante en la caída de su esplendor. Este es el caso del Imperio Romano, que a consecuencia de los productos manufacturados que les llegaban de otras tierras, especialmente los restos de ánforas, que eran los envases usados para el transporte de los productos.

Esto originó el inmenso vertedero para estos restos de cerámica, con lo cual se dispusieron de carteles con la advertencia “arrojad las basuras más lejos o se impondrá una multa” (Hontoria et al. 2000). Se decía que la Roma clásica olía mal, ya que ésta albergaba una población cerca del millón de habitantes, que producía detritus en tal cantidad que no podían ser asimilados por la naturaleza.

Sin duda alguna un gran avance en la gestión de los residuos fue la introducción de alcantarillados en la Europa mediterránea por los griegos y romanos, el cual sufrió un gran retroceso por las invasiones germánicas.

Al principio de la edad media (sigo XIV) las ciudades eran de tamaño considerables, los pobladores carecían de educación y una cultura de saneamiento. Por lo general todos los residuos sólidos y fecales eran desechados en las vías públicas, facilitando la proliferación de ratas, cuyas pulgas provocaron la peste bubónica, que dio lugar a la muerte de casi la mitad de la población europea.

Otro caso fue el de Sevilla, España entre 1505 al 1510 que sufrió la peste bubónica, dejando una gran mortandad y con un periodo de descanso de 1510 hasta 1520, sufriendo nuevamente la peste hasta 1524, siguiendo así con afloramientos intermitentes en cada década, salvo la del setenta, cerrándose el siglo con la más importante de todas las habidas en la ciudad. La epidemia de 1580 mató a 12 000 personas.

Como reacción, las autoridades intervinieron en la salud con el tratamiento de las enfermedades, sin tomar en cuenta que la causa principal de la propagación era la mal gestión de los desechos.

En un principio solo se limitaron a la prohibición de arrojar basura y desperdicios en las calles, y la recolección de desechos orgánicos para la alimentación de ganado y como fertilizante para los cultivos. Estas medidas no fueron desarrolladas con amplitud hasta finales del siglo XVIII, cuando llegaron desde Francia nuevas tendencias higienistas.

Otra época en la que el problema de la excesiva producción de desechos fue la revolución industrial, ya que las cantidades aumentaron gracias al avance tecnológico. Esto creó graves problemas sanitarios, sobre todo en los abastecimientos de agua, los vertidos de aguas residuales y la acumulación de basuras, dando lugar a la aparición de numerosas enfermedades como el cólera o el tifus. Las consecuencias fueron directas al impacto ambiental con la deforestación, explotación de los recursos naturales, degradación de los recursos hídricos, contaminación atmosférica, degradación de suelos y aguas subterráneas.

A consecuencia del aumento de la contaminación ambiental y de las enfermedades que éstas producían, se inició a través del tiempo movimientos a favor de normalizar todas las actividades humanas que representen el aumento de los desechos, como ejemplo en Inglaterra, a finales del siglo XIX, se aprobó un acta de sanidad urbana, prohibiendo arrojar residuos sólidos en diques, ríos y aguas. En España, en 1860 se aprueba la norma de regulación ambiental y la ordenanza de la recolección de los desechos sólidos que en ese tiempo se recurría a carretas tirados por caballos, estos residuos eran utilizados como fertilizante por los dueños de huertos.



En América se inició el movimiento ambiental en los Estados Unidos de América, a cargo del Servicio de Salud Pública de Estados Unidos (USPHS), para la erradicación de enfermedades contagiosas como el tifus, difteria y fiebre amarilla, en 1937 se formó la American Public Works Association (APWA) publicando uno de los primeros manuales de gestión de residuos sólidos, donde se establecían los requerimientos técnicos necesarios para la gestión integral.

Existían vertederos no controlados, que eran los focos de propagación de enfermedades y vectores, por esto se procedió a la incineración, dando como resultado la disminución de volumen, peso y peligrosidad, siendo una solución a la excesiva concentración de residuos sólidos (RU), sin embargo dio otro problema de impacto ambiental y de salud como lo fue el humo provocado y los incendios, por lo que fueron clausurando los incineradores de RS, dejando vigentes los rellenos sanitarios, modernizados después de la II Guerra Mundial.

Poco a poco las autoridades se dieron cuenta que tenían que promover una cultura de preservación al medio ambiente, por medio de legislaciones y una normativa restrictiva con programas comunitarios. Estos aplicados a los países miembros y las regiones, se promueven planes de fomento de las 3R: reducción, reutilización y reciclaje, haciendo que el consumo de los recursos naturales sean disminuidos conforme a las necesidades y promoviendo la preservación hacia las futuras generaciones.

La idea esencial era desarrollar una economía menos materialista y la prevención de la producción de residuos que superaran la capacidad de carga del medio ambiente.

## **1.2. Variaciones en la composición y generación de los residuos**

Es fundamental conocer la variación de la composición de los residuos sólidos para su adecuado manejo y destino final, pues de esta manera se emplearán mejor los sistemas de recolección selectiva y reciclaje, pudiendo dimensionarlos. La composición es diferente para cada región ya que varían según los elementos pero más que nada dependen del nivel de vida, modo de vida de la población, el clima y el día de la semana.

El término para describir los componentes individuales que constituyen los residuos sólidos y su distribución relativa es *composición física*. La información sobre la composición de los residuos sólidos es de gran importancia para la evaluación de equipo necesario, sistemas de tratamiento y planes de gestión. Las distribuciones que más interesan en cantidades relativas son: materia orgánica, papel y cartón, metales, vidrio, plásticos y otros, así también es importante conocer la humedad, poder calorífico y la densidad.

En términos generales, el tipo de tecnología está en función del tipo de residuos; particularmente de su nivel de humedad y su valor calorífico. Es necesario conocer la composición de un residuo concreto para determinar sus características de recuperación energética y su potencialidad. El poder calorífico es esencial en los procesos de recuperación energética; las propiedades calorimétricas de los residuos urbanos son los parámetros sobre los que se diseñan las instalaciones de recuperación energética

Tabla I. **Composición media de los residuos sólidos municipales en Costa Rica, su poder calorífico y nivel de humedad**

<b>Caracterización</b>	<b>%</b>
Papel y cartones	20,62
Plásticos	17,70
Madera	2,27
Telas	4,12
Metales t/tipo	2,11
Orgánicos	49,79
Vidrio	2,29
Otros	1,10
	<b>100,00 %</b>
Contenido de humedad	59,00
Combustibles secos	31,10
Inertes totales	7,10
Poder Calorífico	1305,00
	Kcal/Kg
Porcentaje de Humedad	4,50

Fuente: Instituto Costarricense de Electricidad, 2003.

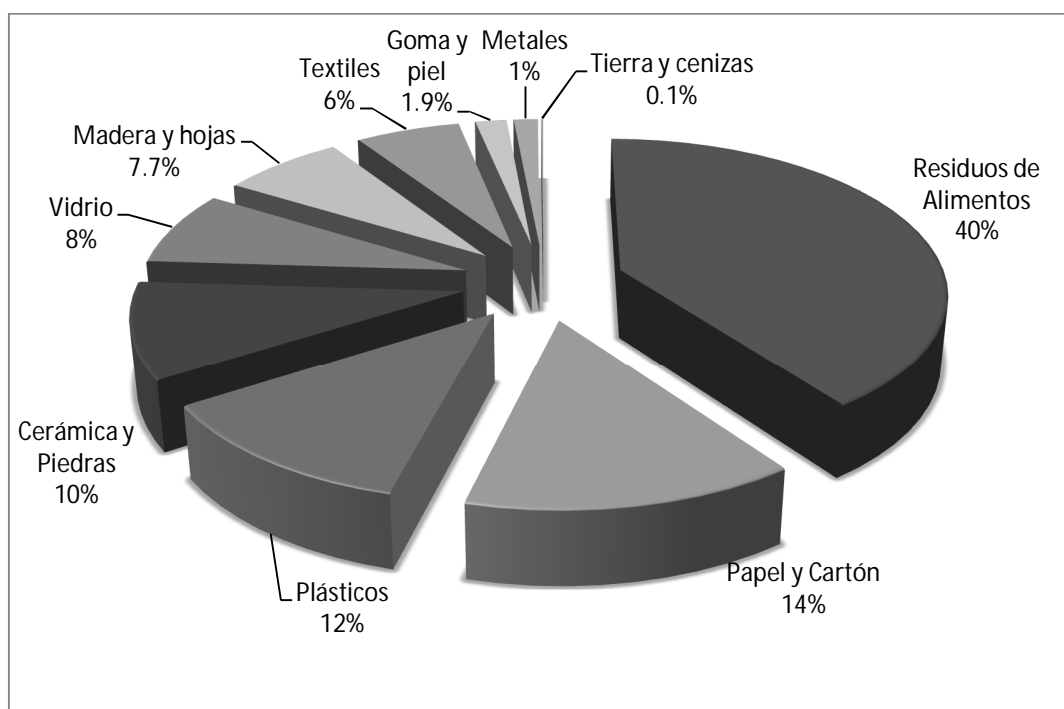
En la tabla I, se describe la composición media de los residuos sólidos municipales en Costa Rica, en el cual se incluye el poder calorífico, contenido de humedad y otras características que hasta el 2003 no se tomaban en cuenta en los estudios de caracterización de residuos sólidos. Estos parámetros deben ser tomados en cuenta al momento de definir su destino final, ya que de esta manera se le dará el mejor aprovechamiento a los materiales que contenga los residuos. Como por ejemplo utilizarlo como material para combustión.

Tabla II. **Composición típica de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Panamá**

Ruta	Sta. Ana Panamá	Juan Díaz Panamá	V. Lucre San Miguelito	Activa Colón	Cristóbal Colón	Barrio Colón	Arraiján	Capira	San Carlos
<b>Nivel</b>	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
<b>Papel periódico</b>	10.09	6.40	5.48	3.84	2.67	1.09	4.76	1.16	4.29
<b>Papeles otros</b>	11.93	3.36	0.91	2.57	2.0	4.53	4.09	6.36	2.16
<b>Cartón</b>	8.36	6.21	7.09	4.32	9.7	6.17	6.98	1.96	6.26
<b>Plástico duro</b>	1.24	1.62	1.71	3.11	5.32	4.71	9.47	1.72	3.46
<b>Plástico bolsas</b>	12.07	13.34	13.24	5.78	4.94	9.41	12.20	14.61	7.16
<b>Botellas Pet</b>	0.60		1.08			1.26			0.91
<b>Vidrio blanco</b>	3.03	2.70	1.17	2.38	0.92	4.1	2.28	6.0	5.31
<b>Vidrios otros</b>	0.87					5.8	0.36		4.96
<b>Lata Aluminio</b>	0.07	0.53	0.30	0.48	0.1	0.29	0.43		1.6
<b>Lata Fierro</b>	1.89	1.68	0.31	1.77	2.16	5.36	4.54	2.39	8.69
<b>Subtotal</b>	50.15	35.84	31.29	24.25	27.80	42.725	45.11	34.20	44.26
<b>Orgánico comestible</b>	39.71	58.73	63.75	61.21	55.23	46.64	39.51	57.75	49.88
<b>Orgánico Jardines</b>	0.41				0.91	9.11			
<b>Subtotal</b>	40.12	58.73	63.75	62.12	64.34	46.64	36.51	57.75	49.88
<b>Textil y pañales</b>	9.73	5.43	2.96	13.63	7.86	10.64	15.38	8.05	5.86
<b>Subtotal</b>	9.73	5.43	2.96	13.63	7.86	10.64	15.38	8.05	5.86
<b>Total</b>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Ministerio de Salud de Panamá, Análisis Sectorial de los Residuos sólidos Panamá, Organización Panamericana de la salud, División de Salud y Ambiente, 2001. p. 59.

Figura1. **Composición por volumen de los residuos sólidos municipales compactados de Tegucigalpa. JICA 1998**



Fuente: LÓPEZ, Raquel. PADILLA M, Alex. Manejo de los residuos sólidos en Honduras Sc. San Salvador, 2007. p. 17.

En las tablas I y II y en la gráfica 1 se pueden observar los porcentajes de los componentes de los residuos sólidos correspondientes a los países centroamericanos, éstos reflejan que los desechos orgánicos están en un rango de 40% a 50%, que describe bien a los países con poca influencia industrial a diferencia de los países desarrollados, como por ejemplo el bloque europeo, en donde existe una cultura de “usar y tirar”. Las comodidades de estos países hacen que los desechos sean cada vez menores en presencia orgánica y más por embalajes de cartón, papel, plástico, etc.

Esta diferencia por efecto de desarrollo o de la zona se puede notar en la tabla III, a mayor nivel de desarrollo se observa un aumento en la presencia de material inorgánico (plástico, vidrio y papel/cartón), mientras que el porcentaje de materia orgánica es menor.

Tabla III. **Comparación de datos en cuanto a las fracciones de los residuos municipales**

Datos promedio	Materia Orgánica (%)	Papel y cartón (%)	Metales (%)	Vidrio (%)	Plástico (%)	Otros (%)
Países en vías de desarrollo	69.1	2.6	1.2	2.4	5.6	19.1
Países desarrollados	47.5	15.3	5.8	11.6	13.0	6.8

Fuente: COLOMER MENDOZA, Francisco; GALLARDO IZQUIERDO, José Antonio.  
Tratamiento y gestión de residuos sólidos. p. 18.

### 1.3. Definiciones de residuos

Según la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) los residuos son: “aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo, que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son producidas”.

A continuación se describen los diferentes términos que deben tomarse en cuenta en un sistema de gestión integral para la disposición final de desechos sólidos domiciliarios.

- **Prevención:** conjunto de medidas destinadas a evitar la generación de residuos o a conseguir su reducción o de la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes presentes en ellos.
- **Productor:** cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca residuos o que efectúe operaciones de tratamiento previo, de mezcla o de otro tipo que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de estos residuos.
- **Poseedor:** el productor de residuos o la persona física o jurídica que los tenga en su poder y que no sea gestor de residuos.
- **Gestor:** la entidad que realice cualquiera de las operaciones de gestión de residuos, sea o no el productor de los mismos.
- **Gestión:** se refiere a la actividad de recolección, almacenamiento, transporte, valorización y eliminación de los residuos, incluyendo la vigilancia de estas actividades y del lugar de depósito o vertido.
- **Reducción:** se refiere a utilizar la cantidad mínima indispensable de recursos necesarios en acciones que van desde las cotidianas hasta las industriales.
- **Reutilización:** es un producto que fue utilizado para el fin que se diseñó e implementarlo nuevamente para el mismo fin.
- **Reciclado:** es la transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la metanización, pero no la incineración con recuperación de energía.

- Valorización: todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana ni perjudicar el medio ambiente.
- Eliminación: es todo procedimiento dirigido al vertido de los residuos, a su destrucción total o parcial, sin poner en riesgo la salud humana ni perjuicios al medio ambiente.
- Recolección: toda operación que consiste en recoger, clasificar, agrupar o preparar residuos para su transporte.
- Recolección selectiva: el sistema de recolección diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recolección diferenciada que permita la separación de los materiales valorizables contenidos en los residuos.
- Almacenamiento: el depósito temporal de residuos con carácter previo a su valorización o eliminación, por tiempo inferior a dos años o a seis meses si se trata de residuos peligrosos.
- Estación de transferencia: instalación en la cual se descargan y almacenan los residuos para poder posteriormente trasportarlos a otro lugar para su valorización o eliminación.
- Vertedero: instalación de eliminación que se destine al depósito de residuos en la superficie o bajo tierra.



## **2. ASPECTOS SANITARIOS**

El medio ambiente y la salud pública son afectados por una mala gestión de los RS que son producidos por las poblaciones de ciudades, pueblos, aldeas y colonias. Es por eso que la responsabilidad de saneamiento no se limita a las autoridades, sino que también a cada productor.

Es necesario una política de sanidad, pero más importante aún, es una cultura que promueva la responsabilidad que conlleva la producción de RS, ya que en la región la mayoría de ciudadanos no le da la importancia a la prevención ya sea de enfermedades (provocadas por los RS) ni a la preservación del medio ambiente.

La mala gestión de los RS trae como consecuencia la contaminación del medio (agua, aire y suelo) y la propagación de patógenos (virus, bacterias, protozoos y helmintos) que encuentran las condiciones adecuadas de crecimiento y proliferación por roedores (ratas y ratones), insectos (cucarachas, moscas, mosquitos, etc.), y algunas aves que tienen contacto con el ser humano, teniendo como consecuencia plagas que causan muerte y enfermedades.

El impacto más notorio de una mala gestión de RS está en el paisaje al existir vertidos incontrolados, estos dan un aspecto de abandono y pobreza, sin mencionar los malos olores producidos por desechos orgánicos putrescibles, afectando la plusvalía de las viviendas y terrenos aledaños. En el proceso de descomposición anaeróbico también se produce el metano que directamente contamina el aire y la atmósfera, siendo un gas de efecto invernadero. Existe

también la producción de lixiviados, que por la acción de la precipitación y su escorrentía arrastra contaminantes que afectan al suelo y a las aguas superficiales y subterráneas agudizando el problema, ya que el agua es el medio más efectivo para la propagación de patógenos nocivos para el ser humano.

## **2.1. Contaminación**

Es la alteración nociva del estado natural de un medio a consecuencia de un agente externo, que causa un desequilibrio y daño aun ecosistema, un medio físico o a un ser viviente. Este contaminante puede ser químico, energético (sonido, luz o calor).

Siempre será un cambio negativo, por lo regular a consecuencia de las actividades del ser humano, considerándose una forma de impacto ambiental. La contaminación del medio se describe da la siguiente manera

- Contaminación biótica del agua
- Contaminación química del agua
- Contaminación del suelo
- Contaminación atmosférica
- Producción de olores
- Proliferación de vectores

### **2.1.1. Contaminación biótica**

Es provocada por agentes patógenos que se encuentran en los RS de origen animal o humano, como pañales, excretas, comida contaminada, cuerpos en descomposición, pañuelos, etc., a algunos de estos agentes les es difícil vivir por las condiciones adversas que encuentran, pero en ocasiones

tienen el medio adecuado para su supervivencia, convirtiendo los RS en focos potenciales para la propagación de enfermedades. Sumando a esto la mala gestión de los RS y la carencia generalizada de factores higiénicos y sanitarios la probabilidad de contraer enfermedades aumenta cuando se encuentran las condiciones para su propagación.

Los agentes patógenos capaces de provocar enfermedades infecciosas se agrupan en las siguientes categorías biológicas.

- **Virus:** entidad infecciosa, microscópica, que solo puede multiplicarse dentro de las células de otros organismos, como animales, plantas y hasta bacterias. Proceden principalmente de excretas, mucosas y alimentos en mal estado. Por esa razón es poco probable su proliferación en los RS, pero al presentarse animales que se alimentan de éstos y personas que los manipulan sin los accesorios adecuados como trajes, guates, herramientas, mascarillas, etc., es ahí donde pueden proliferarse y causar enfermedades.
- **Bacterias:** son organismos unicelulares, que poseen sistemas de desplazamiento, son los organismos más abundantes de la tierra y pueden crecer en los hábitats más extremos. Existen dos tipos: las beneficiosas que ayudan a la degradación y mineralización de la materia orgánica, imprescindibles para el reciclaje; y las patógenas causantes de enfermedades infecciosas como el cólera, sífilis, lepra, tifus, difteria, escarlatina, etc. Las enfermedades bacterianas mortales más comunes son las infecciones respiratorias como la tuberculosis. Estos organismos son poco resistentes a los factores ambientales, su capacidad de infección es más o menos alta, aunque si se alojan en diferentes hospedadores pueden causarles la enfermedad.

Tabla IV. **Patógenos que pueden encontrarse en los residuos sólidos y las enfermedades que pueden causar**

<b>Patógeno</b>	<b>Organismo</b>	<b>Enfermedad</b>
<b>Virus</b>	Poliovirus	Parálisis, meningitis
	Hepatitis A	Hepatitis A
	Hepatitis B	Hepatitis B
	Coxsackievirus	Meningitis, afecciones respiratorias, parálisis, fiebre.
	Reovirus	Enfermedades respiratorias
<b>Bacterias</b>	E. coli	Diarrea
	Salmonella thyphi	Fiebre tifoidea
	Shigella	Disentería bacilar
	Vibrio cholerae	Cólera
	Yersiniaenterocolítica	Gastroenteritis
	Campilobácter	Gastroenteritis
	Mycobacterium tuberculosis	Tuberculosis
	Bacilusanthraxis	ÁntraxLeptospirosis
<b>Protozoos</b>	Entamoebahystolitica	Disentería amebiana
	Guardia lamblia	Giardiasis
	Acanthamoebacastellani	Meningoencefalitis
	Balantidiumcoli	Disentería, úlcera intestinal
	Cryptosporidium	Diarrea, nauseas, pérdida de peso
<b>Helminfos</b>	Áscaris lumbricoides	Ascarioasos
	Taeniasaginata	Teniasis
	Taeniaslium	Teniasis
	Hymenolepis nana	Himenolepiasis
	Trichuristiciura	Trichuriasis

Fuente: COLOMER MENDOZA, Francisco; GALLARDO IZQUIERDO, José Antonio.  
Tratamiento y gestión de residuos sólidos. p. 47.

- Hongos: algunas especies de hongos pueden resultar nocivas para el ser humano y los animales. Se desarrollan en los residuos si las condiciones de humedad, temperatura, cantidad de materia orgánica, presencia de oxígeno, etc. son las adecuadas. La forma de infección es por medio de sus esporas que son muy resistentes en el medio.
- Protozoos: son organismos microscópicos, unicelulares, eucariotas, heterótrofos, depredadores o detritívoros, que viven en ambientes húmedos o en medios acuáticos. Miden aproximadamente de 10 a 50  $\mu\text{m}$  pero pueden crecer hasta 1 mm. Pueden ser vistos fácilmente por el microscopio. Aunque son muy sensibles al medio, pueden desarrollar formas de resistencia (quistes). Entre éstos existen patógenos como la Entamoebahistolítica, que produce la disentería que produce diarreas muy intensas o el plasmodio que produce la malaria o paludismo y se contagia a través de la hembra del mosquito Anopheles.
- Helmintos: estos organismos son capaces de causar enfermedades a los seres humanos, éstos poseen varios estados morfológicos pasando de un huésped a otro en diferentes formas de resistencia como huevos o quistes.

### **2.1.2. Contaminación química**

El riesgo de contaminantes químicos se debe no precisamente al contacto directo de los elementos en el ambiente (agua, suelo y aire), sino al arrastre de los lixiviados que se producen por los agentes de descomposición (bacterias y hongos) que provocan una disociación de las macromoléculas orgánicas a formas más sencillas, como al estado líquido o a partículas que pueden ser arrastradas con mayor facilidad.

Otros compuestos contaminantes pueden ser el nitrógeno y el fósforo, afectando a la flora y fauna presente en el medio. Un ejemplo es el nitrato, que procede de la oxidación del amonio presente en los lixiviados al contacto con el oxígeno presente en el agua, que causa problemas de tipo social, económico y sanitario, ya que se necesitan de tratamientos especiales para poder utilizar el vital líquido contaminado o en el peor de los casos a ya no poder utilizarlo por el alto contenido de contaminantes.

Los compuestos inorgánicos que pueden afectar el agua son los metales tóxicos, debido a la falta de separación de los residuos domiciliarios y los residuos tóxicos, éstos se presentan en los residuos sólidos municipales. Los metales presentes pueden ser: Fe, Cd, Pb, Cu, Zn, Ag, Mn, Ni, Hg, Cr, etc. Todos estos si llegan a los acuíferos afectarían a la cadena trófica alcanzando a todos sus eslabones.

**Tabla V. Característica del lixiviado procedente de eras de compostaje y balsa de lixiviado de una planta de recuperación y compostaje de residuos sólidos urbanos**

<b>Parámetros</b>	<b>Eras</b>	<b>Balsa</b>
Conductividad	20.30 $\mu$ mhos/cm	7.42 $\mu$ mhos/cm
pH	6.29	7.02
Sólidos en suspensión	2.371 mg/l	466 mg/l
DBO <sub>5</sub>	660 mgO <sub>2</sub> /l	710 mgO <sub>2</sub> /l
DQO	20.04 mgO <sub>2</sub> /l	7.44 mgO <sub>2</sub> /l
NO <sub>3</sub>	30.5 mg/l	0.6 mg/l
PO <sub>4</sub>	19.3 mg/l	1.58 mg/l
Grasas y aceites	2.41 mg/l	1.58 mg/l
Fenoles	7.2 mg/l	2.95 mg/l
Detergentes aniónicos	0.1 mg/l	0.2 mg/l
Detergentes catiónicos	< 1 mg/l	< 1 mg/l

Continuación de la tabla V.

Fe	56.62 mg/l	30.39 mg/l
Cd	1.5 µg/l	0.91 µg/l
Pb	9.2 µg/l	2.45 µg/l
Cu	333.15 µg/l	49.45 µg/l
Zn	4.53 µg/l	8.17 µg/l
Ag	<0.005 µg/l	< 0.005 µg/l
Mn	194.92 µg/l	102.76 µg/l
Ni	85 µg/l	75.36 µg/l
Hg	0.0 µg/l	0.0 µg/l
Cr	106.13 µg/l	36.02 µg/l
Coliformes totales	800 Ufc/100 ml	5,000 Ufc/100 ml
Coliformes fecales	340 Ufc/100 ml	4,000 Ufc/100 ml
Microorganismos totales a 22°C	800,000 Ufc/100 ml	600,000 Ufc/100 ml
Microorganismos totales a 37°C	200,000 Ufc/100 ml	580,000 Ufc/100 ml

Fuente: COLOMER MENDOZA, Francisco; GALLARDO IZQUIERDO, José Antonio.  
Tratamiento y gestión de residuos sólidos. p 48.

### 2.1.3. Contaminación atmosférica

Cuando se habla de la contaminación atmosférica por causa de los residuos sólidos, esto quiere decir que han sufrido una transformación a través de la combustión o incineración que liberan contaminantes tóxicos; tales como partículas sólidas y contaminantes muy tóxicos; como metales pesados, gases clorados y fluorados. La incineración puede ser controlada o no controlada y cada una de ellas tiene diferente impacto en la atmósfera,.

En la incineración no controlada el impacto es mayor que en los controlados. Esta incineración se produce espontáneamente por presencia de materia combustible o por explosiones debido al metano, y al tener una combustión de baja temperatura ( $T < 800^{\circ}\text{C}$ ) originan las dioxinas y furanos que

pueden causar malformaciones fetales, cáncer e inmunodeficiencia. El monóxido al combinarse con la hemoglobina de la sangre forma oxihemoglobina que impide el transporte de oxígeno a las células, llegando a producir la muerte.

En la incineración controlada a temperatura adecuada, las emisiones a la atmosfera son de nocividad nula o prácticamente despreciables, ya que están formadas por dióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua.

El mayor problema con las emisiones de gases a la atmosfera por los RS lo representa el metano ya que contribuye 20 veces más que el dióxido de carbono al efecto invernadero y siendo más persistente (10 años).

#### **2.1.4. Producción de olores**

El problema asociado con los malos olores es relativamente menor con relación a la contaminación biológica o química, éste, sin embargo es más un problema de tipo social y económico reaccionando de tal manera que ocasiona molestias, pérdida del valor de las propiedades aledañas, disminución de la calidad de vida, así como el descenso en turismo y hasta migraciones.

### **2.2. Vectores relacionados**

Un vector sanitario es aquel organismo que es capaz de propagar enfermedades causadas por microorganismos que este mismo transporta ya sea por medio mecánico o medio biológico. Las enfermedades causadas por los vectores se les llaman zoonosis.

- Mecánico: este transporta patógenos sobre su cuerpo, es decir, por medio de contacto físico.



- **Biológico:** este transporta patógenos dentro de su cuerpo, ejemplo el mosquito Anopheles que con la picadura transmite los diferentes agentes.

Así también animales de mayor tamaño pueden ser focos de propagación de algunas enfermedades como por ejemplo: la rabia, la toxoplasmosis, triquinosis y el hanta; enfermedades cuyos agentes son: el perro, gatos, cerdos, vacas y el ratón de la cloaca.

Cuando estos seres se encuentran en el mismo espacio ocupado por el ser humano y compiten por los recursos (agua y alimentos), resultando molesta la presencia de ellos, dañando estructuras o bienes se puede decir que existe una *plaga*. Los daños más usuales causados por las plagas generalmente son por moscas y roedores, es la contaminación de alimentos en grandes cantidades, como por ejemplo 20 ratas son capaces de contaminar 1.000 kg de productos en 15 días.

### **2.2.1. Tipos de vectores**

Los diferentes tipos de vectores se clasifican de la siguiente manera:

#### **2.2.1.1. Artrópodos**

Entre estos se mencionan los más comunes y las enfermedades que propagan.

- **Mosquito:** es causante del paludismo, filariasis, fiebre amarilla.
- **Piojo:** pediculosis, tifus exantémico.

- Pulgas: tifus murino.
- Moscas: fiebres tifoideas, disentería bacilar y diarreas, entre otras.
- Garrapatas: fiebre recurrente, tifus exantémico y fiebres hemorrágicas.
- Chinces: tripanosomiasis americana.
- Flebotomos: leishmaniosis.
- Ácaro: sarna.
- Simúlidos: oncocercosis.
- Cucarachas: fiebres tifoideas y diarreas.

#### **2.2.1.2. Múridos**

Entre éstos se encuentran las ratas y los ratones, que pueden propagar las enfermedades de la salmonelosis, peste bubónica, leptospirosis y la rabia.

Otros organismos que no son vectores de enfermedades pero pueden inyectar al hombre toxinas causantes de molestias y, en algunos casos, pueden incluso originar su muerte son: hormigas, arañas, escorpiones, avispas, termitas, gusanos, etc.

#### **2.2.2. Tratamientos**

El mejor tratamiento que pueda existir es la prevención, pero en muchas ocasiones esto no se realiza adecuadamente ya sea por falta de voluntad, ausencia de una tecnificación o simplemente por una cultura carente de higiene. En estos casos deben implementarse medidas que contrarresten la proliferación de plagas y vectores dañinos a la salud, que en determinado caso sino son correctamente aplicadas pueden causar daños al medio ambiente, a la flora y a la fauna.

Principalmente en la gestión de los residuos sólidos el control debe realizarse tanto en la generación, que se lleva a cabo en el domicilio, hasta el destino final que se le dé. En el domicilio es importante que los RS sean almacenados en recipientes herméticos, mantener una higiene domiciliar, es decir, barrer los residuos, limpiar sustancias ya sea de alimentos o de cualquier otro tipo, evitar la acumulación de papel o cartón, etc.

En la recolección, es importante que los recipientes sean adecuados para evitar que éstos sean fácil de acceder o que sean frágiles y no puedan contenerlos; los vehículos utilizados para el traslado deben encontrarse en buenas condiciones para trasladar todo su contenido y no permitir que residuos puedan salirse y quedar depositadas en las calles.

Las instalaciones de almacenamiento previo a ser clasificados, deben de contar con las condiciones adecuadas, de esta manera evitar que vectores puedan alimentarse y crecer en el entorno. Este tratamiento deberá hacerse extensivo en los aspectos de vehiculización y reservorio, tales como los que proporcionan los roedores e insectos aplicados. A estos métodos se les conoce como desinsectación y desratización.

#### **2.2.2.1. Desinsectación**

Este tratamiento trata de eliminar los diferentes artrópodos en sus distintas fases biológicas, esto con el fin de prevenir el contagio de enfermedades infectocontagiosas o para evitar molestas que produzcan en la población. Aunque su exterminio total no es posible, se debe tener especial precaución en evitar el contacto de los insectos con el origen de la enfermedad para impedir que puedan posteriormente afectar a individuos sanos. Entre los procesos empleados para la desinsectación, se pueden diferenciar:

- Procesos mecánicos: mallas anti insectos, aplastamiento, cintas con pegamento, eliminación de basuras, desecación de zonas encharcadas, eliminación de abonos orgánicos, etc.
- Procesos físicos: aplicación de calor sobre la ropa.
- Procesos químicos: aplicación de insecticidas que causen la muerte al insecto adulto, larva o ninfa por diferentes procesos.
- Procesos biológicos: esterilización de machos, pulverización de feromonas o de tipo genético.
- Métodos psíquicos: por aplicación de repelentes.

#### **2.2.2.2. Desratización**

Se realiza de dos formas que son las más adecuadas, conociendo la ecología, perseverancia y constancia del animal estas son:

- Pasiva: se dificulta su anidamiento y estancia, creando un aislamiento que les impida acceder al alimento. Como las ratas no pueden pasar sin comer más de 48 horas, pasan a cometer actos de canibalismo.
- Activa: por medio de trampas o cebos, evitando el olor humano. Los más efectivos son los productos rodenticidas.

### **3. ORIGEN, COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Para realizar una adecuada gestión de los RS es importante conocer el origen, tipo y composición, así como las respectivas cantidades para cada agrupación. Se pueden obtener las cantidades y tipo de residuo haciendo mediciones en su peso y volumen así como otras características que permiten realizar una planeación adecuada en su manipulación y destino final. Con estos datos pueden implementarse medidas de reducción, clasificación o separación en origen y reciclaje.

Cada lugar tiene residuos sólidos únicos, ya que la localización, el tipo de vida de la población, el nivel socio económico y la presencia de industrias son factores importantes en su composición física, por esta razón es de gran importancia conocer de dónde provienen, qué tipo y en qué cantidades están presentes.

#### **3.1. Composición de los residuos sólidos**

Se pueden clasificar en dos grandes categorías, estas son de tipo orgánico e inorgánico, los porcentajes varían según las ciudades, las condiciones económicas y sociales, es decir, si ésta es una ciudad desarrollada las cantidades de residuos orgánicos se reducirá en comparación con una ciudad en vías de desarrollo, al igual que los residuos inorgánicos aumentaran.

### **3.1.1. Materia orgánica**

Son todos aquellos residuos que se descomponen gracias a la acción de microorganismos desintegradores, como las bacterias y las lombrices. En otras palabras son los residuos de comida y restos del jardín. Los residuos orgánicos al biodegradarse crean un material que permite utilizar los nutrientes de la materia orgánica y así se elabora composta, que es un abono natural de gran utilidad para mejorar los suelos. El papel y el cartón son materiales orgánicos, pero por el valor que tienen para ser convertidos nuevamente en papel o cartón, deben ser separados del resto de los residuos orgánicos y colocados entre los inorgánicos para ser comercializados.

### **3.1.2. Materia inorgánica**

Los residuos inorgánicos son los elaborados con materiales que no se descomponen o tardan largo tiempo en descomponerse como: plásticos, metales y vidrio, también entre ellos se incluyen el papel y el cartón. Estos forman parte del grupo de los inorgánicos, los residuos de productos que combinan distintos materiales. El problema con muchos de ellos es que ante la dificultad de separar los materiales que los integran, no se pueden reciclar, por lo que su destino no puede ser otro más que el de convertirse en desechos o basura.

## **3.2. Características de los residuos**

Estas características son físicas, importantes para la cuantificación de espacios para el proceso de clasificación, producción de lixiviados y el destino final; así como seleccionar el tipo y la capacidad de carga para el transporte de los residuos y proyectar el volumen ocupado después de una compactación.

### **3.2.1. Peso**

Es la medida de la fuerza que ejerce la gravedad sobre la masa de un cuerpo, ésta se determina a través de una balanza, básculas o dinamómetros, las dimensionales de peso son los kilogramos para el sistema internacional y libras para el sistema inglés.

### **3.2.2. Volumen**

Es la cantidad de espacio físico que una masa ocupa, con este parámetro se determina el número de unidades para el transporte en función de su capacidad, además sirve para proyectar las necesidades de espacio para el diseño de un relleno sanitario.

Para realizar la medición de los residuos éstos deben ser colocados en un recipiente (de dimensiones y peso conocidos), se toma la medida de la altura en la que llegan los residuos y como resultado se obtiene el volumen de los mismos.

### **3.2.3. Densidad**

Esta es una dimensión que se deriva del peso y del volumen, a esto se le conoce como peso específico, es el peso de la materia por cada unidad de volumen que ocupa. Las medidas que se utilizan en los residuos son la densidad suelta, que es la que ocupa en condiciones normales; y la densidad compactada, es cuando se aplica fuerza para reducir el espacio que ocupa. La fórmula de la densidad es la siguiente:

$$densidad = \frac{peso}{volumen}$$

### 3.3. Clasificación por origen

Esta clasificación es de gran importancia ya que describe las características del lugar, el uso que se le da al suelo y su localización, toda esta información se debe tener al momento de diseñar su tratamiento. Los residuos sólidos según su origen se clasifican de la siguiente manera

#### 3.3.1. Residuos domésticos y comerciales

Son los residuos que provienen de las zonas residenciales y comerciales, que en su mayoría contienen residuos orgánicos (combustibles) y residuos inorgánicos (incombustibles), los orgánicos en su mayoría son restos de comida, papel, plástico, textiles, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica se compone por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales féreos, y suciedad, en el momento que no exista una separación de cada uno se le denomina residuos sólidos domiciliarios no seleccionados.

Algo muy importante es la cantidad de material putrescible, que por lo general son residuos de comida, a esto se le llama comúnmente como material orgánico, que influye en el diseño y la operación del sistema de recolección de residuos sólidos. El papel y el cartón están compuestos por periódicos, material de oficina y embalajes, en su mayoría. El plástico presente en los residuos sólidos domiciliarios se siguen dentro de las siguientes categorías:

Figura 2. Designación de códigos utilizados para varios tipos de plásticos



Fuente: COLOMER MENDOZA, Francisco; GALLARDO IZQUIERDO, José Antonio.

Tratamiento y gestión de residuos sólidos. p. 92.



- Polietileno tereftalato (PET/1)
- Polietileno alta densidad (PE-HD/2)
- Policloruro de vinilo (PVC/3)
- Polietileno baja densidad (PE-LD/4)
- Polipropileno (PP-LD/4)
- Polipropileno (PP/5)
- Poliestireno (PS/6)
- Otros materiales plásticos laminados (7)

#### Artículos especiales

En los residuos sólidos domiciliarios y comerciales se pueden hacer una sub clasificación para artículos que por sus características, por tamaño, componentes o tipo de manipulación deben tener un tipo especial de cuidado.

- Artículos voluminosos como muebles, lámparas, librerías archivadores, etc.
- Electrodomésticos de consumo, como radios, estéreos, televisores, videos, DVDs, etc.
- Productos de línea blanca como los grandes electrodomésticos comerciales, dentro de los cuales se pueden mencionar: lavadoras, lavavajillas, neveras, secadoras, etc. Cuando se recogen separadamente, se desmontan para la recuperación de materiales específicos (cobre, aluminio, etc.).
- Productos de línea gris como computadoras, monitores, impresoras, fotocopadoras, etc.

- Productos de línea marrón como televisores, equipos de radio, etc.

También en los RS domésticos y comerciales se pueden encontrar pilas y baterías, las que pueden ser alcalinas, de mercurio, plata cinc, níquel y cadmio. Estos metales pueden causar contaminación de aguas subterráneas por los lixiviados, contaminación de emisiones de gas y cenizas en las instalaciones de incineración de residuos.

### **3.3.2. Residuos institucionales**

Éstos incluyen los centros gubernamentales, cárceles, hospitales y escuelas. Con excepción de los residuos sanitarios de los hospitales y residuos de fabricación de las cárceles. Son muy similares a los RSD no seleccionados. En la mayoría de los hospitales, los residuos sanitarios son manipulados y procesados separadamente de otros residuos sólidos.

### **3.3.3. Residuos de la construcción y demolición**

Son todos aquellos residuos derivados de la construcción de edificios, viviendas, remodelaciones y otras estructuras, así como las de demoliciones de estructuras. Están compuestos principalmente por concreto, ripio, pedrín, arena, tubería de fontanería, vidrios rotos, plástico y acero.

### **3.3.4. Residuos de los servicios municipales**

Se derivan de las operaciones de mantenimiento de las instalaciones municipales, éstos incluyen residuos de barridos de las calles, de jardinería, animales muertos y vehículos abandonados. Por la dificultad de una ubicación en el lugar de generación se denominan residuos de orígenes difusos.

### 3.3.5. Residuos de plantas de tratamiento y otros residuos

Los residuos sólidos y semisólidos de agua, aguas sucias e instalaciones de tratamiento de residuos industriales son llamados residuos de plantas de tratamiento. Las características específicas de estos materiales varían según la naturaleza del proceso de tratamiento. Su gestión y recolección no suele realizarse por parte de los servicios municipales, aunque su eliminación sí puede hacerse junto a los RSU en los vertederos municipales.

Los materiales resultantes de la incineración de residuos de madera, carbón, coque y otros residuos son llamados cenizas y escorias. Están compuestos por materiales finos o pulverulentos, cenizas y algunos metales.

### 3.3.6. Residuos industriales

Los residuos de tipo industria están establecidos y codificados según su Clasificación Industrial Estandarizada (SIC), excluyendo los residuos de proceso industriales y cuales quiera de los residuos peligrosos que pudiesen ser generados.

Tabla VI. **Clasificación Industrial estandarizada (SIC) de residuos sólidos**

<b>Código</b>	<b>Clasificación SIC por grupo</b>	<b>Procesos generadores de residuos</b>	<b>Residuos específicos esperados</b>
19	Pertrechos militares y accesorios	Fabricación y montaje	Metales, plásticos, goma, papel, madera, tela, rechazos químicos.

Continuación de la tabla VI.

<b>20</b>	Comida y productos asociados	Procesamiento, empaquetamiento, transporte	Carne, grasas, aceites, huesos, vísceras, vegetales, frutas, frutos secos y cáscaras, cereales.
<b>22</b>	Productos de fabricación de tejidos	Tejido, elaboración, tintado y transporte	Rechazos de tejido y fibras
<b>23</b>	Ropa y otros productos elaborados	Corte, costura, encolaje, planchado	Tejidos, fibras, metales, plásticos, goma
<b>24</b>	Madera y productos de madera	Aserraderos, maquinaria de planta, contenedores de madera, productos misceláneos de madera, fabricación	Madera no útil, viruta, serrín; en algunos casos metales, plásticos, fibras, pegamentos, sellantes, pintura, disolventes.
<b>25<sup>a</sup></b>	Muebles, madera	Fabricación de muebles de hogar y oficina, cerraduras, muelles de colchón, estructuras	Aquellos listados para el código 24; además, tejidos y rechazos de relleno
<b>25<sup>b</sup></b>	Muebles, metal	Fabricación de muebles de hogar y oficina, cerraduras, muelles de colchón, estructuras	Metales, plásticos, resinas, vidrio, goma, adhesivos, tejidos, papel
<b>26</b>	Papel y productos asociados	Fabricación de papel, conversión de papel y cartón, fabricación de cajas y contenedores de cartón	Rechazos de papel y fibras, productos químicos, recubrimientos de papel, tintas, pegamentos, grapas, etc.
	Impresión y edición	Ediciones de periódicos, impresión, fotografía, grabados y encuadernación de libros	Papel, papel de periódicos, cartón, metales, productos químicos, tejidos, tintas, pegamentos

Continuación de la tabla VI.

<b>28</b>	Productos químicos y productos relacionados	Fabricación y preparación de productos químicos inorgánicos (variando desde medicinas y jabones hasta pinturas, barnices y explosivos)	Productos químicos orgánicos e inorgánicos, metales, plásticos, goma, vidrio, aceites, disolventes, pigmentos.
<b>29</b>	Refinería de petróleo e industrias relacionadas	Fabricación de materiales de pavimentación y tejados	Asfalto y alquitranes, fieltros amiantos, papel, tejido, fibra.
<b>30</b>	Goma y diversos productos plásticos	Elaboración de goma y productos plásticos	Goma y plásticos no útiles, negro de humo, compuestos de curado, tintas
<b>31</b>	Cuero y productos de cuero	Curtido y acabado de cuero; fabricación de cinta y envases de cuero	Cuero no útil, hilo, tintas, aceites, compuestos de procesamiento y curado.
<b>32</b>	Productos de piedra, arcilla y vidrio	Fabricación de vidrio en planchas, fabricación y formación de vidrio; fabricación de hormigón, yeso y productos de yeso; formación y procesamiento de piedra y productos de piedra, abrasivos, amianto y productos misceláneos no minerales	Vidrio, cemento, arcilla, cerámica, yeso, amianto, piedra, pape, abrasivos.
<b>33</b>	Industrias primarias de metal	Operaciones de fusión, fundición, forjado, revenido, laminado, embutición y extrusión.	Chatarra de metales férreos y no férreos, escoria, arena, machos y modelos para moldes, agentes de cohesión

Continuación de la tabla VI.

34	Productos fabricados de metal	Fabricación de latas metálicas, herramientas, ferretería en general, aparatos de calefacción no eléctricos, instalaciones de fontanería, productos estructurales prefabricados, alambre, maquinaria y equipamiento de agricultura, recubrimiento y grabación de metal	Metales, cerámica, arena, escoria, laminas, recubrimientos, disolventes, lubricantes, licores de los baños limpiadores de metal.
35	Maquinaria (no eléctrica)	Fabricación de equipamiento de construcción, minería, elevadores, escaleras mecánicas, transportadoras, camiones industriales, tráileres, apiladoras, herramientas de mecánica, etc.	Escoria, arena, machos de moldes, chatarra metálica, madera, plásticos, resinas, goma, tejido, pintura, disolventes, productos de petróleo.
36	Eléctrica	Fabricación de equipamiento eléctrico, electrodomésticos, aparatos de comunicación; operaciones de mecánica, revenido, encofrado, soldadura, estampado, devanado, pintura, cocción.	Chatarra metálica, negro de carbón, vidrio, metales raros, goma, plásticos, resinas, fibras, rechazos de tejido.
37	Equipamiento de transporte	Fabricación de vehículos motorizados, carrocerías de camiones y autobuses, piezas y accesorios de vehículos motorizados, aviones y piezas,	Chatarra metálica, vidrio, fibra, madera, goma, plásticos, tejidos, pintura, disolventes, productos de petróleo

Continuación de la tabla VI.

		construcción y reparación de barcos, motocicletas y bicicletas y piezas, etc.	
<b>38</b>	Instrumentos de utilización profesional y científica	Fabricación de instrumentos de ingeniería, laboratorios, investigación y equipamiento asociado	Metales, plásticos, resinas, vidrio, madera, goma, fibras, abrasivos
<b>39</b>	Fabricación miscelánea	Fabricación de joyas, platería, objetos bañados en plata, juguetes; bienes de recreo, deporte y atletismo, novedades de ropa, botones, escobas, cepillos, tableros de anuncios.	Metales, vidrio, plásticos, resinas, cuero, goma, hueso, tejido, paja, adhesivos, pintura, disolventes, materiales compuestos.

Fuente: COLOMER MENDOZA, Francisco; GALLARDO IZQUIERDO, José Antonio.  
Tratamiento y gestión de residuos sólidos. p. 94.

### 3.3.7. Residuos agrícolas

Son todos los residuos producidos por actividades agrícolas como: plantar y cosechar cultivos, producción de leche, crianza de animales para el matadero, y la operación de ganadería intensiva. Actualmente estos residuos no están a cargo de las agencias de gestión de residuos sólidos municipales, sin embargo, en zonas agrícolas y ganaderas se convierte en un problema crítico.

### **3.4. Clasificación por tipo de manejo**

Los residuos se pueden clasificar por su tipo de manejo, ya que algunos por sus características especiales tienden a tener una manipulación específica y de acuerdo con sus componentes. Se clasifican de la siguiente manera.

#### **3.4.1. Residuos peligrosos**

Los residuos peligrosos son aquellos residuos o combinaciones de residuos que representan una amenaza sustancial, presente o potencial a la salud pública o a los organismos vivos. Estos son clasificados según la EPA en tres categorías, 1) residuos listados 2) residuos peligrosos característicos, y 3) otros residuos peligrosos. Estos representan un peligro cuando son manejados en forma inapropiada, dependiendo de su concentración y tiempo de exposición ya que son tóxicos. En este estudio no se presenta este tipo de residuo

#### **3.4.2. Residuos no peligrosos**

Se considera un RS no peligroso al que provienen de viviendas domiciliarias, sitios de servicio privado y público, demoliciones y construcciones, establecimientos comerciales y de servicios que no tengan efectos nocivos a la salud humana.

#### **3.4.3. Residuos inertes**

Es un residuo que en el pasar del tiempo es estable, el cual no producirá afectos ambientales apreciables al interactuar con el medio ambiente.



### **3.5. Propiedades de los residuos sólidos**

Existen propiedades importantes de los RS ya que éstas, al no ser tomadas en cuenta, pueden afectar la buena gestión y desarrollo del tratamiento a implementar, estas propiedades son las físicas, químicas y biológicas, éstas determinan su comportamiento en las transformaciones que pueden afectar a la forma y composición de los RSD.

#### **3.5.1. Propiedades físicas**

Una propiedad física es una característica que puede ser estudiada usando los sentidos o algún instrumento específico de medida. Estas se manifiestan básicamente en los procesos físicos como las descritas a continuación.

##### **3.5.1.1. Peso específico**

Es el peso de un material por unidad de volumen y se le denomina también como densidad. La densidad varía según el grado de compactación, es de vital conocer el peso específico para conocer la masa y el volumen de los residuos y poder aplicar estos datos a la gestión de los mismos.

##### **3.5.1.2. Contenido de humedad**

Es la cantidad de humedad contenida en los residuos y se expresa con un porcentaje del peso total, es decir, el peso húmedo y el peso seco. Se calcula de la siguiente manera.

Ecuación:

$$W = \frac{w - d}{w} * 100$$

Dónde:

W: contenido de humedad, (%)

w: peso inicial de la muestra (kg)

d: peso de la muestra después de secarse a 105°C (kg)

### **3.5.1.3. Tamaño de la partícula**

Es importante conocer el tamaño y la distribución de tamaños de las partículas de los RS ya que en los procesos mecánicos de recuperación como tromel, cribas y separadores magnéticos es vital el conocerlo.

### **3.5.1.4. Capacidad de campo**

Es la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad. Sirve para determinar la formación de lixiviados en los vertederos. El exceso de agua sobre la capacidad de campo se emitirá en forma de lixiviación. Este parámetro varía según el grado de presión aplicada y el estado de descomposición del residuo.

### **3.5.1.5. Permeabilidad**

Es el grado en el cual los líquidos y gases pueden pasar a través de los espacios vacíos del conjunto de los RS, éste tiene una gran importancia en los diseños de vertederos o rellenos sanitarios, para el control de lixiviados y gases. El coeficiente de permeabilidad se expresa de la siguiente forma:

Ecuación:

$$K = C * d^2 * \frac{\gamma}{\mu} = k * \frac{\gamma}{\mu}$$

Dónde:

K: coeficiente de permeabilidad

C: constante sin dimensiones o factor de forma

d= tamaño medio de los poros

Y= peso específico del agua

μ=viscosidad dinámica del agua

k= permeabilidad intrínseca

### **3.5.2. Propiedades químicas**

Estas propiedades permiten conocer la capacidad de los residuos para ser procesados y/o recuperados, ya sea por medio de incineración, compostaje o el depósito en vertedero autorizado con el fin de obtener biogás. Para saber si es viable alguno de estos procesos es preciso conocer si los RS son combustibles o no combustibles y se saben con los siguientes parámetros.

#### **3.5.2.1. Punto de fusión de las cenizas**

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 oscilan entre 1100°C y 1200°C. Es necesario conocer la composición de un residuo concreto para determinar sus características de recuperación energética y la potencialidad de producir fertilizantes con la adecuada relación carbono/nitrógeno.

### **3.5.2.2. Análisis elemental de los componentes de residuos sólidos**

Es el porcentaje de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, ceniza y halógenos. Con estos análisis se determina la composición química de la materia orgánica de los RSD. También se usan para conseguir relaciones aptas para procesos de conversión biológica.

### **3.5.2.3. Contenido energético**

Es la capacidad calorífica de los componentes de los residuos, importante en el momento de conocer cuál es la recuperación de energía que se puede alcanzar con una determinada cantidad de residuo.

### **3.5.2.4. Nutrientes esenciales y otros elementos**

Cuando se implementarán los residuos como alimentación para la elaboración de productos biológicos de conversión, tales como compost, metano y etano, la información sobre nutrientes esenciales es importante respecto a la disponibilidad de nutrientes de microbios.

### **3.5.3. Propiedades biológicas**

Las características biológicas más importantes de la fracción orgánica de los RS es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y solios orgánicos e inorgánicos, relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrescible de los materiales orgánicos encontrados en los RSD, como residuos de comida.

Tabla VII. **Análisis orgánico de los residuos urbanos**

<b>Componente</b>	<b>Porcentaje</b>
Humedad	20.7
Celulosa, azúcares y almidón	46.6
Lípidos	4.5
Proteínas	2.1
Otros orgánicos (plásticos)	1.2
Inertes	24.9

Fuente: COLOMER MENDOZA, Francisco; GALLARDO IZQUIERDO, José Antonio.  
Tratamiento y gestión de residuos sólidos. p. 114.

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

Es la capacidad de un compuesto para ser degradado mediante microorganismos, es posible medirlo a través del contenido en sólidos volátiles (SV: porción de materia orgánica que puede eliminarse o volatizarse cuando esta se quema en un horno mufla a una temperatura de 550 °C).

Otro concepto dice que es un producto se considera biodegradable cuanto este tiene la capacidad de descomponerse en los elementos químicos que lo conforman, debido a la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales. La Biodegradación es la característica de algunas sustancias químicas para poder ser utilizados como sustratos por microorganismos que las emplean para producir energía y crear otras sustancias como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos. Pueden emplearse en la eliminación de ciertos contaminantes como los desechos sólidos urbanos.

### **3.5.3.2. Producción de olores**

La formación de olores se produce por la descomposición anaerobia de los compuestos fácilmente putrescibles contenidos en los residuos, esto por el almacenamiento durante un periodo de tiempo que se producen reacciones químicas. La producción de olores es una consecuencia inevitable de las operaciones que involucran la manipulación y eliminación de residuos putrescibles y algunos flujos de residuos industriales

Para operaciones de eliminación como son el caso de los vertederos, los olores también se pueden generar como resultado de la descomposición del residuo con la consiguiente liberación de gases de vertedero y procesos secundarios como el tratamiento de lixiviados y generación de energías.

### **3.6. Generación de residuos sólidos**

La generación de residuos es una consecuencia directa de cualquier tipo de actividad desarrollada por el hombre; hace años un gran porcentaje de los residuos eran reutilizados en muy diversos usos, pero hoy en día nos encontramos en una sociedad de consumo que genera gran cantidad y variedad de residuos procedentes de un amplio abanico de actividades. En los hogares, oficinas, mercados, industrias, hospitales, etc. se producen residuos que es preciso recolectar, tratar y eliminar adecuadamente.

Otra definición de residuo es cualquier producto deficiente, inservible o inutilizado que su poseedor destina al abandono y del cual quiere desprenderse.

### **3.6.1. Producción por habitante**

Esta es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas. Se define como producción per cápita (PPC) al parámetro que asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo, expresándose en kilogramos por habitante por día (kg/hab/día). Esta producción es única para cada población.

Es posible efectuar una estimación teórica de la PPC en función de la estadística de recolección y utilizando la siguiente expresión:

$$PPC = \frac{kg \text{ recolectados}}{habitantes}$$

### **3.7. Ciclo de los residuos sólidos domiciliarios**

La definición de ciclo es una serie de fases por las que pasa un fenómeno periódico hasta que se reproduce una fase anterior, es decir, vuelve a empezar. Se puede decir que el ciclo de los residuos en comparación, por decir, un ejemplo, con el ciclo del agua, donde va pasando por cada una de sus fases y regresa en donde empezó. Los residuos sólidos no tienen esas características ya que su ciclo no se cierra y no se integra a un ciclo natural, es por esa razón que sin una adecuada gestión y tratamiento éste puede ser nocivo para la salud humana y generar un impacto negativo al medio ambiente.

El ciclo de los residuos sólidos domiciliarios se divide en dos etapas, la generación y la gestión.

### **3.7.1. Generación de residuos sólidos domiciliarios**

Consiste en el proceso de desechar aquellos materiales no deseados por parte de las familias, en donde las composiciones físicas de cada región varían conforme al estilo de vida de cada población. Estadísticamente es notable que en países desarrollados, la generación de desechos inorgánicos es mayor que los desechos orgánicos, debido que los productos que se consumen en su mayoría tienen mayor embalaje ya sea de papel y cartón o sintéticos.

### **3.7.2. Gestión de los desechos sólidos domiciliarios**

Es el conjunto de operaciones para darle el destino final más eficiente a los desechos sólidos domiciliarios, considerando los aspectos ambientales, sanitarios y económicos en un esfuerzo por reducir los efectos perjudiciales en la salud humana y la estética del entorno, aunque actualmente se trabaja no solo para reducir los efectos perjudiciales ocasionados al medio ambiente sino para recuperar los recursos del mismo.

La gestión de residuos puede abarcar sustancias sólidas, líquidas o gaseosas con diferentes métodos para cada una. La eficiencia de la gestión de este tipo de residuos consiste entre otras acciones, en reducir al mínimo la cantidad de desechos enviados al vertedero. Estos esfuerzos incluyen el reciclaje, convertir los desechos en energía, diseñando productos que usen menos material, y la legislación que confiere por mandato a los fabricantes se hagan responsables de los gastos de disposición de productos y del embalaje.

Las etapas comprendidas en la gestión son: recolección, transporte, tratamiento intermedio y disposición final.



## **4. GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Toda gestión se caracteriza por tener un plan organizado, con pasos definidos que permiten optimizar los recursos disponibles y reducir las pérdidas como por ejemplo materiales que pueden ser utilizados para un reciclaje o compostaje. Es el motivo por el cual se deben tener en cuenta todos y cada uno de los procesos que integran la gestión de los residuos sólidos.

### **4.1. Tasas de generación y recolección de residuos sólidos**

Es de suma importancia conocer las cantidades generadas para cada tipo de residuo por separado y así dimensionar el tipo de proceso por el cual deben ser sometidos, esto maximiza la eficiencia de la gestión.

#### **4.1.1. Importancia de las cantidades**

La cantidad de residuos sólidos es de suma importancia, de esta manera tener el dato preciso de las cantidades generadas en comparación con las cantidades recolectadas refleja qué porcentaje de éstos están siendo destinados a un vertedero, ya sea controlado o no controlado; y qué cantidad se presta a otros destinos que de cierta forma tienen deficiencias o impacto a la salud y al medio ambiente.

También son importantes las cantidades para el diseño de las instalaciones de gestión, que incluye la recolección, como por ejemplo qué tipo de vehículo será utilizado para el transporte total o parcial de los residuos; clasificación: es donde se separan los residuos orgánicos para un posible

compostaje, los residuos inorgánicos para un posible reciclaje, peligrosos y otros; así también para dimensionar un relleno sanitario con una proyección de incremento de las tasas de generación a futuro.

#### 4.1.2. Medidas y métodos utilizados para valorar

Las medidas para cuantificar las cantidades de residuos sólidos son por medidas de volumen y por peso, tomando en cuenta que éstas tomadas individualmente no representan cantidades confiables en comparación con la densidad o peso específico, es decir, que un metro cubico de residuos sin compactar es muy distinto a un metro cubico de residuos compactado.

Para cada tipo de residuo sólido por su origen existen unidades que son adecuadas para cada caso, esto por sus componentes o por su tipo de generación, a continuación se da una sugerencia de cómo dimensionar.

Tabla VIII. **Sugerencia de las unidades de expresión para las cantidades de residuo sólidos**

Tipo de residuo	Comentario
<b>Doméstico</b>	Por la estabilidad relativa de la producción, la unidad de expresión más común utilizada para sus tasas de generación es kg/hab/día
<b>Comercial</b>	Se puede utilizar kg/hab/día pero proporciona poca información útil sobre la naturaleza de la generación en las fuentes comerciales, también puede relacionarse con las cantidades generadas por el número de clientes, el valor en dólares de las ventas o alguna unidad similar.
<b>Industrial</b>	Estos deberían expresarse en base a alguna media respecto a la producción ejemplo kg por vehículo producido, kg por paquete para una planta de empaquetamiento.

Continuación de la tabla VII.

**Agrícola**

Kg de estiércol/peso de res/día, kg de residuo/t de producto bruto
--

Fuente: TCHOBANOGLOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p. 148.

Los métodos utilizados para valorar las cantidades de residuos se estiman basándose en un estudio de caracterización de residuos, estos métodos para valorización de residuos sólidos son los siguientes

#### **4.1.2.1. Análisis del número de cargas**

Este método utiliza el número de cargas (vehículos) utilizado para el transporte de los residuos, para determinar las cantidades de residuos se anotan el tipo, peso y volumen estimado de los residuos llevados por cada vehículo. La expresión de la cantidad de residuos puede ser en kg/hab/día sabiendo la cantidad de viviendas que fueron incluidas en la recolección y el tiempo en que se efectuó.

#### **4.1.2.2. Análisis peso-volumen**

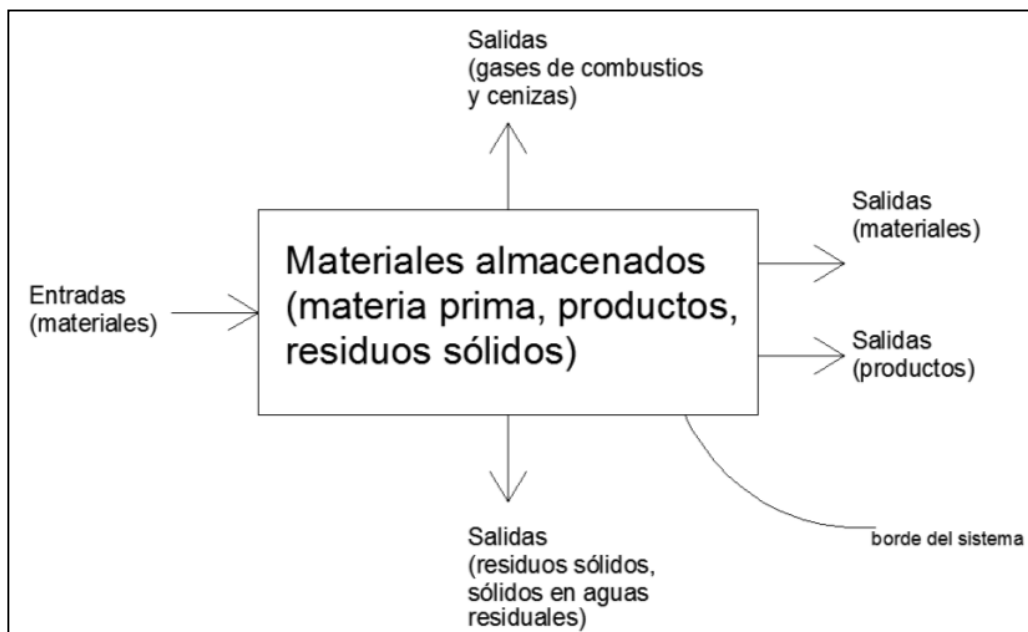
En este método se pesa y se toman las dimensiones del vehículo de recolección, utilizando básculas de plataforma. En el método de análisis peso-volumen utilizado para determinar las cantidades de residuo, se estima el volumen de cada camión

#### **4.1.2.3. Análisis de balance de masas**

Este método analiza cada cambio que se presenta en la tasa de generación de residuos, esto quiere decir que pone énfasis tanto a la cantidad de residuos que entran al sistema en estudio como a la salida del mismo, se

visualiza en la figura 3. El orden que este análisis requiere como primer paso la delimitación del sistema alrededor de la unidad que se estudia; segundo, se identifican todas las actividades que se cruzan o se producen dentro del borde y que afectan a la generación de residuos; tercero, se identifica la tasa de generación de residuos asociada a cada una de estas actividades. Cuarto, utilizando las relaciones matemáticas apropiadas, se determina la cantidad de residuos generados, recolectados y almacenados.

Figura 3. **Esquema para el análisis del balance de materiales utilizados para determinar las tasas de generación de residuos sólidos**



Fuente: TCHOBANOGLOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p. 152.

Matemáticamente se puede expresar de la siguiente manera

$$\frac{dM}{dt} = \Sigma M_{en} - \Sigma M_{sa} + r_w$$

Dónde:

$\frac{dM}{dt}$  = tasa de variación para el peso del material almacenado dentro de la unidad de estudio, kg/d

$\Sigma M_{en}$  = suma de todo el material que entra en la unidad de estudio, kg/d

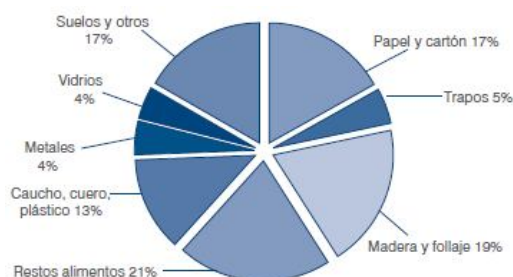
$\Sigma M_{sa}$  = suma de todo el material que sale de la unidad de estudio, kg/d

$r_w$  = tasa de generación de residuos, kg/d

#### 4.1.2.4. Análisis estadístico de cantidades medidas de residuos

Este análisis se basa en la observación estadística de la generación de residuos sólidos, es decir, que mediante la recolección de datos in situ y llevando una bitácora de todos los eventos es posible el diseño de los diferentes componentes de la gestión de residuos como: la recolección, transporte (tipo de vehículo a implementar), tratamiento y disposición final.

Figura 4. **Guatemala: composición de los residuos y desechos orgánicos 2009 (por ciento)**



Fuente: INE, Anuario Estadístico Ambiental 2010, Guatemala. p. 136.

### **4.1.3. Tasas de generación y recolección de residuos sólidos**

Hay que tomar en cuenta que la tasa de generación y la tasa de recolección son cantidades totalmente diferentes. La primera es la cantidad de residuos que se genera en el lugar ya sea de tipo doméstico, comercial, institucional, industrial, etc., no ha existido ninguna separación o algún tipo de cambio en su composición física, química o biológica como la degradación o putrefacción, la incineración, el reciclaje o reutilización. La segunda, en algunos casos, puede ser la misma cantidad que la de generación pero puede existir el cambio en la composición física por cualquier motivo de los antes mencionado, en consecuencia pueden variar las cantidades.

#### **4.1.3.1. Tasas de generación**

Estas cantidades van de acuerdo con las necesidades que la población demanda, en el caso de los residuos sólidos domiciliarios se verá una notable cantidad de restos de comida, envolturas, papel, cartón, plásticos y toda clase de residuos propios de una vivienda.

En los residuos comerciales varían conforme la orientación propia del comercio, pero en general son productos que servirán a suplir las necesidades de la población, es decir, a los domicilios. Se puede aproximar un porcentaje en composición de los residuos sólidos urbanos que en un rango del 50 al 75 por ciento estarán compuestos por residuos sólidos domésticos y comerciales.

Los residuos tóxicos se verán afectados cuando en la población existan talleres mecánicos, ya que por su trabajo generan desechos como hidrocarburos y aceites, para lo cual se debe realizar una extracción por separado que los desechos domiciliarios.

Tabla IX. **Estimación de la composición de la basura domiciliar por departamentos en Guatemala**

Departamento	Papel y Cartón (%)	Trapos (%)	Madera y follaje (%)	Restos de alimentos (%)	Caucho, cuero y plástico (%)	Metales (%)	Vidrios (%)	Suelo y otro (%)
Guatemala	20,1	7,9	42,9	18,1	15,8	44,5	24,0	27,7
El Progreso	1,0	0,6	2,0	0,5	0,7	1,8	0,8	1,1
Sacatepéquez	0,7	0,8	1,3	1,0	0,9	2,3	2,2	1,0
Chimaltenango	3,2	3,5	3,6	5,8	5,0	3,2	3,2	6,5
Escuintla	4,9	6,0	3,4	6,1	8,1	7,0	5,4	4,3
Santa Rosa	2,2	2,7	1,5	2,7	3,6	3,1	2,4	1,9
Sololá	5,4	5,1	0,2	0,5	1,7	1,4	4,1	5,6
Totonicapán	6,9	6,4	0,2	1,2	2,2	2,3	5,5	7,0
Quetzaltenango	8,4	9,9	0,4	1,0	2,9	1,8	7,5	11,6
Suchitepéquez	2,8	0,8	4,4	7,5	3,7	0,1	0,3	3,0
Retalhuleu	1,3	-	3,0	4,5	2,1	0,0	0,1	1,9
San Marcos	5,9	8,3	10,6	8,7	7,0	7,3	4,2	6,4
Huehuetenango	4,9	9,0	2,3	8,6	8,1	3,1	3,8	3,6
Quiché	7,2	6,3	1,2	12,4	11,2	3,7	4,6	2,4
Baja Verapaz	2,3	2,1	2,4	0,9	2,4	1,7	2,0	0,4
Alta Verapaz	9,2	8,4	9,7	3,8	9,7	6,6	8,2	1,6
Petén	2,3	3,6	2,0	1,0	2,5	3,0	4,1	0,3
Izabal	3,6	0,7	3,5	3,5	4,5	1,6	0,8	0,9
Zacapa	2,3	0,1	2,9	2,0	1,8	1,0	0,8	0,2
Chiquimula	2,1	14,7	0,3	1,8	0,7	2,7	11,5	3,7
Jalapa	1,5	1,3	1,0	3,6	2,3	0,7	2,0	3,3
Jutiapa	1,8	1,7	1,3	4,8	3,1	1,0	2,5	5,4

Fuente: INE, Anuario Estadístico Ambiental 2010. p.135.

En la tabla IX se observan las cantidades de los diferentes tipos de residuos, estas cantidades varían según departamento ya que cada uno de estos posee diferentes demandas ya sea por su desarrollo económico, actividades comerciales e industriales o simplemente por sus costumbres. Como se puede visualizar en el departamento de Guatemala el porcentaje que equivale a restos de comida es del 18.1% y el de la casilla de papel y cartón que es del 20.1%, esto si se compara con el departamento de Quiché en restos de alimentos el porcentaje es de 12.4% y de papel y cartón es del 7.2%, o en el departamento de Jalapa donde las cantidades son restos de alimento 3.6%, papel y cartón 1.5%.

En los dos últimos departamentos los porcentajes de restos de alimentos prácticamente doblan a las cantidades de papel y cartón y en el departamento de Guatemala la cantidad de papel y cartón es mayor que la de restos de alimentos, esto se debe a que se consumen un mayor número productos de consumo alimenticio con embalaje de cartón que ya vienen preparados o listos para consumir, a diferencia de los otros departamento en los que se consumen productos netamente orgánicos que generan restos.

#### **4.1.3.2. Tasas de recolección de residuos sólidos**

La diferencia entre las cantidades generadas de residuos sólidos y las cantidades recolectadas para su procesamiento y/o vertido variarán normalmente desde el 4 hasta el 15 por ciento. Estas diferencias se justifican por las cantidades de materiales fermentados, quemados, arrojados a las alcantarillas, donados a cridad, vendido a recolectores de reciclaje, entregados a estaciones de recolección selectiva y centros de reciclaje y reciclados directamente.



#### **4.1.3.3. Variaciones en las tasas de generación y recolección**

Estas cantidades varían constantemente, pueden variar diariamente, semanalmente, mensualmente y estacionalmente. Estos cambios se deben ya sea al clima, a la economía o la temporada de vacaciones, en este caso puede llegar a su máximo nivel, entre semana la variación se encuentre en los fines de semana ya que normalmente las familias se reúnen a convivir, generando más residuos que lo usual. También existen variaciones en las cantidades que se ven reducidas como por ejemplo finales de mes en donde las familias esperan el pago de su salario por lo que su consumo se reduce.

#### **4.1.4. Factores que afectan a las tasa de generación de residuos sólidos**

Estos factores afectan a las cantidades generadas de residuos sólidos los más importantes puede decirse que son la reducción en origen y reciclaje, las actitudes públicas y los factores físicos y geográficos

##### **4.1.4.1. Reducción en origen**

Se puede lograr a través de la compra de productos que se han diseñado y fabricado con un contenido toxico mínimo, volumen mínimo de material o una vida útil más larga. En casa se puede realizar a través de compra selectiva y reutilización de productos y materiales, aquí un ejemplo de cómo se puede reducir:

- Disminuir el embalaje innecesario o excesivo
- Desarrollar y utilizar productos más duraderos y más fáciles de arreglar.

- Sustituir productos de un solo uso por productos reutilizables.
- Utilizar menos recursos.
- Incrementar en los productos el contenido de materiales reciclados.

#### **4.1.4.2. Actitudes públicas y legislación**

Si algo debe de cambiar es la actitud de las personas, deben de tener una actitud enfocada a la preservación del medio ambiente, percatarse de que tipo de productos consumen y más importante tener conciencia de que los residuos sólidos son una amenaza para la salud y el medio. Esto debe reflejarse en sus hábitos y estilo de vida para conservar los recursos naturales y reducir las cargas económicas asociadas a la gestión de residuos sólidos.

En Estados Unidos, algunas poblaciones tienen leyes de depósito para recipientes de bebidas. La primera fue decretada en Oregón en 1,972. En los estados con leyes de depósitos para recipientes, las tasas de devolución de botellas y latas varían del 93 al 96 por ciento y del 90 al 96 por ciento respectivamente. La legislación es quizás el factor más importante que influye en la generación de residuos, por este motivo se debería promover las iniciativas de ley que creen normativas que tratan del uso específico de materiales, en la sección 4.7 de esta investigación se mencionan las leyes guatemaltecas con respecto a los desechos sólidos.

#### **4.1.4.3. Factores físicos y geográficos**

La localización es un factor importante, directamente tiene que ver con el clima y el tiempo de las cosechas que se resume al consumo de productos vegetales, frutas y verduras. Por ejemplo en las zonas sureñas más cálidas, donde la temporada de cultivo es considerablemente más larga que en zonas

septentrionales, los residuos de jardín se recolectan no solamente en cantidades mucho más grandes, sino también durante un periodo más largo.

#### 4.1.5. Cantidades de materiales recuperados de residuos sólidos domésticos

En Estados Unidos, en 1992 los porcentajes estimados de la cantidad total de residuos sólidos que se recuperaron por categorías se representan en la tabla X. Para el reciclaje doméstico y comercial las estimaciones varían aproximadamente entre el 12% y el 16%. El grado de reciclaje depende del tipo de programa en vigor y de las normativas locales.

Tabla X. Estimaciones de las cantidades de materiales recuperados para el reciclaje en Estados Unidos en 1992

Material	Por ciento recuperado del total generado	Observaciones
Aluminio	60-70	Principalmente recipientes de bebidas
Papel	30-40	
Cartón	40-50	
Plástico	4-5	67.5x10 <sup>6</sup> k de botellas de plástico de refrescos fueron recicladas en 1987 (aproximadamente el 20%)
Vidrio	6-10	
Metal férreo	15-25	
Metales no férreos	10-15	
Residuos de jardín	<1	Compost; combustible biomasa producido a partir de la fracción orgánica de los residuos domésticos

Continuación de la tabla X.

Residuos de construcción y demolición	15-25	
Madera	5-10	
Aceite residual	20-30	
Neumáticos	40-50	
Baterías ácidas de plomo	75-85	
Pilas domesticas	<1	
Total global para Estados Unidos basándose en el peso	12-15	

Fuente: TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p 170.

#### 4.1.6. Cantidades de residuos sólidos domésticos peligrosos

Los residuos sólidos domésticos especiales –incluyendo residuos peligrosos, aceite usado, neumáticos viejos y bienes de línea blanca- y los residuos de construcción y demolición, normalmente no se recolectan con los otros residuos domésticos, pero si se presentan en cantidades pequeñas que son procedentes de fuentes domésticas. Los datos sobre las cantidades de residuos peligrosos son bastante variables, según el método utilizado para clasificar los materiales residuales peligrosos. A continuación en la tabla XI se presentan los estimados anuales de residuos domésticos especificados peligrosos en los residuos de sólidos de California.

En la tabla XI se detallan los estimados de residuos sólidos domésticos peligrosos en California. En la tabla XII se dictan los criterios para clasificar los residuos domésticos peligrosos.

Tabla XI. **Tonelaje anual estimado de residuos domésticos especificados peligrosos en los residuos sólidos de California**

<b>Residuo peligroso genérico</b>	<b>Concentración, (ppm)</b>	<b>Peso anual (t)</b>
Orgánicos no clorados	87	2,447
Orgánicos clorados	0.2	5
Otros orgánicos	9	253
Pesticidas	.1	3
Pintura de látex (base de agua)	394	11,080
Pinturas con base de óleo	76	2,137
Aceite residual	61	1,716
Batería de automóvil	1,661	46,713
Batería doméstica	668	18,786
Total		83,140

Fuente: TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p 171.

Tabla XII. **Criterios utilizados para clasificar los residuos peligrosos encontrados en los residuos sólidos domésticos respecto a su toxicidad**

<b>Clasificación de toxicidad</b>	<b>Dosis oral probablemente letal</b>
6- súper toxico	<5mg/kg
5- extremadamente tóxico	5-50 mg/kg
4- muy tóxico	50-500 mg/kg
3- moderadamente tóxico	0.5-5 g/kg
2- ligeramente tóxico	5-15 g/kg
1- Probablemente no tóxico	>15g/kg

Fuente: TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p. 171.

#### **4.1.7. Estudio de caracterización y desviación de residuos**

La finalidad de un estudio de caracterización, es identificar las fuentes, características y cantidades de residuos generados. Los pasos típicos de una caracterización de residuos sólidos son los siguientes:

- Recabar información existente. El uso de información existente puede reducir los costos, ahorrar tiempo y sirve como referencia. Las fuentes de información existentes pueden ser:
  - 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 procesamiento.
  - Archivos de vertederos e instalaciones de transferencia.
  - Estudios anteriores sobre evacuación de residuos.
  - Información de comunidades similares.
  - Departamento de obras públicas.
  - Empresas de servicio público.
  - Informes de comercio al por menor.
  - Archivos de empleo de la comunidad (cámara de comercio).
  
- Identificar fuentes de generación de residuos y las características de los residuos
  - Fuentes: domésticas, comerciales, institucionales, construcción y demolición, servicios municipales, plantas de tratamiento de agua y aguas residuales, industriales, agrícolas.

- Desarrollar categorías de residuos.
- Desarrollar metodologías de muestreo
  - Identificación y caracterización de muestras incluyendo: fuentes, tamaño de muestra, número de muestras necesarias para relevancia estadística.
  - Duración del periodo de muestreo.
  - Época del año.
- Realizar estudios de campo
- Realizar sondeos de mercado para residuos especiales.
- Valorar los factores que afectan a las tasas de generación de residuos.

#### **4.1.7.1. Valoración de las desviaciones actuales de residuos**

La finalidad de un estudio desviación de residuos es identificar los tipos y cantidades de materiales residuales que son separados para el reciclaje o de otra forma desviados de la evacuación en vertederos. Los pasos típicos a seguir son los siguientes:

- Recoger la información existente, las fuentes pueden ser:
  - Estudios previos de generación de residuos sólidos.
  - Estudios previos de desviación de residuos sólidos.
  - Programas de reciclaje en acera (públicos y privados).
  - Instalaciones de recuperación de materiales.
  - Centros de recompra.

- Centros de recolección selectiva.
  - Centros de reciclaje de neumáticos y aceite.
  - Transportistas privados (residuos especiales).
  - Organizaciones de caridad y servicios.
- Desarrollar metodología para estimar las cantidades de residuos actualmente desviados.
    - Fuentes: domésticos, comerciales, institucionales, construcción y demolición, servicios municipales, plantas de tratamiento de aguas y aguas residuales industrial, agrícola.
  - Identificar otras actividades existentes.
  - Realizar estudios de campo.
  - Valorar los factores que afectan a las tasas de desviación de residuos.

#### **4.1.7.2. Análisis del total de residuos generados y desviados**

La cantidad total de residuos sólidos está compuesta por la cantidad de residuos que son destinados en la colocación de vertederos y la cantidad que es desviada, es decir, destinada al reciclaje o a la reutilización. Esta cantidad total es equivalente a la cantidad generada.

La importancia que tiene el análisis de estas cantidades permite el diseño de los espacios destinados a la disposición final de los residuos, ya sea al confinamiento o depósito final o a la clasificación para una reutilización o reciclaje.



## **4.2. Manipulación y separación, almacenamiento y procesamiento en origen**

Dentro del sistema de gestión de residuos sólidos, este paso es de gran importancia ya que la manipulación y separación, almacenamiento y procesamiento en origen dicta las características finales de los residuos sólidos. Con una mejor voluntad pública es posible crear condiciones en las cuales los residuos que éstos generan puedan ser aprovechados de maneras más eficientes. Por lo tanto, esta manipulación en origen es de vital importancia.

### **4.2.1. Manipulación y separación de los residuos sólidos en origen**

Es de suma importancia que los residuos sean manipulados y separados en origen evitando que se mezclen entre sí, como por ejemplo, que se mezcle la parte orgánica con papel y cartón, los residuos peligrosos como pilas y baterías con plásticos y lata y así sucesivamente, dando como resultado una masa de residuos que difícilmente puede llegar a ser de utilidad en el momento de reciclaje, compostaje o reutilización. Si son separados y manipulados desde su origen, estos materiales pueden ser desviados con mayor facilidad ahorrando tiempo y dinero en su tratamiento. La mejor forma de separarlos es asignarle un contenedor para cada tipo de residuo con un color distintivo ya sea orgánico, papel, cartón, metales, vidrio, plásticos, etc.

Existen diferentes códigos para la separación en origen de residuos sólidos por medio de colores, éstos facilitan la identificación del tipo de residuo (orgánico, inorgánico, plástico, metal, peligroso, papel, cartón, etc.) para asignarle un solo recipiente a cada tipo y que éstos no se contaminen por otro tipo de residuo. Al implementar este tipo de separación, la cantidad de residuos

que pueden aprovecharse aumenta debido a su aislamiento de los demás residuos.

En los países desarrollados utilizan una amplia gama de colores que permiten separar una mayor variedad de residuos que pueden ser utilizados de distintas formas, es el caso de la clasificación GTC-24 de Colombia que utiliza 6 colores diferentes como se muestra en la figura 5.

Figura 5. **Clasificación de residuos GTC-24 (guía técnica colombiana)**



Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. Programa Manejo Integrado de Residuos Sólidos (MIRS), Anexo 3,

Este tipo de clasificación requiere de una capacitación al productor y una constante concientización de los beneficios de una adecuada separación, que en países desarrollados llevan años de ponerla en marcha en sus programas de gestión y legislación. Por lo tanto no tienen mayor problema para la separación desde su origen.

En contraparte, en los países en vías de desarrollo, en los cuales no se le da una prioridad al manejo adecuado de los residuos sólidos, esta separación por colores puede ser confusa y molesta, ya que representa al productor trabajo que a su parecer no le trae ningún beneficio. Por este motivo también se crea una clasificación por colores que pueda ser fácil de recordar y poca capacitación para poder separar residuos reutilizables y no reutilizables. Este es el caso de la clasificación en el Decreto 2676 del 2000 en Colombia que realiza su separación según la figura 6.

Figura 6. **Clasificación de residuos sólidos según Decreto 2676-2000 Colombia**



Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. Programa Manejo Integrado de Residuos Sólidos (MIRS), Anexo 3,

#### 4.2.2. Manipulación y separación de residuos sólidos en viviendas residenciales

Esta manipulación se da conforme al tipo de viviendas que refiera, los tipos de vivienda se clasifican de tal manera que la altura o las cantidades de viviendas reunidas en un área específica se aplique cierta acción para su adecuado sistema de manipulación.

Las viviendas se dividen en tres clasificaciones que son: baja altura (menos de 4 plantas), mediana altura (de 4 a 7 plantas) y bloques elevados (más de 7 plantas), cada uno tiene la responsabilidad de manipular y separar según sea su caso, (ver descripción en tabla XIII) .

Tabla XIII. **Personas responsables, equipamiento auxiliar utilizado, manipulación y separación de residuos sólidos en origen**

<b>Origen Doméstico</b>	<b>Personas responsables</b>	<b>Equipamiento auxiliar e instalaciones</b>
Baja altura	Residentes, inquilinos	Compactadores domésticos, contenedores grandes con ruedas, carros de mano pequeños con ruedas
Mediana altura	Inquilinos, operarios de mantenimiento del edificio, servicios de limpieza, gestores de unidad	Conductos de gravedad, ascensores de servicio, carros de recogida, transportadores neumáticos.
Elevados	Inquilinos, operarios de mantenimiento del edificio, servicios de limpieza	Conductos de gravedad, ascensores de servicio, carros de recogida, transportadores neumáticos.

Continuación de la tabla XIII.

<b>Comercial</b>	Empleados, servicios de limpieza	Carros de recogida con ruedas o castores, trenes de contenedores, caída de arpillera, ascensores de servicio, cintas transportadoras, transportadores neumáticos
<b>Industrial</b>	Empleados, servicios de limpieza	Carros de recogida con ruedas o castores, trenes de contenedores, caída de arpillera, ascensores de servicio, cintas transportadoras
Espacios abiertos	Propietarios, oficiales de parque, empleados municipales	Contenedores a prueba de vandalismo
Lugares de plantas de tratamiento	Operarios de planta	Una variedad de transportadores y otro equipamiento e instalaciones manualmente operados
<b>Agrícolas</b>	Propietarios, obreros	Varía según comodidad

Fuente: TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p. 185.

#### 4.2.3. Almacenamiento de residuos sólidos en origen.

Existen cuatro factores que deben considerarse en el almacenamiento en el lugar de origen de los residuos sólidos, éstos son

- Efectos del almacenamiento sobre los componentes de los residuos
- Tipo de contenedor que se va a utilizar
- Localización del contenedor
- Salud pública y estética

#### **4.2.3.1. Efectos del almacenamiento sobre los componentes de los residuos**

Estos efectos incluyen descomposición microbiológica por bacterias y hongos que causan olores por la putrefacción de los residuos orgánicos, al igual que la producción de olores que llama vectores como las moscas que se reproducen por la existencia de alimento.

También la absorción de fluidos donde los materiales que contienen menos humedad absorben la humedad de otros residuos, si se dejan los residuos durante más de una semana en contenedores cerrados, la humedad se distribuirá a través de los residuos. Otro efecto es la contaminación de los componentes de los residuos, éste tiene dos consecuencias, la negativa es que productos como aceites de motor, productos de limpieza y pinturas contaminan los demás residuos restando valor de los componentes individuales para el reciclaje. Y el positivo es que reduce las concentraciones de contaminantes de los residuos que son destinados a un vertedero.

#### **4.2.3.2. Tipos de contenedores**

Los contenedores deben ser seleccionados para brindar comodidad en su manipulación, resistencia y capacidad, ya que existen gran cantidad de formas, materiales y tamaños que en algunos casos pueden dañar la salud física por ser muy pesados en el caso de los contenedores de metal y que a su vez son muy ruidosos, también existen contenedores de plástico que por su peso liviano son perfectos para la manipulación pero por su grado de resistencia pueden dañarse o rajarse por efectos de los rayos ultravioleta.

Los factores a tomar en cuenta para la selección adecuada de los contenedores son: 1) las características y pipos de residuos sólidos que hay que recoger, 2) el tipo de sistema de recogida utilizado y su frecuencia de recolección, 3) el espacio disponible para poner los contenedores.

#### **4.2.3.3. Lugares para almacenamiento de contenedores**

Los lugares dependen del tipo de vivienda, del espacio disponible y del acceso a los servicios de recolección. Normalmente se colocan los contenedores al lado o cerca de la casa, en callejones, dentro o al lado del garaje, o cuando es posible en algún lugar común específicamente designado para este propósito. En edificios se puede incluir el almacenamiento en sótanos y al aire libre. En los bloques de viviendas elevados, el equipo de almacenamiento y procesamiento de residuos se localiza en el sótano del edificio.

#### **4.2.3.4. Salud pública**

El almacenamiento de residuos sólidos en intervalos de tiempo prolongado y el uso constante de los contenedores puede crear un ambiente idóneo para la reproducción de vectores que pueden afectar la salud humana, también contribuye a que el ornato se vea afectada por un exceso de acumulación de suciedad o residuos. Es por este motivo que deben realizarse trabajos de limpieza de los contenedores, usar correctamente las tapaderas para impedir el ingreso de moscas, roedores y otros vectores, también evita la emanación de malos olores.

#### **4.2.4. Procesamiento de residuos sólidos en viviendas residenciales**

Los métodos más comunes de procesamiento de residuos sólidos en vivienda y que mejor se adapta a las condiciones de viabilidad por su fácil acción incluyen la trituración de los residuos de comida, separación de componentes, compactación, incineración y compostaje. El fin de estos procesos es: 1) reducir el volumen, 2) recuperar materiales reutilizables y 3) alterar la forma de los residuos sólidos.

#### **4.3. Recolección de residuos sólidos**

La recolección es la acción de reunir todos los residuos sólidos de cada vivienda y comercio que previamente los productores han preparado para ser removidos del lugar y ser llevados a su lugar de destino ya sea para una separación o clasificación, algún tipo de tratamiento o al vertedero final. La recolección no solo se implica la acción de recolectar sino también incluye el transporte al lugar del destino, esto traducido en costos significa desde el 50% hasta el 80% siendo el mayor rubro de la gestión total.

##### **4.3.1. Prerecolección**

Se llama pre recolección al conjunto de actividades que el productor realiza para su adecuada remoción del lugar de generación, estas acciones están sujetas según el tipo de recolección que la compañía ya sea municipal o privada brinde a los usuarios. El tipo de recolección varía según cada lugar, ya sea por motivos de comodidad, economía o rapidez, como por ejemplo recolección en acera, recolección intradomiciliar o recolección en callejones.



#### **4.3.2. Recolección de los residuos sólidos**

Los tipos más comunes de servicios de recolección domésticos para las viviendas incluyen: 1) acera, 2) callejón, 3) sacar-devolver, y 4) sacar. En el método de acera, el productor es responsable de colocar los contenedores que hay que vaciar. En el método de callejón normalmente estos forman parte básica del mapa de una ciudad o zona residencial, por lo cual todos los usuarios depositan sus residuos en un contenedor común o simplemente los reúnen en depósitos individuales. El método sacar-devolver o intradomiciliar los residuos son extraídos de la propiedad y devueltos después de ser vaciados por los operarios responsables de la carga.

El servicio de sacar es prácticamente el mismo que el sacar-devolver a excepción que el usuario es el responsable de devolver el contener a su lugar de almacenamiento. Los métodos manuales utilizados para la recolección de residuos domésticos incluyen: el levantamiento directo y el porte de los contenedores cargados hasta el vehículo de recolección para su vaciado; el deslizamiento de los contenedores cargados sobre sus ruedas hasta el vehículo de recolección; y el uso de pequeños montacargas para llevar los contenedores cargados al vehículo de recolección.

#### **4.3.3. Tipos de sistemas de recolección, equipamiento y necesidades de personal**

Existen diferentes tipos de sistemas de recolección, que por su equipamiento aumentan la eficiencia del transporte. Es el caso de los sistemas de contenedores, éstos permiten transportar un contenedor de tamaño considerado (1.5 a 10 m<sup>3</sup>) reduciendo así el tiempo de manipulación, reduce las desagradable acumulaciones y condiciones poco sanitarias aunque por

transportar un contenedor, éste emplea un viaje de ida y vuelta por cada uno. También está el sistema de caja fija, en dos tipos, cargados mecánicamente y cargados manualmente, por ser económicamente ventajosa la mayoría utiliza mecanismos internos de compactación.

#### **4.4. Separación, procesamiento y transformación de residuos sólidos**

En la gestión de residuos sólidos uno de los fines es el aprovechamiento de materiales que por su naturaleza pueden aportar directamente o indirectamente materia prima para un uso diferente al que fueron diseñados inicialmente. La forma de obtener estos materiales reutilizables es por medio de procesamiento o transformaciones de los residuos sólidos según su naturaleza. Estos procesos pueden ser, reciclaje, compostaje: método de transformación biológica; e incineración: para la recuperación de energía por medio de calor.

##### **4.4.1. Posibilidad de reutilización y reciclaje de materiales residuales**

El reciclaje es un proceso mediante el cual los residuos se incorporan al proceso industrial como materia prima para su transformación en un nuevo producto de composición semejante (vidrios rotos, papel y cartón, metales plásticos, etc.). Supone cambiar tanto la forma como la función del producto original.

Las ventajas ambientales que ofrece el reciclaje son indiscutibles. Sin embargo, para su ejecución siempre debe tenerse en cuenta la poca calidad de los residuos de la región y que los beneficios económicos que permiten

realizarlo de manera sostenible están sujetos a la demanda en el mercado. La tenencia mundial es incrementar al máximo el reciclaje de los residuos.

A continuación se presenta la tabla XIV que describe la posibilidad de la reutilización para materiales separados de los residuos sólidos domiciliarios.

**Tabla XIV. Usos para los materiales que son recuperados de los residuos sólidos domiciliarios**

<b>Usos/aplicaciones</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Reutilización directa</b>	Madera, paletas de madera, barriles, muebles, etc. Cuando sea posible, se debe propiciar la reutilización directa
<b>Materias primas para fabricación y procesamiento</b>	Aluminio, papel y cartón, plásticos, vidrio, metales férreos, metales no férreos, goma y textiles. Se debe cuidar los detalles de pureza, densidad del producto y las condiciones de transporte.
<b>Materia prima para la elaboración de productos por conversión biológico y química</b>	La producción de compost puede variar su calidad de los elementos utilizados para su creación, según el uso que se le dé como por ejemplo: jardinería municipal o residencial, material de cobertura para vertederos; producción de metano, etanol; y otros compuestos orgánicos
<b>Fuentes de combustibles</b>	Se puede obtener energía de dos maneras. 1) Incineración de la fracción orgánica para producir calor y 2) conversión de los residuos en algún tipo de combustible (aceite, gas, pellets, etc.) que se puede almacenar y utilizar localmente o transportándolo a mercados de energía lejanos.

Continuación de la tabla XIV.

<b>Restauración de terreno</b>	Aplicación de residuos de demolición limpios o procesados en proyectos de restauración de terrenos, no sin antes definir el uso final del terreno
--------------------------------	---

Fuente: TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p. 281.

Las actividades de reciclaje que tienen un mayor movimiento por ser de volúmenes considerables son las siguientes.

#### **4.4.1.1. Reciclaje de vidrio**

El proceso de reciclar vidrio consiste en fundirlo para hacer un nuevo vidrio. Las temperaturas utilizadas para fundirlos, son menores que para fundir cualquier otro mineral, por este motivo se produce un ahorro energético. Antes de eso se debe lavar el material para eliminar impurezas.

Existe también la reutilización de envases de vidrio que después de un lavado son implementados a su mismo fin. Una botella de vidrio puede ser utilizada entre 40 y 60 veces con un gasto energético del 5% respecto al reciclaje.

Las ventajas del reciclaje del vidrio son:

- Es químicamente inerte
- Se puede moldear y gravar
- Es 100% reciclable y mantiene el 100% de sus cualidades
- Ahorro de 1200 kg de materias primas por cada tonelada de vidrio usado
- Ahorro de energía al no tener que extraer materias primas
- Disminuye el número de residuos sólidos urbanos que van al vertedero

- Reducir el impacto ambiental producido por la extracción de materia prima para su elaboración

#### **4.4.1.2. Reciclaje de papel**

Para realizar un reciclaje de papel, éste no tiene que tener algún contacto con otros materiales similares como papel sucio, pañuelos desechables, papel de aluminio, papel de fax, papel engomado, plastificado, encerado, etc.

Los procesos que se utilizan para obtener papel reciclado son los siguientes:

- Clasificación, preparación y embalaje
- Operación de pulpado: su objetivo es separar las fibras que contiene el papel usado, sin romperlas
- Eliminación de objetos: la pasta de papel se filtra por tamices distintos tamaños para separar plásticos, alambres, tierra, etc.
- Destintado: se elimina la tinta mediante jabón y proyectando aire a presión. El aire y el jabón forman burbujas que suben a la superficie, donde unos potentes aspiradores recogen la mezcla de tintas que tenía el papel usado
- Lavados y espesados sucesivos: consiste en ir reduciendo la cantidad de agua que tiene la pasta de papel
- Secado: el papel es secado por completo con la ayuda de una máquina y se obtiene una lámina de papel consistente

## Ventajas del reciclado del papel

- Se evita el talado de arboles
- Se reduce la necesidad de plantar monocultivos de coníferas y eucaliptos
- Se reduce en un 85% el consumo de agua y un 65% el de energía
- Se disminuyen los efluentes contaminantes en un 35%
- Se evita su utilización en incineradoras y se reduce el espacio de los vertederos
- Se disminuyen las exportaciones de madera

### **4.4.1.3. Reciclaje de plástico**

La vida de un plástico no es infinita. Por mucho que se alargue la existencia, mediante el reciclado, su destino final es la incineración o el relleno sanitario. En algunos casos, únicamente el reciclado químico permita una larga duración.

Existen dos tipos de reciclaje en plástico, éstos son:

- Reciclado mecánico: solamente los termoplásticos recuperados se pueden reciclar mecánicamente, convenientemente prensado y embalado, llega a la planta de reciclado donde comienza la etapa de regenerado del material: triturado, lavado, purificación, extrusión y granceado (aditivos convenientes).
- Reciclado químico: los envases se descomponen por procesos químicos en componentes sencillos que pueden ser utilizados como materias primas para obtener otros productos: aceite, grasas, monómeros, etc. El

reciclado químico puede efectuarse por medio de diversas técnicas: pirolisis, hidrogenación, gasificación y tratamiento con disolventes.

La diversidad de materiales plásticos ha llevado a crear una variada tipología para identificarlos. En este caso, las flechas del anillo, (señal de que puede reciclarse de alguna forma) son más estrechas, y contienen un número y unas letras que señalan el tipo de material (ver figura 2.).

Ventajas del reciclado de plástico:

- Ahorro de materias primas y energía
- Reduce la cantidad de residuos al tratar por otro sistema
- Disminuye el impacto ambiental o alteración del paisaje que suponen los plásticos desperdigados por el suelo

#### **4.4.1.4. Reciclaje de metales**

Es el proceso de fundir metales que hayan sido utilizados para distintos fines y luego darles un nuevo uso. Los metales más comunes para reciclaje son el cobre, acero y aluminio por ser abundantes materiales para la fabricación de productos. El reciclaje de metales ayuda al medio ambiente, ya que se ahorra energía en comparación a la producción de nuevo metal, y se evita la extracción de materia prima, disminuyendo la erosión del suelo así como la contaminación de mantos freáticos y la deforestación.

En la mayoría de productos se utiliza un porcentaje de metales que pueden ser reciclables, pero éstos son revestidos con otros materiales para garantizar la calidad del producto, esto dificulta la recuperación del material reciclable. Es aconsejable: consumir preferentemente productos con envases

retornables; evitar las latas y procurar consumir comida fresca; evitar la adquisición de productos con envase metálico si no resulta estrictamente necesario.

#### **4.4.1.5. Compostaje**

Es el reciclaje de materia orgánica que permite convertir los desperdicios vegetales en material orgánico, como resultado se obtiene el compost, que además de servir para la recuperación y el mejoramiento de los suelos, reduce la cantidad de residuos que deben depositarse a diario en los rellenos sanitarios. Ya que en países en vías de desarrollo casi el 60% son residuos orgánicos, es importante tomar en cuenta el método de compostaje para la recuperación de material orgánico.

El compostaje consiste en la descomposición controlada de materiales orgánicos como son, frutas, verduras, podas, pasto, hojas, etc., por medio de un proceso biológico, donde interactúan microorganismos, oxígeno y factores ambientales, tales como la humedad y la temperatura.

Por tratarse de un país que su mayor producción son los productos agrícolas, el compost puede ser de valor comercial. Sin embargo, este valor suele ser menor que el costo de producción, por lo que este sistema debe ser subsidiado por el municipio. Este método puede ser beneficioso para los países en desarrollo.



#### 4.4.2. Procesos unitarios utilizados para la separación y el procesamiento de materiales residuales

Estos procesos unitarios se emplean para separar cada uno de los tipos de residuos sólidos que luego serán procesados en algún sistema de recuperación de reciclaje o como destino el vertedero. A continuación se muestra la tabla XV que describe algunos procesos utilizados con frecuencia.

Tabla XV. **Procesos e instalaciones unitarios utilizados comúnmente para la separación y procesamiento de los residuos sólidos urbanos separados y no seleccionados**

Artículo	Función/material procesado	Reprocesamiento
<b>Procesos unitarios</b>		
<b>Trituración</b>		
Molinos de martillos	Reducción en tamaño/todos los tipos de residuos	Separación de artículos voluminosos grandes, separación de contaminantes
Trituradora	Reducción en tamaño, también utiliza como rompedora de bolsas/todos los tipos de residuos	Separación de artículos voluminosos grandes, separación de contaminantes
Trituradora de vidrio	Reducción en tamaño, todo tipo de residuos	Separación de otros materiales
Trituradora de madera	Reducción en tamaño/podas de jardín/todo tipo de residuos	Separación de artículos voluminosos, separación de contaminantes
<b>Criba</b>	Separación de material grueso y fino, también utilizado para romper bolsas/ todo tipo de residuos	Separación de artículos voluminosos, grandes trozos de cartón
<b>Compactación</b>		

Continuación de la tabla XV.

Embaladoras	Compactación en fardos/papel, cartón, plásticos, textiles, aluminio	Se utilizan embaladoras para los componentes separados
Prensa para latas	Compactación y aplanamiento/latas de aluminio y hojalata	Separación de artículos voluminosos

Fuente: TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p. 289.

#### 4.5. Transferencia y transporte

El elemento funcional transferencia y transporte se refiere a los medios, instalaciones y accesorios utilizados para efectuar la transferencia de residuos desde un lugar a otro. En general, el contenido de vehículos relativamente pequeños se transfieren a vehículos más grandes para transportar los residuos a distancias más largas.

Las operaciones de transferencias son necesarias en caso de que las distancias a recorrer hasta el destino de los residuos sólidos sean muy extensas, las cuales hacen que el costo de un transporte en pequeñas cantidades no sea viable, por lo que en un punto se reúnen varios vehículos pequeños para que un solo vehículo con mayor capacidad transporte todos los residuos sólidos transferidos. Para esto son necesarias las estaciones de transferencias

##### 4.5.1. Tipos de estaciones de transferencia

Según el método utilizado para cargar los vehículos de transferencia, se pueden clasificar las estaciones de transferencia en tres tipos generales: 1) carga directa: aquella en la cual los residuos en vehículos utilizados en la

recolección son descargados directamente en el vehículo para ser transportados al lugar de evacuación final, 2) almacenamiento y carga: los residuos son descargados en fosas para almacenar residuos, luego son cargados en vehículos de transporte mediante diversos tipos de equipamientos auxiliares, 3) combinadas carga directa y descarga-carga: realiza los procesos de las dos anteriores, pero la diferencia es que estas estaciones pueden realizar operaciones de recuperación de materiales.

También pueden clasificarse según su capacidad de rendimiento de la siguiente manera: bajo, menos de 100 t/d; medio, entre 100 y 500 t/d, y alto, más de 500 t/d.

#### **4.5.2. Medios y métodos de transporte**

Los vehículos utilizados para el transporte de residuos deben satisfacer los siguientes requisitos: 1) transportar a un coste mínimo, 2) cubrir los residuos durante la operación de transporte, 3) vehículos diseñados para el tráfico vial, 4) capacidad de peso según límites permitidos, 5) métodos de descarga sencillos y fiables. Normalmente se utilizan vehículos motorizados desde remolques, semirremolques y compactadoras. Se puede utilizar cualquier tipo de vehículo conjuntamente con cualquier tipo de estación de transferencia.

Los diferentes vehículos utilizados pueden ser: para residuos no compactados, con sistemas de compactación, transporte por ferrocarril, transporte por agua y sistema de neumáticos, hidráulicos y otros sistemas de transportes.

#### **4.6. Disposición final de los residuos sólidos**

Después de ser producidos, los residuos sólidos son llevados a procesos dentro de la gestión integral de los residuos sólidos, en los cuales han sido clasificados, separados, recolectados, transportados y han sufrido transformaciones como reciclaje o incineraciones para utilizarlos en nuevos productos o la recuperación energética que poseen. Pero al final de todos estos procesos aún quedan residuos a los cuales no se les puede realizar ningún tipo de transformación, o una reutilización que permita recuperar materiales, por lo cual su destino final es la del vertido en un lugar donde no pueda causar algún daño al medio ambiente o a la salud humana.

A este lugar donde son confinados los residuos sólidos se les llama vertederos. Históricamente el ser humano ha utilizado esta técnica para deshacerse de los materiales que ha utilizado y ya no le son de importancia económica. A través del tiempo se han mejorado las técnicas implementadas para los vertederos controlados, ya que en la antigüedad solo se limitaban a depositarlos a cielo abierto, provocando la proliferación de vectores sanitarios que son dañinos para la salud, contaminación del suelo y del agua a través de la producción de líquidos lixiviados y a la contaminación del aire por la descomposición de los residuos produciendo gases como el metano y la incineración adrede o espontánea de los residuos.

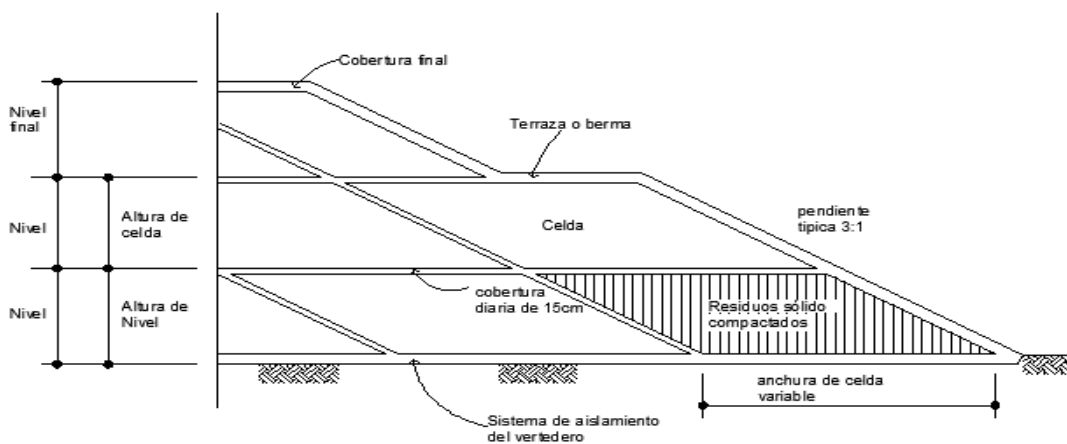
##### **4.6.1. Vertederos controlados**

Un vertedero controlado o relleno sanitario es fundamentalmente una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos, los cuales se disponen en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente, que precisa de una impermeabilización correcta, acorde con el terreno donde se

ubica, precisa de conducciones para los lixiviados y los gases producidos en la descomposición de los residuos, que deberán estar correctamente colocados y cubiertos con los materiales precisos. Los residuos son confinados de manera que ocupen la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable.

En la figura 7 se muestra la sección de un relleno sanitario con cada uno de sus componentes, estos permiten la adecuada disposición controlando así el biogás y los lixiviados producidos por los residuos. De esta manera son confinados por celdas que son cubiertas por un material destinado para el aislamiento al final de cada jornada, evitando la proliferación de vectores y malos olores.

Figura 7. **Vista en sección de un relleno sanitario**



Fuente: TCHOBANOGLIOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p.410.

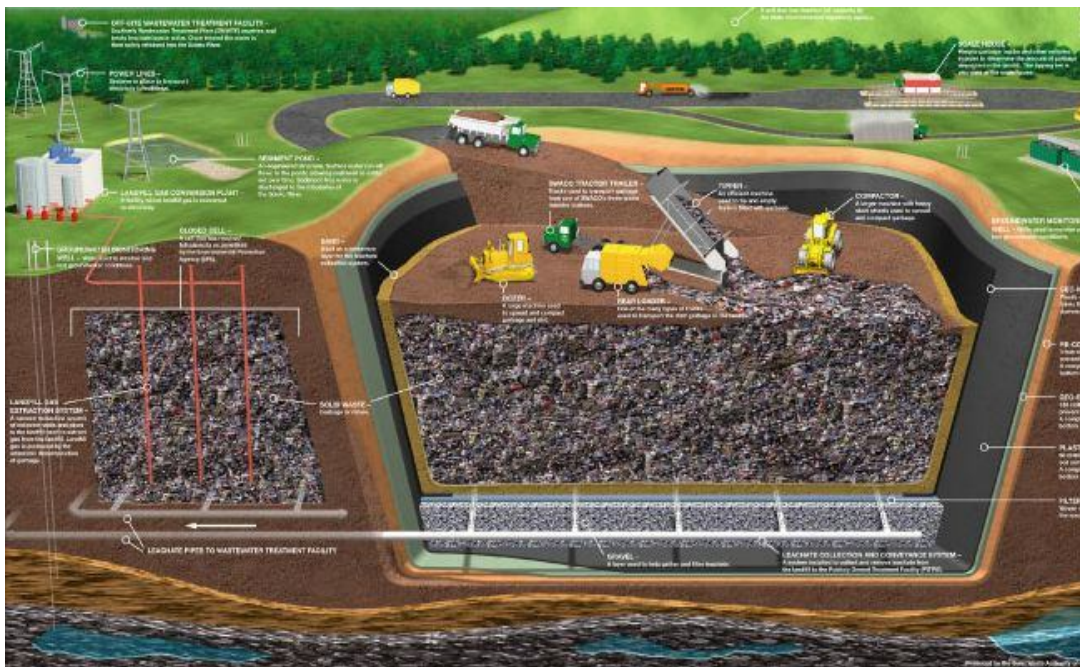
Entre los conceptos necesarios para el conocimiento general de las operaciones en el vaso de un vertedero, se destacan los siguientes:

- Celda unitaria: volumen de material depositado durante un periodo de explotación, normalmente de un día. La celda incluye los desechos sólidos y el material de cobertura que impide la proliferación de olores y vectores sanitarios, la cobertura tendrá un espesor aproximada de 15 cm.
- Berma o terraza: son terrazas utilizadas cuando la altura del vertedero es considerada estable y tienen como objetivo mantener su estabilidad. También son utilizadas para la ubicación de los canales para el drenaje de aguas superficiales y tuberías para la recuperación de gas.
- Impermeabilización del vaso: se realiza con materiales naturales o artificiales. Estos materiales deben recubrir el fondo y las superficies naturales. Los recubrimientos son diseñados para evitar la migración del lixiviado y del gas.
- Lixiviado: líquido producido por la humedad presente en los residuos y cuando el agua procedente de la escorrentía superficial y/o lluvia se pone en contacto con los residuos depositados y adquiere características de líquido contaminante.
- Frente de trabajo: es el lugar donde los vehículos descargan los desechos para su posterior colocación, compactación y recubrimiento.
- Biogás: mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable de los residuos, cuyos componentes principales son el metano y el dióxido de carbono.

En la figura 8 se muestra un relleno sanitario en operación con cada una de sus partes, así como la manera en que son vertidos los residuos sólidos por

camiones de volteo, compactados por maquinaria pesada y de igual manera como son asilados por el material de cobertura. El relleno sanitario está previsto con tubería que conduce el gas producido por la descomposición de los residuos, evitando posibles incendios provocados por la combustión del biogás al mismo tiempo que es utilizado para la generación de energía eléctrica

Figura 8. Operación de un relleno sanitario



Fuente: <http://www.dforceblog.com/2010/07/12/relleno-sanitario-que-es-y-como-funciona/>, "Un blog Verde". Consulta: 03 de junio de 2013.

#### 4.6.2. Clasificación de los rellenos sanitarios

Los lugares en donde los desechos sólidos son depositados para su estancia final se les llaman vertederos o rellenos sanitarios cuando reúnen ciertas características y criterios de ingeniería que permite una operación sistematizada de acuerdo con las necesidades y posibilidades para las que

fueron diseñadas. Entre estas características deben por lo menos estar alejados de las poblaciones para evitar la propagación de enfermedades, vectores dañinos a la salud, y de malos olores molestos para el desarrollo pleno de las comunidades. También deben contar con cercos perimetrales que evitan el ingreso de personas ajenas a la operación de estos; garitas de acceso, caseta de control y básculas en la entrada, entre otras cosas.

#### **4.6.2.1. Vertedero semicontrolado**

Es el primer paso para muchas regiones en la evolución de mejoramiento en aspecto de gestión de residuos sólidos. En esencia es un vertedero el cual es autorizado por las autoridades municipales pero que carece de criterios de ingeniería, que por lo general a lo sumo cuenta con drenajes para el control de agua pluvial. Este tipo de vertedero puede incluir un vigilante u operador en la entrada para inspeccionar las cargas y pesarlas si existe una báscula, dar indicaciones a los piloto del transporte del lugar específico de descarga.

La manera en que controlan el volumen y los vectores pueden ser por medio de la incineración intencional de los desechos, pero al carecer de un diseño que permita conducir el biogás puede presentarse la quema espontanea representando un riesgo para las personas que estén involucradas en el lugar como segregadores. Los segregadores o comúnmente llamados “guajeros” pueden ayudar a la operación en el reciclaje de materiales. En algunos casos existe maquinaria pesada para la operación del vertedero.

#### **4.6.2.2. Relleno sanitario manual**

Este tipo de relleno sanitario tiene la característica de servir a poblaciones pequeñas que no sobrepasan a los 30 000 habitantes, por lo que le



es difícil a la población costearse equipo y maquinaria que facilitan la operación de dicho vertedero. Esta técnica de operación manual solo requiere equipo pesado para la adecuación del sitio, es decir, para la construcción de la vía interna, la preparación de la base de soporte o la excavación de zanjas y la extracción de material de cobertura de acuerdo con el avance y método de relleno. Por ser una población pequeña, la producción de residuos sólidos para este tipo de vertedero no sobrepasa a las 15 toneladas por día, lo que permite que con mano de obra poco calificada disponer adecuadamente la reducida cantidad de basura vertida.

Por ser un relleno de pequeñas dimensiones, no se debe dejar a un lado los criterios de ingeniería, como la planificación que va desde la concepción y diseños de la obra hasta su construcción, operación y clausura. La planificación inicial sentará las bases para las diferentes actividades que se deberán cumplir. Esta fase consiste en la evaluación de criterios para la selección del sitio y de las diversas alternativas de terrenos para su localización, diseño, construcción, operación, mantenimiento y monitoreo. La planificación, además, permite contar con la información básica sobre la población beneficiada; la procedencia, cantidad y calidad de los residuos sólidos, el uso del terreno una vez clausurado el relleno sanitario; los recursos para su financiamiento y la asesoría de un profesional competente.

#### **4.6.2.3. Relleno sanitario semimecanizado**

El relleno sanitario semi-mecanizado tiene todas las características de un relleno diseñado, construido y operado con criterios de Ingeniería Civil y Sanitaria. Se llama semi-mecanizado porque requiere maquinaria pesada solamente de vez en cuando, principalmente para la excavación de zanjas o trincheras. También, dependiendo del sitio y el tamaño del relleno, puede

requerir maquinaria para la construcción de vías internas, la preparación de la base de soporte impermeable, el sistema de drenaje de agua pluvial, los lixiviados, las chimeneas para la ventilación de biogás, y la aplicación del material de cobertura.

El relleno sanitario semi-mecanizado no utiliza maquinaria pesada para la compactación de desechos para aumentar su densidad y reducir su volumen, sino que utiliza mano de obra para la compactación y cobertura diaria. Se estima que este tipo de relleno es factible para poblaciones de hasta 100 000 habitantes. Los criterios de Ingeniería incluyen el análisis del sitio seleccionado con respecto a la Hidrogeología, el diseño por el método de trinchera, la selección de maquinaria apropiada para las excavaciones de las trincheras, la impermeabilización del fondo, el control de agua pluvial, lixiviados y biogás.

En la fase de operación el operador debe inspeccionar las cargas que entran para separar los residuos especiales y los desechos peligrosos para almacenarlos en una zona especial reservada para ellos. Los operadores deben prohibir la entrada de animales domésticos, y controlar las poblaciones de animales silvestres. El operador de la excavadora debe tener capacitación no solamente en la operación de una excavadora, sino en el método de trinchera.

#### **4.6.2.4. Relleno sanitario mecanizado**

Esta clase de relleno al igual que el semi-mecanizado tiene todas las características de criterios de Ingeniería. La diferencia es el requisito de traer el material de cobertura para la celda diaria. Como resultado, el diseño de un relleno mecanizado tiene que utilizar el método de área o de cañón.

En el método de área, se hace la celda diaria utilizando maquinaria para compactar los desechos y para excavar y traer la materia de cobertura de otro lugar; en el método de cañón se consigue el material para la cobertura de las laderas del cañón. La compactación con equipo pesado es necesaria no solamente para maximizar el área y la vida útil del relleno, sino también para minimizar el consumo de cobertura, así como los costos de operación. La maquinaria requerida puede incluir una excavadora y un camión de volteo, esto para trasladar el material de cobertura, también un tractor de oruga que permite la compactación de desechos y la aplicación de la cobertura.

Los rellenos sanitarios mecanizados normalmente utilizan arcilla o geo membranas para la impermeabilización, recolección y tratamiento de los lixiviados, así como la recolección y desvío del agua pluvial. Por los altos costos de operación, se estima que el relleno sanitario mecanizado es apropiado en Centroamérica para ciudades con más de 100 000 habitantes. Las municipalidades más pequeñas, generalmente no tienen los recursos para manejar adecuadamente toda la maquinaria necesarias, por lo tanto no deberían aceptar un relleno mecanizado como una solución de la disposición final de los residuos sólidos municipales ya que por falta de presupuesto, estos rellenos no pueden operar de manera eficiente, y en casos extremos pueden convertirse en un botadero a cielo abierto.

#### **4.6.2.5. Métodos de construcción y operación de un relleno sanitario**

El método constructivo y el método de operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario.

#### **4.6.2.6. Método de trinchera o zanja**

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trinchera de hasta 7 metros de profundidad. Los residuos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con el material de cobertura, que en este caso es el mismo suelo que ha sido removido anteriormente.

Se debe tener especial cuidado en períodos de lluvias, dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas, incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

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

#### **4.6.2.7. Método de área**

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, ésta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos el material de cobertura deberá

ser transportado desde otros sitios. La fosa se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba. El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continua la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3,5 por ciento.

#### **4.6.3. Consecuencias de los vertederos controlados**

Debido a los diferentes componentes de los residuos sólidos y las condiciones ambientales (humedad, oxígeno disponible, temperatura, pH, etc.), es muy difícil explicar el comportamiento de las consecuencias. Cuando los desechos han sido vertidos, éstos están sometidos a importantes cambios biológicos, químicos o físicos simultáneos. Los siguientes procesos son los más importantes.

- Generación de gases y líquidos por la descomposición de materia orgánica putrescible, en condiciones aerobias o anaerobias.
- La oxidación química de los materiales.
- Escape de gases del relleno y la difusión de gases a través del relleno.

- Movimiento de líquidos producido por diferencia de presiones.
- Producción de lixiviados de materiales orgánicos e inorgánicos por el agua.
- El asentamiento desigual producido por la consolidación del material en los vanos.

La descomposición de la materia ocurre tan pronto como son colocados los residuos por bacterias de carácter aerobio en condiciones de oxígeno que queda atrapado en los espacios intersticiales. Luego de consumir todo el oxígeno la descomposición anaerobia tiene cabida por bacterias que sobreviven en ausencia del oxígeno.

#### **4.6.4. Diseño y trazado preliminar de un relleno sanitario**

Para el diseño de un relleno sanitario se deben tomar en cuenta varios aspectos técnicos, que en conjunto darán como resultado una eficiente infraestructura de depósito final de desechos sólidos, estos pueden ser como la localización del sitio de construcción, vías de acceso, topografía y condiciones hidrogeológicas. A continuación se describen cada uno de estos aspectos.

##### **4.6.4.1. Consideraciones en la selección del sitio para la construcción de un relleno sanitario**

La ubicación apropiada de un relleno sanitario, juega un papel fundamental en el éxito del sistema desde el punto de vista de salud pública, protección ambiental, económica y la aceptación general pública. Hay que tener en cuenta los recursos existentes y las condiciones del terreno para cada

localidad. Debe tomarse en cuenta la protección del patrimonio natural o cultural de la zona para no entrar en conflicto con la población.

#### **4.6.4.2. Distancias para la disposición final de los residuos sólidos municipales**

Este parámetro debe ser metódicamente estudiado, ya que una distancia muy larga hará que el costo del transporte se eleve, ya que el tiempo de recorrido determina el número de viajes diarios, así como la cantidad de desechos que cada uno de los vehículos transportará. Todo esto influye en la tasa que debe de pagar el usuario para costear el servicio. Estos son algunos parámetros a tomar en cuenta en las distancias:

- Las distancias entre el límite del relleno sanitario y las zonas residenciales y recreativas, vías fluviales, masas de agua y otras zonas agrícolas o urbanas; los vertederos no pueden ubicarse con carácter general, a una distancia inferior a 2 000 metros de suelo urbanizable, y en ningún caso a menos de 500 metros.
- La distancia entre el aeropuerto comercial y el relleno sanitario, por efectos de la proliferación de aves, se recomienda una distancia de 8 Kms., sin embargo, este valor puede ser reducido si es justificado.

#### **4.6.4.3. Vías de acceso**

El relleno sanitario deberá estar cerca de una vía principal pavimentada de preferencia. Esto permite el transporte fácil y económico de los residuos sólidos en camiones y el transporte de maquinaria pesada. También, una vía pavimentada previene el deterioro en el equipo, en su defecto puede ser una

vía de acceso en buen estado o mantenerla en las condiciones óptimas de tránsito vehicular.

#### **4.6.4.4. Área disponible**

Es preferible que la capacidad del sitio tenga una vida útil de por lo menos 10 años. La tasa anual de crecimiento de las poblaciones urbanas en Centroamérica excede del 3,5 por ciento, lo que tiende a duplicar la población en 20 años. El sitio tiene que ser lo suficientemente grande para poder absorber los residuos sólidos municipales de la población existente y los de la población futura para que su vida útil sea compatible con los costos de construcción y operación.

#### **4.6.4.5. Topografía**

La topografía determina el método de relleno utilizado (trinchera, área o cañón) por lo tanto los requerimientos de maquinaria pesada en su construcción y operación. Un terreno plano es apropiado para el método de trinchera, un terreno accidentado es apropiado para los métodos de área o cañón.

#### **4.6.4.6. Condiciones geológicas e hidrogeológicas**

Debe seleccionarse el lugar de emplazamiento de manera que las sustancias nocivas no contaminen en cantidades inaceptables, además de impedir que se produzca una afección no deseada o inaceptable sobre la salud humana, o en el medio ambiente. En concreto deben localizarse zonas estables desde el punto de vista geológico, es decir, no sometidas a procesos de inestabilidad de laderas, inundaciones, subsidencias, etc., así también como la permeabilidad del suelo y continuidad de los materiales del subsuelo; desde el



punto de vista hidrológico, en que magnitud está sometido a procesos geomorfológicos provocados por las precipitaciones.

#### **4.6.5. Clausura de vertederos y mantenimiento posclausura**

Este paso es muy importante, ya que en un relleno sanitario que fue planificado desde el principio como método de eliminación de los residuos sólidos y la disminución del impacto ambiental, este proceso debe realizarse tal y como se especificó, ya que conlleva un costo monetario para cumplir con dos metas básicas: primero, dotar al sitio de la infraestructura mínima para evitar futuros daños al entorno y segundo, tomar medidas que sean técnicas, prácticas y de bajo costo. En los vertederos no controlados por carecer de planificación, generalmente no se produce una clausura cuando éste ya ha colapsado en espacio, pero es importante que las autoridades se den cuenta que pueden evitar un mayor impacto negativo hacia el medio ambiente.

##### **4.6.5.1. Divulgación de la clausura**

Cuando se planea la clausura de un relleno sanitario, para luego poner en funcionamiento otro lugar como destino final de los residuos sólidos, es importante que se notifique a la autoridad ambiental y de salud o a la institución reguladora, así como a la población en general, especialmente a los vecinos del lugar, para esto conviene:

- Preparar un programa de educación sanitaria y ambiental dirigido a las escuelas y a diversas acciones comunales sobre la importancia que tiene para la salud de todos y el cuidado de su territorio un buen servicio de recolección y disposición final de la basura, haciendo ver la necesidad de costearlo a través del pago del servicio de aseo.

- Explicar a través de todos los medio de comunicación local, que es urgente desterrar la práctica irresponsable del basurero a cielo abierto o la descarga de basura a las corrientes de agua, destacando las ventajas del relleno sanitario.
- Hacer pública la clausura de los botaderos e informar que ya no se permitirá la disposición de basura en esos lugares. También conviene divulgar las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas y regulaciones establecidas y dictadas al respecto.
- Informar oportunamente sobre la existencia del relleno sanitario.

#### **4.6.5.2. Clausura del relleno sanitario**

- En los casos que se justifique, excavar algunos pozos de 0,20 a 0,50 metros y llenarlos con piedras o cascajo para que puedan funcionar como drenajes de gases. En lo posible, estos agujeros tendrán la profundidad del terraplén de basura existente.
- Excavar en la parte inferior de los terraplenes una zanja longitudinal al pie del talud y extenderla unos cuantos metros, a fin de almacenar el lixiviado generado y permitir así su evaporación en los periodos secos mientras se estabiliza la masa de residuos.
- Colocar cebos rodenticidas y fumigar el lugar, luego de esto cubrir con tierra y compactar la superficie y los taludes de los botaderos con una capa de 0,20 a 0,40 metros de espesor durante un lapso de 8 a 15 días, procurando una pendiente de 3 por ciento para mantener el buen drenaje del agua pluvial en la superficie.

- Instalar drenajes perimetrales, para evitar la infiltración del agua superficial a la masa de los residuos sólidos municipales ahí depositada.
- Jardinizar el área con pasto o grama para darle una mejor apariencia al sitio, disminuir la formación de lixiviados y evitar la erosión. Esta actividad tiene un efecto demostrativo para la población, porque podrá apreciar el cambio y lo amigable que fue el relleno para el medio ambiente.

#### **4.6.5.3. Uso futuro del botadero clausurado**

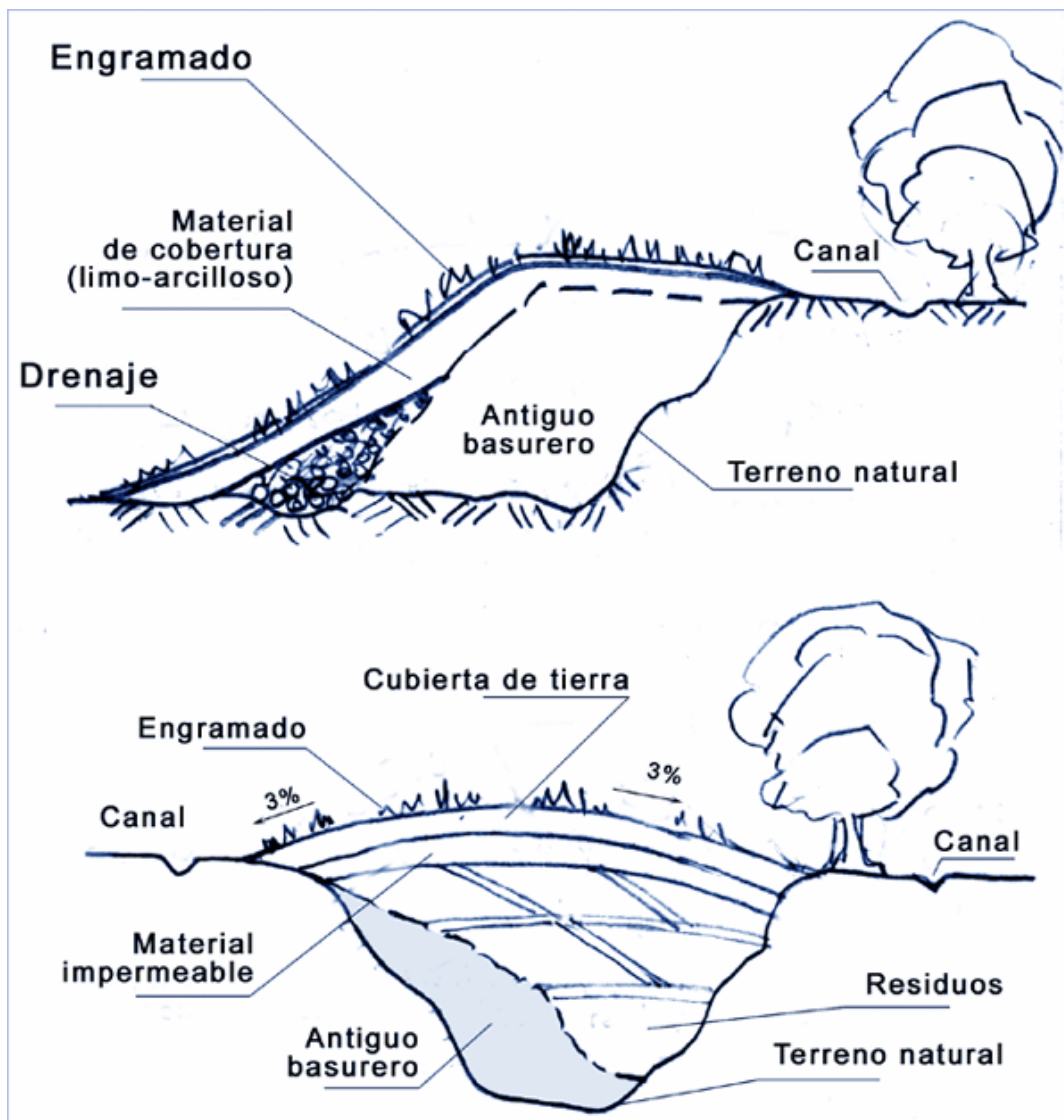
Esta etapa se orienta a la conservación del relleno clausurado al final de su vida útil, en condiciones estables o similares a las que presentaba el área antes de su operación; esto implica conservación de la cobertura final, funcionamiento adecuado de los sistemas de drenaje de gases y lixiviados y funcionamiento adecuado de los sistemas de tratamiento.

Las causas que pueden alterar la estabilidad del relleno clausurado con material de cobertura final son principalmente posibles afloramientos y escurrimientos de lixiviados, emanaciones de biogás y averías en el sistema de tratamiento del biogás a que las estructuras de emanación están expuestas en el área. A estos les siguen algunas explosiones como consecuencia del aumento de presión en los bolsones de biogás retenido, obstrucciones de la red de lixiviados y averías en la estructura de tratamiento de lixiviados.

Estas relaciones de causalidad son, evidentemente, de menor implicancia y riesgo ambiental que su correspondiente en la etapa de operación, pero de mayor trascendencia y riesgo que su correspondiente en la etapa de habilitación. De todos los elementos que afectan al medio ambiente en esta fase, los lixiviados ofrecen los mayores riesgos y peligros para el medio

ambiente y la salud, seguidos de los olores como consecuencia del biogás emanado.

Figura 9. Clausura de un relleno sanitario



Fuente: "Curso de auto aprendizaje: Diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales", [http://www.bvsde.paho.org/curso\\_rsm/e/unidad8.html](http://www.bvsde.paho.org/curso_rsm/e/unidad8.html). Consulta: 26 de diciembre de 2013.

## **5. CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD QUETZAL, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

En este capítulo se verá reflejada la información obtenida en la investigación de campo, así como las características generales del área en estudio y las proyecciones de generación de residuos sólidos en un periodo de veinte años a partir de la fecha de investigación.

### **5.1. Características generales del municipio**

El municipio de San Juan Sacatepéquez limita al norte con el municipio de Granados, Baja Verapaz; al este con el municipio de San Raymundo y San Pedro Sacatepéquez, ambos del departamento de Guatemala; al sur limita con el municipio de San Pedro Sacatepéquez; y al oeste con el municipio de San Martín Jilotepeque perteneciente al departamento de Chimaltenango y con el municipio de Xenacoj perteneciente al departamento de Sacatepéquez. Con una extensión geográfica de 242 Km. cuadrados.

En San Juan Sacatepéquez hay numerosos ríos que facilitan la actividad agrícola. Los ríos principales del municipio son: río San Juan, el Manzanillo, Jocoteco y Jordán que rodean la cabecera y el río Paxotyá que es uno de los principales.

Entre los ríos localizados en el municipio de San Juan Sacatepéquez pueden mencionarse: Boca Toma, Cenizo, Cotzibal, Cuxuyá, El Potosí, El Zapote, Río Grande o Motagua, Guapinol, Ixacac, Ixcopin, Jesús, La Ciénaga,

La Chume, Paraxaj, Patajzalaj, Pixcayá, Rajoní, Raxtunyá, Realmá, Rayalguit, Ruyalaj, Sactzi, Sajcavillá, San Miguel, San Pedro, Santiago, Seco, Severino, Simujui, Tapahuá, Tapanal, Veracruz y Zapote. San Juan Sacatepéquez cuenta también con numerosos riachuelos, entre los que se pueden mencionar: Agua Zarca, Los Sineyes, Mixcal, Nahuarón, Noxpil, Pachuj, Patanil, Patzanes y Ruyalguen.

San Juan Sacatepéquez cuenta con la cabecera, 13 aldeas, 43 caseríos y varias colonias. Las principales aldeas son: Cerro Alto, Comunidad de Ruiz, Cruz Blanca, Las Trojes, Estancia Grande, Loma Alta, Los Guates, Montufar, Pachalí, Pirires, Sajcavilla, Sacsuy, Suacité.

#### **5.1.1. Aspectos topográficos**

La topografía del municipio de San Juan Sacatepéquez es bastante irregular. Cuenta con numerosas montañas, pendientes y hondonadas y escasas planicies. Las montañas del municipio se encuentran cubiertas de vegetación verde y exuberante. Cuenta con regiones de tierras fértiles que gradualmente hacen contacto con terrenos secos y barrancos arenosos.

Las quebradas principales del municipio son: de la Soledad, El Achiote, El COI, Las Minas, Las Palmas, Los Chayes, Los Chiques, Los Mecate, Los Pescaditos, Los Prado, Parqui, Paxot, Puluc, Raspas, Realsiguán, San Isidro, Seca, Sunuj y Tocay.

#### **5.1.2. Clima**

El clima de San Juan Sacatepéquez es templado la mayor parte del tiempo, es poco frío en los cerros y lugares elevados. Las estaciones marcadas

son el verano y el invierno. La temperatura general oscila entre 15 a 23 grados Celsius.

### 5.1.3. Ubicación geográfica

Se encuentra a 1845 metros o 6053 pies sobre el nivel del mar, con una latitud 14° 43' 08" norte y longitud 90° 38' 39", en la figura 9 se muestra la división geográfica del municipio de San Juan Sacatepéquez.

Figura 10. **Mapa del municipio de San Juan Sacatepéquez**



Fuente: Municipalidad de San Juan Sacatepéquez, <http://www.sanjuansac.com/mapa-de-san-juan-sacatepéquez/>. Consulta: 03 de junio de 2013.

#### 5.1.4. Colonia La Trinidad

Se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 1 570 metros y con una latitud norte de 14° 41' 41" y una longitud oeste de 90° 34' 42", con una extensión de 0,143 km<sup>2</sup>, pertenece al distrito de Ciudad Quetzal que limita al norte con el municipio de San Raymundo, al Este y al Sur con el municipio de San Pedro Sacatepéquez ambos del departamento de Guatemala

La vía de acceso principal es la carretera hacia Ciudad Quetzal, dicho acceso inicia en la calzada San Juan del municipio de Guatemala y al bifurcarse conduce por la zona 6 de Mixco, luego se bifurca en el kilómetro 19 tomando la carretera principal hacia Ciudad Quetzal, finalizando en el kilómetro 25, donde se encuentra la colonia La Trinidad, esta carretera se encuentra asfaltada. Otra vía de acceso se encuentra desde la cabecera de San Juan Sacatepéquez, pasando por Sajcavilla y saliendo por la aldea Lo de Mejía; la siguiente vía de acceso es la carretera hacia San Raymundo que conduce desde ese municipio hacia Ciudad Quetzal. En la figura 11 se muestra las diferentes colonias de Ciudad Quetzal.

Figura 11. **Distribución de colonias de Ciudad Quetzal**



Fuente: Google Earth imagen 2012.



## 5.2. Densidad poblacional del municipio y de la colonia La Trinidad

Según el último censo poblacional del Instituto Nacional de Estadística (INE) 2002, San Juan Sacatepéquez cuenta con una población de 152 583 habitantes, de los cuales 76 208 son mujeres (49,94%) y 76 375 son hombres (50,05%) con una tasa de crecimiento del 2,79%, proyectándose una población para el año 2012 de 200 916 habitantes. La densidad correspondiente a esta población es de 830 23 hab/km<sup>2</sup>.

En la colonia La Trinidad la población según el XI censo poblacional y VI de habitación 2002 era de 2 791 habitantes, proyectándose al año 2012 con una tasa de crecimiento del 2,79% la población actual será aproximadamente de 3 675 habitantes.

Figura 12. Vista de la colonia La Trinidad



Fuente: Google Earth imagen 2012.

### 5.3. Viviendas en la colonia La Trinidad

La colonia la Trinidad cuenta con 750 viviendas que se distribuyen según la tabla XVI.

Tabla XVI. **Viviendas en la colonia La Trinidad**

<b>Viviendas</b>	<b>750</b>
<b>Casa formal</b>	740
<b>Improvisadas</b>	8
<b>Otro tipo</b>	2
<b>Agua</b>	612
<b>Drenaje</b>	630
<b>Eléctrica</b>	628
<b>Total Hogares</b>	634

Fuente: INE, XI Censo de población, VI de habitación, 2002.

Las características de las viviendas formales descritas en la tabla XVI son: construidas de mampostería reforzada, losa de concreto, piso de granito, de un solo nivel, algunos vecinos han ampliado a segundo y tercer nivel. El área del terreno que ocupan las viviendas es de 90 m<sup>2</sup>, comprendida inicialmente con 2 habitaciones, sala, cocina-comedor, servicio sanitario y área para jardín; las viviendas improvisadas están hechas de muros y cubierta hechas de lámina sostenidas por parales de madera.

El servicio de agua potable es escasa, ya que la población es abastecida dos veces por semana, normalmente los días miércoles y sábado en un horario variable con un periodo de 8 horas aproximadamente.

#### **5.4. Aspectos de salud en Ciudad Quetzal**

Ciudad Quetzal cuenta con un centro de salud pública municipal, ubicado en el centro de comercio, a un lado del mercado municipal de ciudad quetzal, un puesto de salud privado ubicado en la colonia el Edén, dos clínicas médicas la primera está ubicada en la colonia Linda Vista y la segunda en la colonia Villa Verde. También cuenta con dos clínicas dentales, la primera está ubicada en la colonia Ciudad Quetzal frente a la Iglesia evangélica Mi-EI, la segunda está ubicada a inmediaciones del mercado municipal, a un costado del banco de Desarrollo Rural Banrural.

Todos estos puntos de salud atienden el sector de Ciudad Quetzal, con casos de enfermedades comunes como lo son: resfriados comunes, parasitismo intestinal, amigdalitis, síndrome diarreico agudo y enfermedades epidémicas como, cólera, tuberculosis, sarampión, dengue y varicela.

#### **5.5. Situación actual de los desechos sólidos**

Los residuos sólidos de la colonia se eliminan de diferentes formas, siendo el servicio de recolección la más amigable para el ambiente, según investigación por medio de encuesta y observación, el sistema de recolección tiene un alcance del 87,88% de la población actual, es decir, aproximadamente unas 660 viviendas cuentan con el servicio. El otro 12,12% que equivale a 90 viviendas aproximadamente queman sus desechos o lo vierten en lotes baldíos (ver figura 13) o en un barranco que está aledaño a la colonia.

Figura 13. Incineración de desechos en callejones de la colonia La Trinidad



Fuente: callejón entre manzana 5 y manzana 11.

### 5.5.1. Recolección

La recolección se realiza a través de una empresa privada que brinda el servicio a la colonia con una tarifa de Q. 35.00 al mes. Se emplea el método de acera, que consiste en que los vecinos reúnen sus desechos en bolsas de plástico y por medio de un depósito de metal o de plástico son dejados en la acera de su residencia. Luego son recolectados en los domicilios que pagan por el servicio. El servicio se brinda tres veces por semana.

### 5.5.2. Manejo y transporte

Luego de ser recolectados, cada operador realiza una separación de residuos inorgánicos *in situ*, como lo son botellas de plástico, latas, botellas de

vidrio, caucho, ropa y trapos, para luego ser vendidos a recicladoras. El papel y cartón son los únicos materiales que al operador no le es permitido vender ya que el dueño de la empresa los reúne y clasifica para ser vendidos para reciclaje.

El transporte se realiza por medio de un camión de dos ejes con capacidad de 9 m<sup>3</sup>, para la colonia un solo camión es el que brinda el servicio de recolección, el personal consta de 5 recolectores que incluyen al piloto, estos recolectores carecen de equipo y herramientas para su trabajo, utilizando solamente un costal para su labor.

### **5.5.3. Disposición final**

La disposición final de los desechos sólidos domiciliarios recolectados en la colonia La Trinidad, se depositan en el botadero de la zona 3 de la ciudad capital.

## **5.6. Cálculo del número de muestras o viviendas a evaluar**

De manera de obtener una muestra significativa del total de la población en estudio, se realiza el siguiente procedimiento:

- Definición de la población: la población a caracterizar son todas aquellas viviendas del área bajo estudio.
  
- División de la población en las siguientes cuatro zonas o estratos:
  - Zona comercial (estrato comercial)
  - Zona residencial (estrato 1): viviendas de ingreso medio alto

- Zona residencial (estrato 2): viviendas de ingresos medio
  - Zona residencial (estrato 3): viviendas de ingreso medio bajo
  - Zona residencial (estrato 4): viviendas de ingreso bajo
- Ubicación de los estratos socioeconómicos en el plano de la colonia.
  - Utilización de la generación per cápita:
  - Se considera que la población está conformada por N viviendas, que tienen  $R_i$  habitantes y producen  $W_i$  (kg) de basura en un día. Se tiene que cada una produce:

$$X_i = \frac{W_i}{R_i}(\text{Kg/hab/día})$$

El muestreo estratificado proporcional es el método más común para la selección de muestras, pues asegura que cada vivienda de un estrato tenga la misma probabilidad de ser seleccionada. Para cumplir con el procedimiento establecido se siguen los siguientes pasos:

- Determinación de las variables y la notación científica a utilizar.
- En el cálculo para determinar el tamaño de la muestra se debe considerar un nivel de confianza, un nivel de error de estimación y un valor de variación.
- Asignación del tamaño de la muestra de viviendas particulares por estratos.
- Si no hay datos iniciales de la población, se debe asumir la desviación estándar en 200 gr/hab/día.

- El nivel de confianza más utilizada es 95%,  $1-\alpha=0.95$ ; esto es, un coeficiente de confianza  $Z_{1-\alpha/2}=1.96$ .

La desviación estándar es  $\sigma=0.2$  kg/hab/día, que el promedio podría ser 0.655 kg/hab/día y que el tamaño de la población es  $N=750$  viviendas. Si se requiere trabajar con un nivel de confianza de 95%, entonces  $Z_{1-\alpha/2}=1.96$ .

Además, si se considera un error de estimación equivalente a 10% del promedio estimado, luego  $E=0.0655$ . Con estos datos, el tamaño de la muestra total estaría dado por:

$$n = \frac{(z_{1-\alpha/2})^2 * N * \sigma^2}{(N-1) * E^2 + (z_{1-\alpha/2})^2 * \sigma^2}$$

Entonces:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 750 * (0.2)^2}{(750-1) * (0.0655)^2 + (1.96)^2 * (0.2)^2} = 34.22 = 34 \text{ viviendas}$$

Luego se evalúa por medio de las encuestas el porcentaje de cada estrato social para poder clasificar las cantidades de viviendas en cada estrato.

### 5.7. Procedimiento para recolección de datos y muestreo

Una vez establecido el tamaño de la muestra (número de viviendas a muestrear), se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento para analizar los desechos sólidos y poder realizar la caracterización de los mismos:

- Seleccionar de manera aleatoria las viviendas a muestrear con el croquis del lugar, o con el listado de usuarios a quienes se les brinda el servicio de

recolección, incluyendo las viviendas que no utilizan el servicio para que la muestra sea representativa.

- Seleccionar el sitio y el personal para llevar a cabo la caracterización.
- Notificar en las viviendas seleccionadas, para dar a conocer el trabajo a realizar, su importancia y el personal involucrado.
- Realizar una encuesta de la situación actual de los desechos sólidos del lugar en estudio

Para la toma de la muestra:

- Se registra el nombre del responsable de la caracterización, la dirección y el número de habitantes por vivienda seleccionada.
- Se entregan 9 bolsas negras y 9 bolsas blancas, todas etiquetadas con número de casa, día y fecha de la toma de la muestra. En las bolsas blancas se depositarán específicamente los desechos orgánicos y en las bolsas negras los desechos inorgánicos de cada vivienda.
- Posteriormente se recogen las bolsas etiquetadas diariamente procurando que esto se efectuó siempre en el mismo horario.

Luego de todo esto, se trasladan las bolsas con desechos al lugar en donde se hará la caracterización de los desechos, la cual debe ser un área lo suficientemente amplia para realizar la separación por medio del método del cuarteto (ver figura 14), estableciendo la composición física de los mismos.



### 5.7.1. Toma de muestras de la composición física

Para el estudio de los parámetros físicos, químicos y biológicos así como la clasificación por las diferentes categorías, es necesario tener un método que permita obtener una muestra significativa de la población. El siguiente método se denomina “método del cuarteto” (ver figura 14) el cual consiste en:

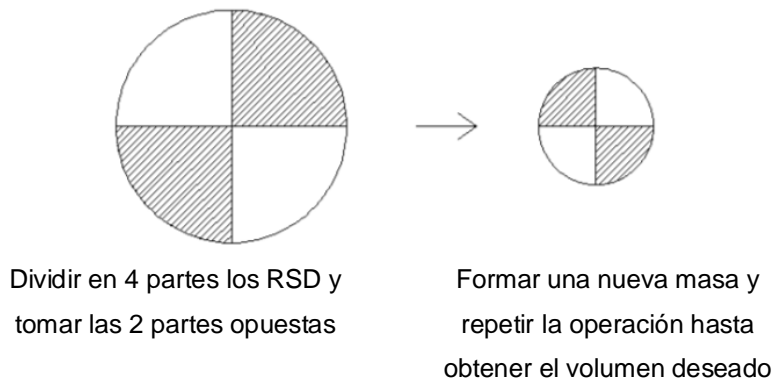
- Colocar los desechos sobre una superficie plana sobre un plástico.
- Se separan los desechos conglomerados en cuatro partes y se escogen las dos partes opuestas para formar una nueva masa más pequeña. Se mezcla la muestra y nuevamente se divide en cuatro partes para escoger las dos partes opuestas y se forma una nueva muestra. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 kg (110 lbs.) de basura o menos.
- Se separan los componentes de la última muestra y se hace la clasificación por: materia orgánica, papel y cartón, residuos del baño, plásticos, metales, vidrio, trapos, madera, cuero y otros
- Se pesan los recipientes con los desechos ya clasificados y por diferencia se determina el peso de cada uno de los componentes.
- Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día ( $Wt$ ) y el peso de cada componente ( $Pi$ ):

$$\% = \frac{(Pi) \times 100}{Wt}$$

Pi: peso de cada componente en los residuos

Wt: peso total de los residuos recolectados en el día.

Figura 14. **Método de cuarteto de los desechos sólidos**



Fuente: COLOMER MENDOZA, Francisco; GALLARDO IZQUIERDO, José Antonio.  
Tratamiento y gestión de residuos sólidos. p. 117.

## 5.8. Cálculo de la densidad

La densidad permite conocer el volumen que ocupa cierta cantidad de residuos sólidos y se calcula según el siguiente procedimiento:

- Se pesa el recipiente vacío ( $W_1$ ) y se determina su volumen ( $V$ )
- Se depositan los desechos dentro del recipiente y se acomodan de tal manera que se llenen los espacios vacíos en dicho recipiente; es conveniente que el recipiente se encuentre lleno de residuos.
- Se pesa nuevamente el recipiente lleno ( $W_2$ ) y por diferencia se obtiene el peso de la basura ( $W$ )
- Finalmente se divide el peso de la basura ( $W$ ) entre el volumen del recipiente ( $V$ ) para obtener la densidad suelta y compactada de la basura.

Figura 15. **Recipiente para la medición del volumen de los desechos sólidos**

Diámetro=0.285 m, altura=0.34 m

$$Vol = \frac{\pi \theta^2}{4} * h$$

$$Vol = \frac{\pi (0.285)^2}{4} * 0.34 m$$

$$Vol = 0,21 m^3 = 21,689.95 cm^3$$



Fuente: recipiente utilizado para la medición de desechos.

Figura 16. **Medición de volumen de los residuos sólidos domiciliarios**



Fuentes: momento de cubicación de desechos sólidos en una vivienda.

## 5.9. Análisis de la composición física de los desechos

Se colocan los desechos sobre una superficie plana sobre un plástico. Se separan los desechos amontonados en cuatro partes (método del cuarteo ver figura 3) y se escogieron las dos partes opuestas para formar un nuevo montón más pequeño. Se vuelve a mezclar la muestra menor y se divide en cuatro partes nuevamente, luego se escogen dos opuestas y se forma otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 kg de basura o menos.

Se separan los componentes del último montón y se hace la calificación por:

Materia orgánica	Papel y cartón
Residuos del baño	Plásticos
Vidrio	Trapos y ropa
Madera	Cuero
otros	

Se pesan los recipientes (de peso conocido) con los desechos ya clasificados y por diferencia se determina el peso de cada uno de los componentes.

Se calcula el porcentaje de cada componente teniendo en cuenta los datos del peso total de los residuos recolectados en un día ( $W_t$ ) y el peso de cada componente ( $P_i$ )

Se toma el peso de cada uno de los componentes de los desechos teniendo el dato del peso total y el peso de cada componente:

Ecuación:

$$\% = \frac{(Pi) * 100}{Wt}$$

Dónde:

Pi: peso de cada componente en los residuos

Wt: peso total de los residuos recolectados en un día

A continuación en las figuras 17, 18 y 19 se muestra el proceso del análisis de la composición física de los residuos sólidos domiciliarios por el método del cuarteto para los residuos que fueron medidos y pesados en cada domicilio.

Figura 17. **Primer montón de desechos sólidos método del cuarteto**



Fuente: Desechos sólidos recolectados en las viviendas en estudio.

Figura 18. **Proceso de cuarteo de desechos sólidos**



Fuente: Desechos sólidos domiciliarios recolectados, implementándose el método del cuarteo.

Figura19. **Separación y pesaje de desechos sólidos**



Plástico



Papel

Continuación figura 19.



Pesaje de residuos sólidos

Fuente: momentos del pesaje a los diferentes tipos de desechos (orgánico e inorgánico).

## 5.10. Resultados obtenidos

Se realizó la encuesta a 34 viviendas (ver anexo), de las cuales, vecinos de 33 viviendas estuvieron de acuerdo a separar los residuos sólidos de su hogar en orgánicos e inorgánicos para realizar el estudio, es decir, 97%, convirtiéndose las 33 en el 100% con una población de 152 personas. Con base en esta encuesta se presentan los siguientes resultados.

### 5.10.1. Resultados de la encuesta

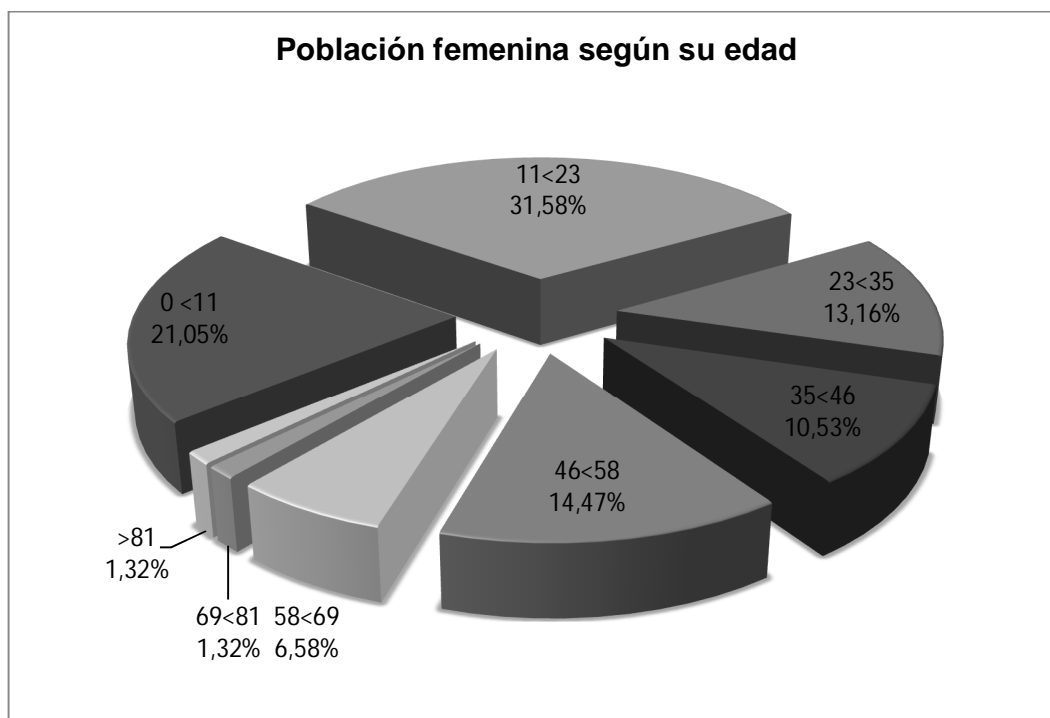
A continuación se plasman en tablas y graficas los datos obtenidos en la encuesta socioeconómica realizada a las 33 viviendas de la colonia la Trinidad, las cuales representan el 100%. En estas figuras se pueden observar las distribuciones de las edades según su género de la población, total de viviendas que contribuyen al sistema de recolección, clasificación de estrato socio-económico y el conocimiento acerca de residuos sólidos y su destino final.

Tabla XVII. **Distribución de las edades en la población femenina de la colonia La Trinidad**

Edades	0<11	11<23	23<35	35<46	46<58	58<69	69<81	>81
<b>Población (%)</b>	21.05	31.58	13.16	10.53	14.47	6.58	1.32	1.32

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Población femenina según su edad en la colonia La Trinidad**



Fuente: Elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 20 se describe la distribución de la población femenina según las edades, siendo el mayor grupo en edades de 11 a 23 años, con el 31.58% y el segundo grupo más grande es el de 0 a 11 años, con 21.05 %.

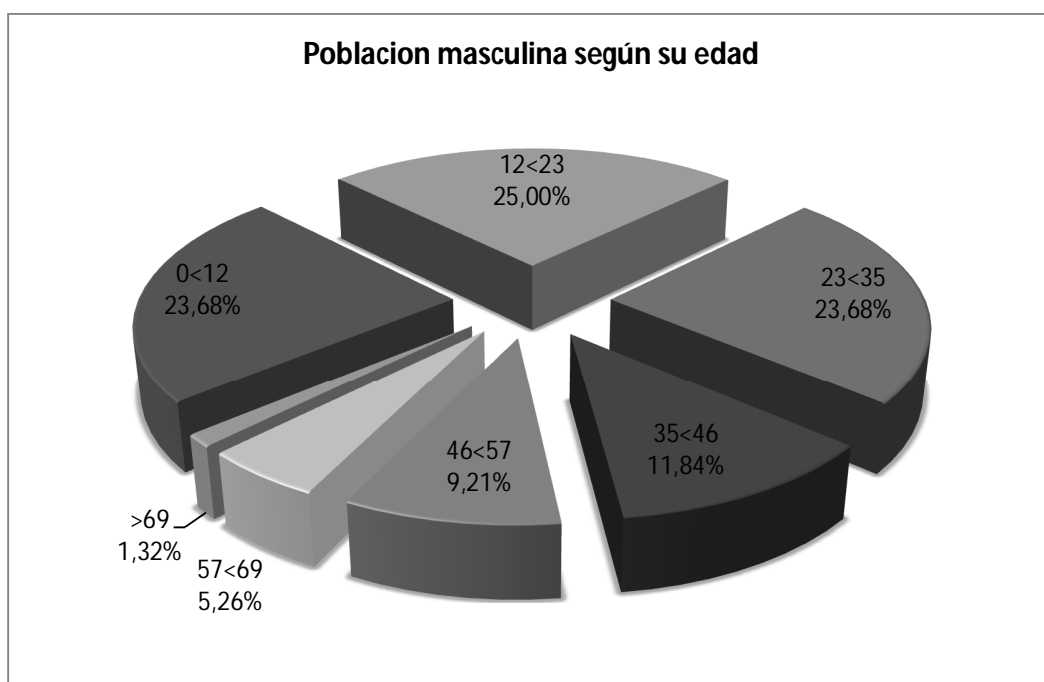


Tabla XVIII. **Distribución de las edades en la población masculina de la colonia La Trinidad**

Edades	0<11	11<23	23<35	35<46	46<58	58<69	69<81	>81
Población	23.68	25	23.68	11.84	9.21	5.26	0	1.32

Fuente: elaboración propia.

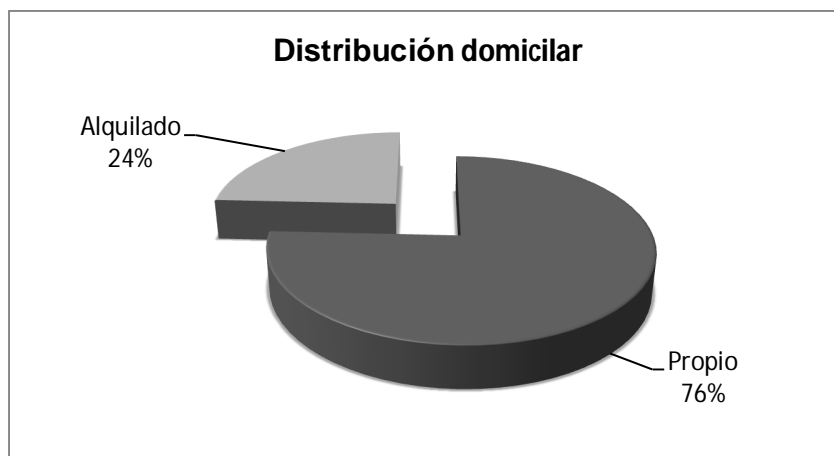
Figura 21. **Población masculina según su edad en la colonia La Trinidad**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 21 se describe la distribución de la población masculina según las edades, siendo el mayor grupo en edades de 11 a 23 años con el 25% y el segundo y tercer grupo más grande es el de 0 a 11 y 23 a 35, años con un 23.68% cada uno.

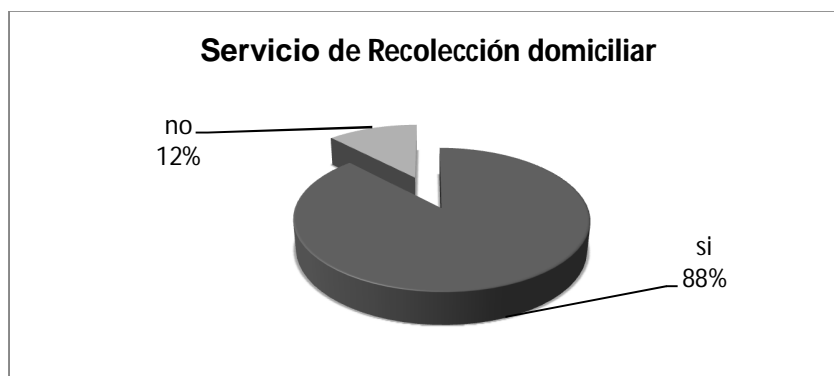
Figura 22. **Distribución de la propiedad domiciliar en la colonia La Trinidad**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 22 se observa que el 76% de la población es propietaria de sus viviendas, y el 24% alquila la propiedad, con un pago mensual promedio de Q. 350.00.

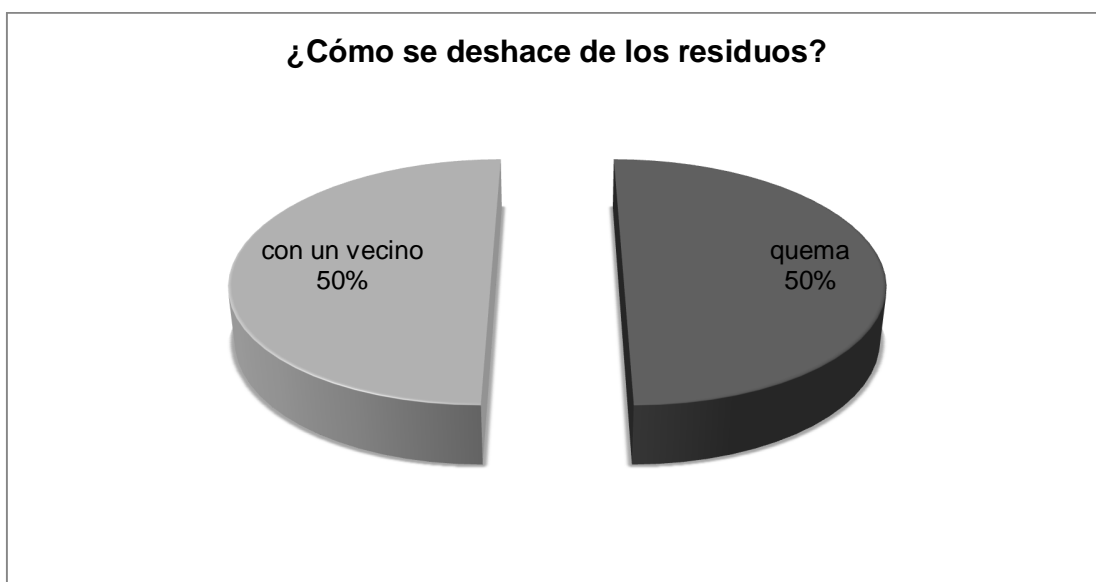
Figura 23. **Servicio de recolección de residuos en la colonia La Trinidad**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 23 se observan los porcentajes de viviendas que reciben el servicio de recolección, el cual tiene un costo mensual de Q. 35.00, recolectando la basura los días martes, jueves y sábado, en horario de 4:30 am a 6:00 am. Este servicio no se interrumpe por ningún motivo.

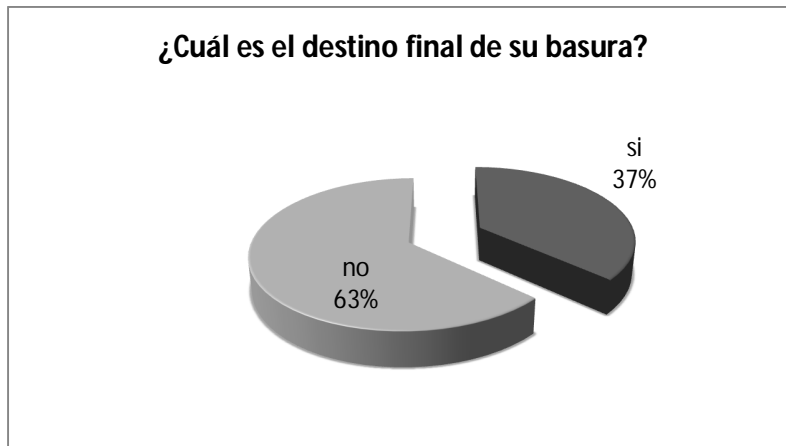
Figura 24. **Viviendas que no reciben servicio de recolección**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 24 se refleja el proceder de las personas que no pagan por recibir el servicio de recolección. Estos optan en un 50% por quemar sus residuos en terrenos baldíos, creando humo que afecta a los vecinos cercanos. En otro 50% que no recibe el servicio de recolección se comunica con un vecino para desecharlos conjuntamente, repartiéndose el costo del servicio.

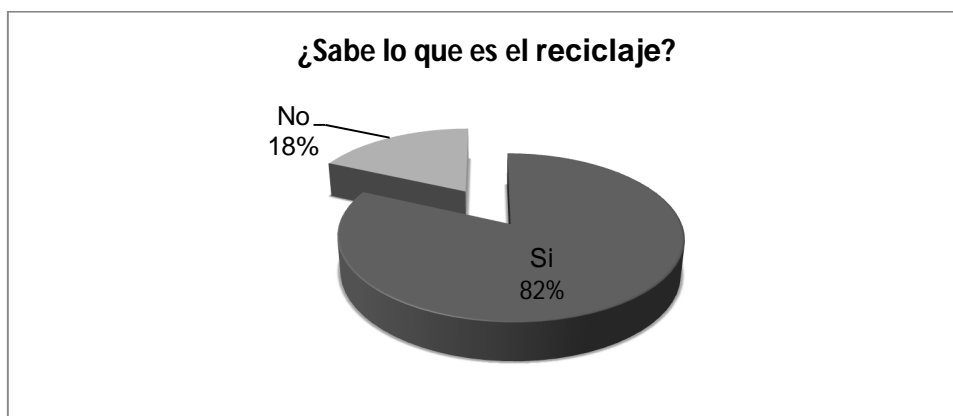
Figura 25. **Conocimiento del destino final de los desechos**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 25 refleja que el 63% de la población no está consciente hacia donde son destinados los residuos sólidos y el otro 37% cree que los llevan hacia el basurero de la zona 3.

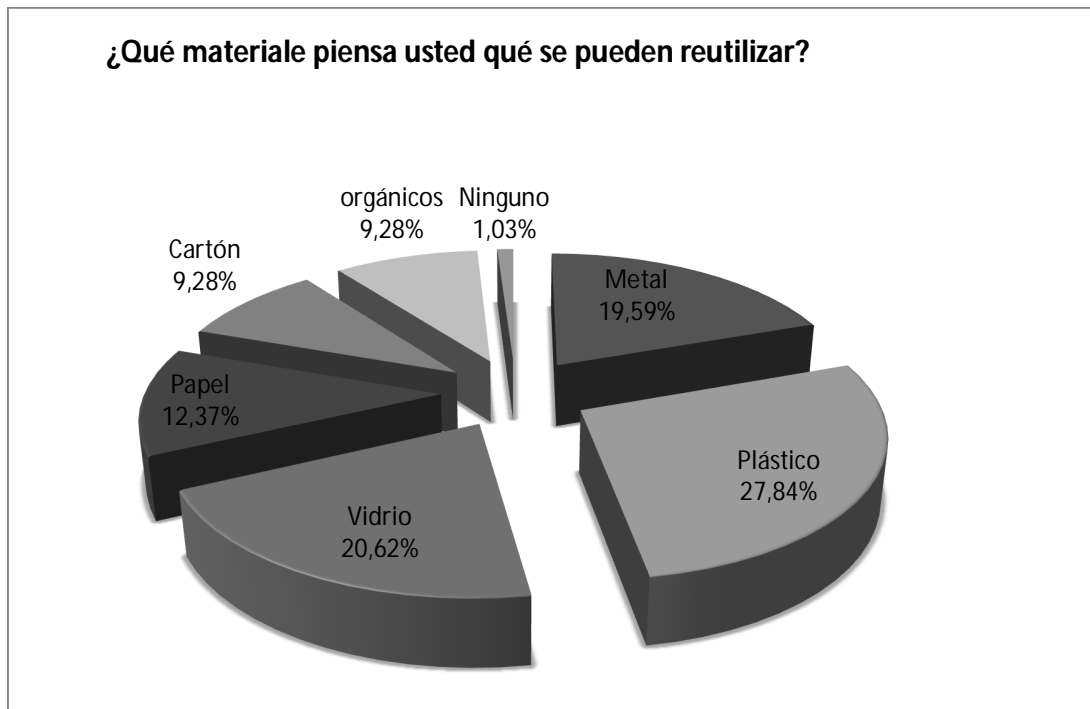
Figura 26. **¿Sabe lo qué es el reciclaje?**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 26 se describe que el 82% de la población tiene conocimiento de lo que es el reciclaje y la reutilización de materiales que se han desechado. El 18% no sabe que es el reciclaje ni qué ventajas tiene.

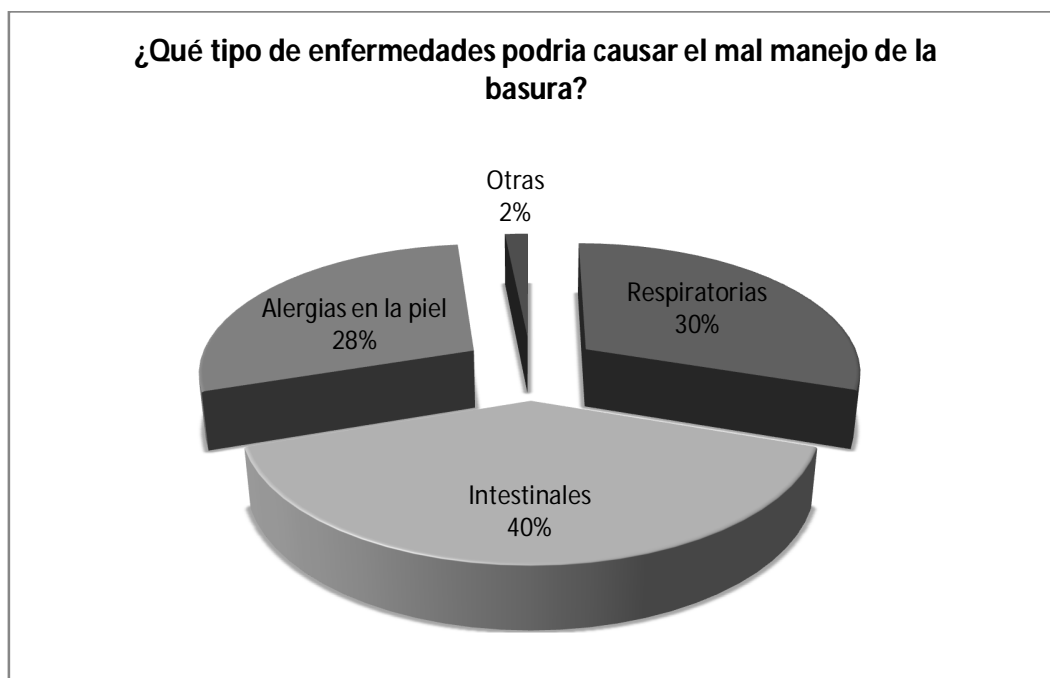
Figura 27. **Materiales que pueden reutilizarse**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 27 se grafica los porcentajes en que las personas piensan que algunos materiales se pueden reutilizar o reciclar. El 28% contestó que el plástico, el 21% el vidrio, el 12% el papel, el 9% el cartón, el 9% la materia orgánica y menos del 1% cree que ningún material se puede reutilizar.

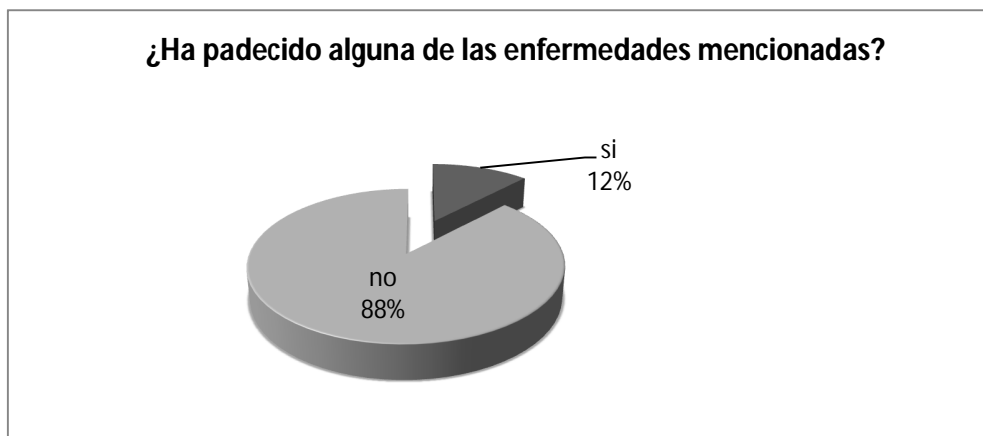
Figura 28. **¿Piensa usted que la basura puede causar impacto negativo a su salud?**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 28 el 100% de los encuestados está consciente que el mal manejo de los desechos sólidos puede causar impacto negativo a la salud humana. El 40% respondió que pueden causar enfermedades intestinales, el 30% que puede causar enfermedades respiratorias, el 28% que puede causar alergias en la piel, y el 2% respondió que puede causar alguna otra enfermedad.

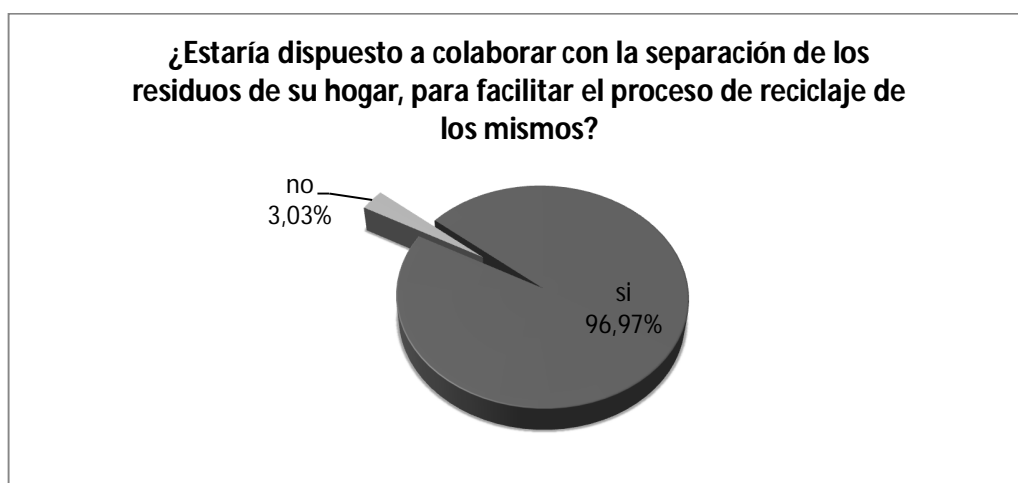
Figura 29. **¿Ha padecido alguna de estas enfermedades?**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 29 se muestra la gráfica de las personas que han padecido las enfermedades mencionadas en la figura 27 a causa de la basura. El 88% no ha padecido, mientras que el 12% si ha padecido por lo menos una de éstas.

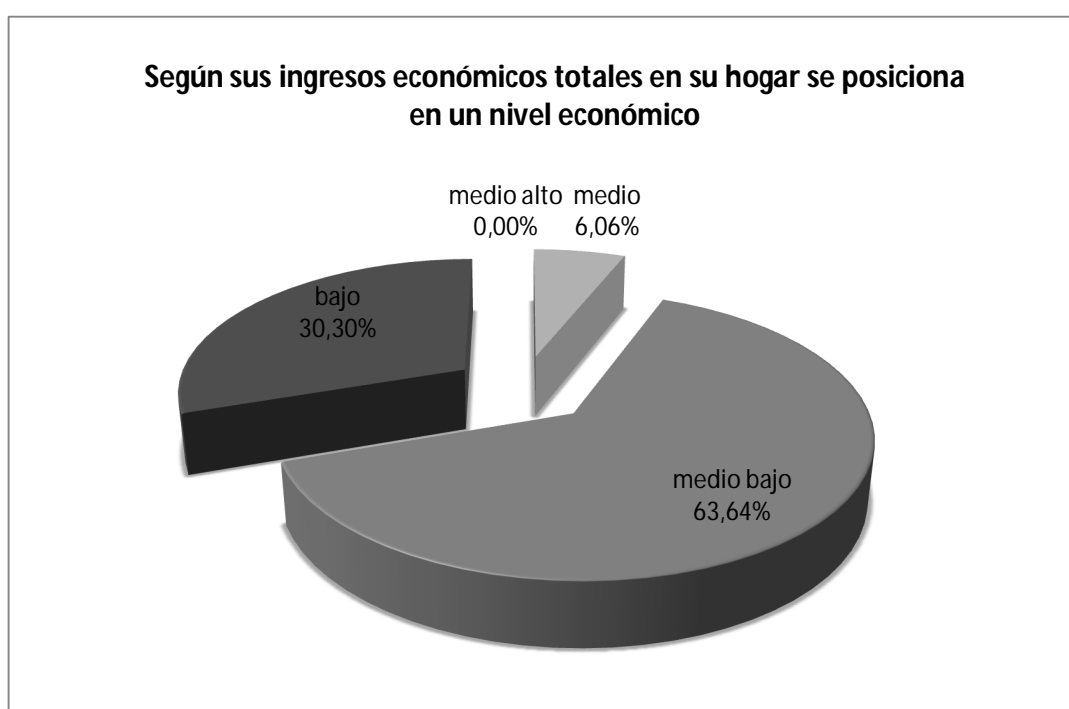
Figura 30. **¿Estaría dispuesto a separar los residuos, para facilitar el reciclaje?**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

En la figura 30 se muestra que la mayoría de las personas (96.97%) no tienen ningún problema en separar sus desechos sólidos para facilitar el proceso de reciclaje, mientras que el 3.03% no tiene intención de separarlos.

Figura 31. **Distribución por estrato socioeconómico**



Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta realizada a viviendas de colonia La Trinidad.

Por medio de la observación, se situaron las viviendas en los estratos 1, 2, 3 y 4 según el tipo de vivienda y número de habitantes, describiendo en la figura 31 las posiciones correspondientes a cada estrato. El 6.06% pertenece a un nivel medio (estrato 2), el 63.64% pertenece a un nivel medio bajo (estrato 3), el 30.30% pertenece a un nivel bajo (estrato 4).



Tabla XIX. **Resultados de la clasificación de estratos socioeconómicos de la colonia La Trinidad, Ciudad Quetzal, San Juan Sacatepéquez**

<b>Estrato</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Total</b>	750	100%
<b>Estrato 1</b>	0	0%
<b>Estrato 2</b>	45	6.06%
<b>Estrato 3</b>	480	63.64%
<b>Estrato 4</b>	225	30.30%

Fuente: elaboración propia, con base en la encuesta socio económica.

#### **5.11. Resultados de la caracterización de los desechos sólidos**

Se procedió a la medición de volumen y peso de los desechos sólidos domiciliarios en las 33 viviendas que estuvieron de acuerdo en colaborar con la investigación, obteniendo así sus densidades sueltas y compactadas (compactación manual). Por lo tanto, se obtuvo la clasificación de los residuos inorgánicos por el método del cuarteo, dando como resultado los siguientes datos.

##### **5.11.1. Generación per cápita en la colonia La Trinidad**

La toma de datos se realizó en la colonia la Trinidad en las fechas comprendidas del 1 al 20 de junio del año 2011, en viviendas elegidas al azar en frecuencia de 3 días a la semana, siendo los lunes, miércoles y viernes en un horario de 3:00 pm a 5:00 pm, con la ayuda de los vecinos que realizaron la separación de sus residuos por orgánicos e inorgánicos. Se produjo la

recolección de datos, según la tabla XX, que conforman la generación promedio per cápita por vivienda.

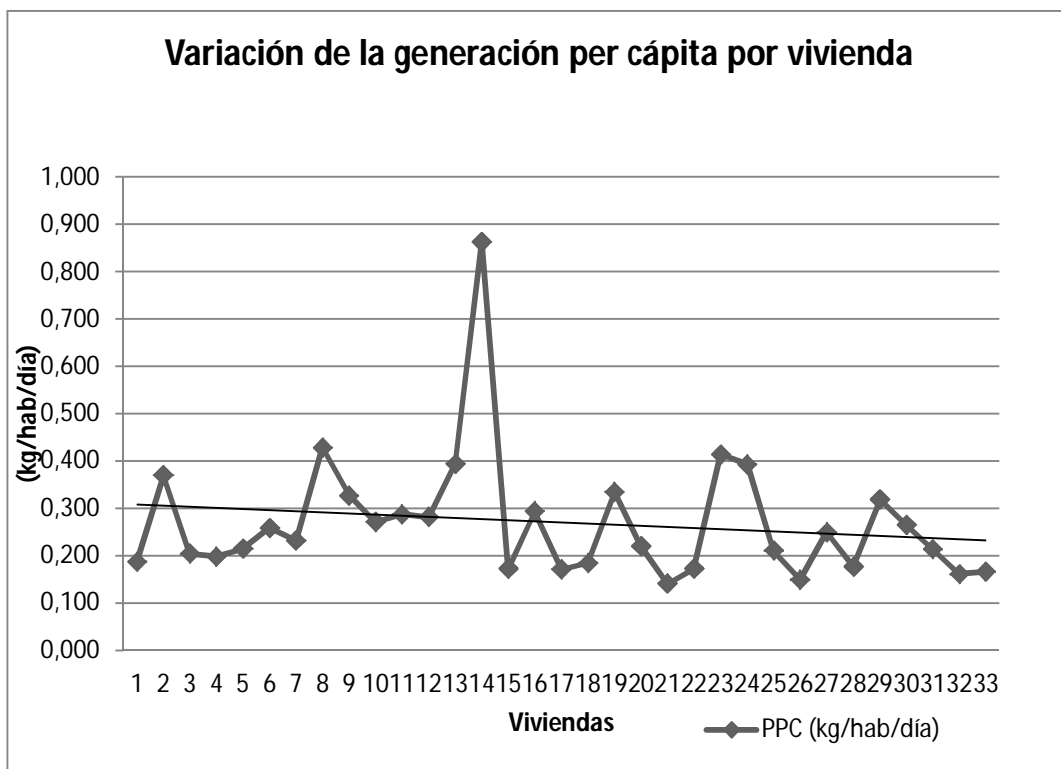
**Tabla XX. Producción per cápita de residuos sólidos domiciliarios de la colonia La Trinidad**

<b>Vivienda</b>	<b>PPC (kg/hab/día)</b>	<b>Vivienda</b>	<b>PPC (kg/hab/día)</b>	<b>Vivienda</b>	<b>PPC (kg/hab/día)</b>
1	0.187	13	0.394	25	0.210
2	0.370	14	0.863	26	0.149
3	0.204	15	0.172	27	0.250
4	0.198	16	0.294	28	0.177
5	0.214	17	0.171	29	0.319
6	0.259	18	0.184	30	0.264
7	0.232	19	0.334	31	0.213
8	0.429	20	0.220	32	0.161
9	0.327	21	0.141	33	0.166
10	0.271	22	0.172		
11	0.287	23	0.414		
12	0.282	24	0.393		

Fuente: elaboración propia.

En la figura 32 se muestra la variación de la generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios. Estas variaciones están sujetas al estilo de vida de cada habitante, siendo éstas por lo general que en donde se produjo menor cantidad de residuos se deba a que en la vivienda el periodo de estancia sea corto ya sea por motivos de trabajo o algún otro motivo. En donde se produjo mayor generación de residuos por lo general es donde hay mayor cantidad de habitantes comprendidos en edades escolares.

Figura 32. Variación de la generación per cápita por vivienda



Fuente: elaboración propia.

La figura 32 muestra la variación de la generación per cápita de residuos sólidos por habitante por cada día, esto da como resultado una generación promedio de 0,270 kg/hab/día. Si la población de la colonia La Trinidad según la encuesta del INE del 2002 es de 2 791 habitantes quiere decir que se producen 753,57 kg/día (0,75 ton/día), aproximadamente.

### 5.11.2. Densidades orgánicas e inorgánicas

Uno de los parámetros que son fundamentales en la gestión de los residuos sólidos, es su densidad o peso volumétrico, este dato proporciona la cantidad de espacio que ocupa cierta masa. Esta información permite el diseño de las celdas en un relleno sanitario, así como proyectar la cantidad de vehículos a utilizar en su recolección y transporte. A continuación en la tabla XXI se presentan las densidades sueltas y compactadas promedios que corresponden a los desechos que fueron medidos en cada una de las viviendas.

Tabla XXI. **Densidades orgánicas e inorgánicas de la colonia La Trinidad**

Densidad Orgánica		Densidad Inorgánica	
Suelta (kg/m <sup>3</sup> )	Compactadas (kg/m <sup>3</sup> )	Suelta (kg/m <sup>3</sup> )	Compactadas (kg/m <sup>3</sup> )
198,33	370,01	60,16	76,36

Fuente: elaboración propia.

### 5.11.3. Resultado de los porcentajes luego de la caracterización de los desechos sólidos

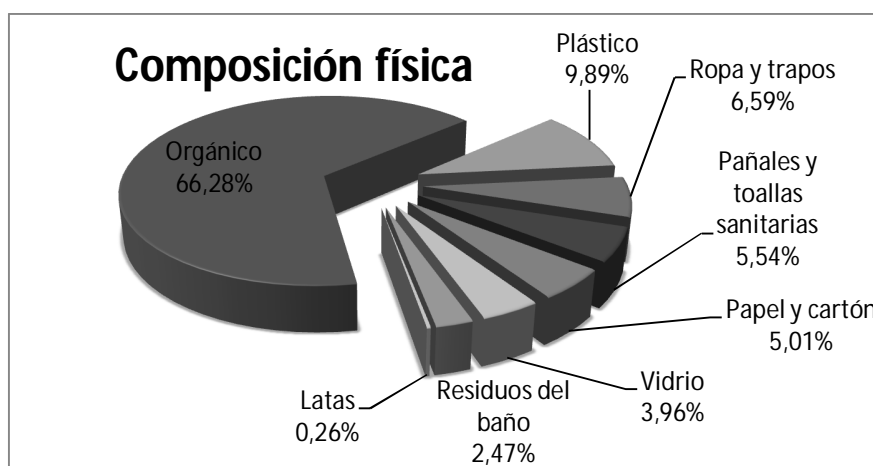
Obteniendo la muestra de los residuos sólidos en un periodo de tres semanas, con un total de 9 días de estudio, se obtuvieron los porcentajes de los desechos sólidos, es decir su composición física. Estos están distribuidos conforme la tabla XXII de la siguiente manera.

Tabla XXII. **Porcentajes de desechos sólidos caracterizados en la colonia La Trinidad**

<b>Materia</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Orgánico</b>	66,28
<b>Plástico</b>	9,89
<b>Ropa y trapos</b>	6,59
<b>Pañales y toallas sanitarias</b>	5,54
<b>Papel y cartón</b>	5,01
<b>Vidrio</b>	3,96
<b>Residuos del baño</b>	2,47
<b>Latas</b>	0,26

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Composición física de los desechos sólidos domiciliarios en la colonia La Trinidad**



Fuente: elaboración propia.

#### 5.11.4. Proyección de volumen de desechos sólidos para el 2032

Actualmente en la colonia La Trinidad se generan 753,57 kg/día (0,75 ton/día) de residuos sólidos domésticos. Para el municipio de San Juan Sacatepéquez según último censo poblacional del Instituto Nacional de Estadística (INE) 2002, tiene una tasa de crecimiento del 2,79%, en base a esta información se proyecta la generación de desechos sólidos según su población futura en la figura 34.

Figura 34. **Proyección de la generación de desechos sólidos domiciliarios para el año 2032**



Fuente: elaboración propia.

## **6. PROPUESTA Y RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS DESECHOS SÓLIDOS**

Como se observa en el capítulo 5, los vecinos se muestran positivos ante la acción de la separación de los residuos según su clasificación, ayudando al mejoramiento del manejo y su disposición final. Se debe reforzar esta actitud con un plan de gestión integral que permita el aprovechamiento de materiales que pueden ser reciclados, contribuyendo al auto sostenimiento del sistema a emplear. Involucrando a los generadores por medio de campañas informativas acerca de las ventajas que implican actuar de manera consciente y responsable para el cuidado de la salud y el medio ambiente.

Según los parámetros encontrados del muestreo aleatorio, puede darse una guía del comportamiento en la generación de residuos, tomando en cuenta que la disposición actual no es la adecuada se propone una posible solución para su mejoramiento, basada en los principios de ingeniería y acordes a la legislación vigente.




### **6.1. El manejo de los desechos sólidos**

El objetivo de un manejo adecuado de los desechos sólidos será facilitar la recolección, la selección y la disposición final, reduciendo el tiempo y los costos para cada actividad, con una simple acción desde la parte de la producción. Pero esto debe estar bien estructurado y debe ser parte de las condiciones del servicio de recolección, basado en la legislación y con una fuerte campaña de concientización donde se puede involucrar a los centros

educativos, congregaciones religiosas y actividades sociales, creando con esto una buena práctica ambiental que beneficiará a toda la comuna.

Se recomienda establecer la separación en el origen de la siguiente manera:

Tabla XXIII. **Propuesta de clasificación en origen para la colonia La Trinidad**

Color	Descripción
	<p>Desechos orgánicos, ya que según la investigación estos desechos representan el 66.28% del total de los desechos. De esta manera se pueden utilizar para realizar compost natural utilizándolo como abono, para lo cual se debe realizar un estudio de factibilidad.</p>
	<p>Desechos inorgánicos, estos representan el 9.89% del total de los desechos, estos materiales pueden ser reciclados en plantas dedicadas a esta actividad, se deben clasificar según la figura 2 de esta investigación. Esto representa una fuente de ingresos para el sistema, ya que este material puede venderse para el reciclaje.</p>
	<p>Desechos inorgánicos, en esta clasificación deben ir todos los desechos que no pueden ser reutilizados o reciclados y que no represente un peligro.</p>



Continuación de la tabla XXIII.



Papel y cartón, puede haber una cuarta clasificación para el papel y cartón, ya que estos materiales puede ser reciclados y obtener remuneración de este material, pero por encontrarse en un bajo porcentaje (5.01%) se puede recolectar a cada 15 días o una vez al mes según las cantidades presentes.

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Programa Manejo Integrado de Residuos Sólidos (MIRS), anexo 3.

Además de realizar una clasificación en origen, se recomienda compactar manualmente los desechos antes de ponerlos a disposición del servicio de recolección, esta acción tiene la ventaja de reducir el volumen de los desechos que se traduce en mayor capacidad de transporte, disminuyendo los costos y el número de vehículos destinados a esta actividad. Según esta investigación compactar manualmente reduce hasta un 54% el volumen de los desechos orgánicos y hasta un 78% el volumen de los desechos inorgánicos

## 6.2. Recolección de los desechos sólidos

La causa principal para la propagación de vectores causante de enfermedades es dejar los residuos sólidos en lugares inapropiados y sin control alguno, como por ejemplo en los callejones, barrancos o en sitios baldíos, por ésta razón es importante que el servicio de recolección cumpla su función en un cien por ciento. Para este problema se plantea el pago de una tarifa social y que ésta sea cancelada conjuntamente con el servicio de agua potable. De esta manera se tornará obligatoria y no se dejará en segundo plano, erradicando la costumbre de la incineración de residuos ocasionando molestias a los vecinos por los gases emitidos y el vertido clandestino.

### **6.3. Separación y reciclaje de los desechos sólidos**

Según la encuesta realizada a las viviendas en estudio, se reflejó que la mayoría de las personas no tienen alguna objeción en separar los residuos en su domicilio para facilitar el proceso de reciclaje. Por este motivo es de gran importancia promover el hábito de la separación, ya sea por los beneficios ecológicos y ambientales o bien por una motivación económica, la cual puede ser en una reducción al costo del servicio de recolección, o con la compra directa de materiales que pueden ser reciclados como lo son las latas de refrescos o productos enlatados, metales como el aluminio, hierro, cobre, etc.

La manera más efectiva de crear un hábito de reciclaje es crear una conciencia ambiental en la población, haciéndoles de su conocimiento las consecuencias de los productos que se utilizan en los hogares, como por ejemplo la tala de árboles para la fabricación de muebles, acabados en maderas, papel, cartón, etc. y como se puede reducir la necesidad de acabar con los bosques con la práctica del reciclaje. Otro ejemplo es el reciclaje de productos de fabricación en plástico, el impacto que tiene en el medio ambiente al ocupar demasiado volumen como material de desecho, el tiempo que necesita la naturaleza para que pueda ser absorbido y los niveles tóxicos presentes que pueden envenenar el agua, el suelo y el aire al ser incinerados.

### **6.4. Vertedero actual y propuesta de mejoramiento**

Actualmente ciudad Quetzal no cuenta con su propio vertedero controlado o relleno sanitario. Los residuos son depositados en el basurero de la zona 3 capitalina. Por ser una población que supere los 100 mil habitantes es aconsejable que cuente con su propio relleno sanitario, cumpliendo con los requerimientos mínimos para auto sostenerse, de esta manera el costo y el

tiempo de transporte de los residuos será notablemente reducido, siendo el transporte el mayor rubro debido al precio del combustible. Esta investigación refleja la situación actual de las colonias aledañas a la colonia La Trinidad, pues pertenecen al mismo estrato social, económico y tienen las mismas actividades comerciales

### **6.5. Propuesta para un relleno sanitario**

Según las características que reúne el área sur de San Juan Sacatepéquez denominada como Ciudad Quetzal y sus colonias aledañas se sugiere un relleno sanitario semimecanizado por el método de área (según el inciso 4.6.2.7 de esta investigación), debido a que reúne las siguientes cualidades:

- Según la topografía es un área irregular con quebradas, pendientes y hondonadas así como escasas planicies.
- El clima es templado, por lo que la temperatura se mantiene entre los 19 y 23 grados, lo cual hace que el material de cobertura no requiera de características especiales.
- Tiene abundante recurso humano, por lo que generará empleo para la operación y mantenimiento del relleno así como en la construcción.
- Los costos de este tipo de relleno no son elevados, por lo que la municipalidad no tendrá que efectuar una inversión tan alta.

El relleno semimecanizado realiza la compactación de los desechos para reducir su volumen y aumentar su densidad de forma manual y no con

maquinaria pesada, por este motivo se sugiere que se realice una primera compactación desde su origen para luego finalizarla con herramientas de uso manual. La cobertura de los desechos de igual manera se realiza de forma manual.

Es necesario que el relleno sanitario cuente con una protección perimetral con cercos y puertas en el acceso, una caseta de control, una báscula, recolección de escurrimiento de lixiviados y ventilación.

Parámetros a tomar en cuenta en el diseño de un relleno sanitario, entre otros.

Tabla XXIV. **Parámetros de diseño de un relleno sanitario**

<b>Factor</b>	<b>Criterios</b>
Selección del sitio	De preferencia aquellos lugares donde las operaciones del relleno sanitario conduzcan a mejorar el terreno, de esta manera, se ahorraran problemas operacionales
Distancia de recorrido hacia el sitio de disposición final	Preferiblemente no mayor de 30 minutos del centro del poblado, para que el transporte de los residuos sólidos y de la maquinaria pesada sea económico.
Vías de acceso	El terreno debe estar cerca de una vía principal pavimentada para que sea fácil el acceso de camiones llevando los residuos sólidos y la maquinaria pesada.
Distancia a los vecinos	El relleno sanitario debe estar lo más cerca posible del área urbana, se recomienda que esté ubicado en la dirección de crecimiento de la urbanización. Los linderos serán trazados a una distancia mínima de 200 metros del área residencial más cercana
Áreas de inundaciones	Deberá de estar fuera de la zona de inundación de 100 años o diseñado para que no produzca corrimiento de desechos durante una inundación

Continuación de la tabla XXVI.

No debe construirse cuando existan	Zonas húmedas (ciénagas o humedales) Zona de fallas o impactos sísmicos Zonas inestables (como terrenos susceptibles a deslaves o sumideros). Zonas arqueológicas
Áreas disponibles de terreno	La capacidad del sitio deberá tener una vida útil de por lo menos 10 años. Si los terrenos son pequeños o menores a 5 años de vida útil, puede emplearse como plan piloto y ganar la confianza de las autoridades
Topografía	La topografía determina el método de relleno utilizado (trinchera, área o cañón) y los requerimientos de maquinaria pesada.
Condiciones del suelo	De preferencia el suelo debe ser arcilloso con mínima permeabilidad.
Condiciones del viento	La dirección del viento debe ser desde la población hacia el relleno, en caso contrario se deberá sembrar árboles y vegetación pesada en toda la periferia del relleno para contrarrestar molestias además que mejora la estética a la obra.
Hidrología de escurrimiento natural	Debe minimizar la necesidad de desviar el escurrimiento natural del sitio, para evitar corrimiento de desechos y contaminación del agua
Hidrogeología	El nivel freático debe estar profundo para evitar la contaminación del agua y el suelo debe ser lo suficientemente permeable. El relleno debe estar ubicado aguas debajo de la captación del agua para consumo humano y en general de las fuentes de agua superficial.
Disponibilidad de material de cobertura	Abundante materia arcillosa de cobertura por su baja permeabilidad y elevada capacidad de absorción de contaminantes. De lo contrario garantizar su adquisición.
Uso futuro del sitio después de su clausura	El uso luego de la clausura debe estar contemplado desde el principio, a fin de integrarlo al ambiente natural

Fuente: JARAMILLO, Jorge. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y ciencias del ambiente, 2002, p.72.



## CONCLUSIONES

1. Los residuos sólidos de la colonia La Trinidad, Ciudad Quetzal, del municipio de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala, fueron estudiados y clasificados de la siguiente manera: por su tipo de origen como: domésticos; por tipo de manejo como: residuos no peligrosos; por su composición como: orgánicos e inorgánicos. La producción per cápita promedio de los residuos totales es de aproximadamente de 0.270 kg/hab/día, compuesto por residuos orgánicos en un 66.28% con una producción per cápita de aproximadamente 0.187 kg/hab/día; y por inorgánicos en un 33.72%, con una producción per cápita de aproximadamente 0.084 kg/hab/día.
2. Las densidades promedios correspondientes a los residuos sólidos orgánicos son: sin compactar 191.97 kg/m<sup>3</sup>, compactados 3.56.98 kg/m<sup>3</sup>; para los residuos sólidos inorgánicos son: sin compactar 58.98 kg/m<sup>3</sup>, compactados 75.64 kg/m<sup>3</sup>.
3. La clasificación de los desechos sólidos domiciliarios se realizó en un periodo de tres semanas del mes de junio del 2012, siendo los días lunes, miércoles y viernes los días en que se efectuó la caracterización de los desechos sólidos en las 33 viviendas que colaboraron con la investigación, separando sus residuos en el momento de la generación, dando como resultado los siguientes resultados. Los residuos orgánicos componen el 66.28% siendo restos de comida, residuos de frutas y verduras, desechos de jardín y poda de arbustos; los residuos sólidos inorgánicos componen el 33.72% los cuales están integrados por plástico en un 31.65%, ropa y

trapos en un 21.10% esto se debe a las ventas de ropa de segunda mano que son un tipo de comercio muy popular en Ciudad Quetzal, el vidrio compone un 12.66%, pañales y toallas sanitarias en un 17.72%, latas en un 0.84%, papel y cartón en un 16.03%.

4. Según la encuesta realizada y por observación del investigador de acuerdo por el tipo de vivienda, estilo de vida de las personas y los servicios con los que cuentan se estableció que la población en estudio pertenece a un nivel socioeconómico medibajo.
5. Se determinó que el manejo de los residuos sólidos domiciliarios de la colonia La Trinidad de Ciudad Quetzal es deficiente, ya que el servicio de recolección no alcanza al 100% de las viviendas, es por este motivo que se pueden encontrar residuos domiciliarios en los callejones y casas deshabitadas, creando un ambiente de pobreza e insalubridad, algunos vecinos recurren a la incineración de su basura, contaminando el aire y causando molestias por la emisión de gases ofensivos a los sentidos.
6. Según se pudo observar los vecinos tienen una actitud positiva a un cambio en la manera de cómo se manejan los residuos ya que un 97% dijo estar de acuerdo con la separación de sus residuos para ayudar al proceso de reciclaje y el 100% está consciente que un mal manejo de la basura puede ocasionar daños a la salud y al medio ambiente.



## RECOMENDACIONES

1. Por las cantidades de desechos sólidos generados en la colonia La Trinidad, es necesario que se cree un plan de separación de residuos en el hogar, conjuntamente con los encargados de la recolección, de manera que se puedan recuperar los diferentes tipos de residuos de una forma más sencilla para el reciclaje. Ya que la mayor parte de los residuos son de tipo orgánico y San Juan Sacatepéquez sea un municipio agrícola el compostaje pudiera ser una buena propuesta.
2. La densidad de los diferentes tipos de residuos es un parámetro que puede contribuir con la eficiencia del manejo de la basura, por lo tanto realizar una compactación de los residuos en el hogar previo a su recolección con el fin de reducir el volumen ocupado en los camiones dedicados a su transporte. También contribuye a la disminución del espacio ocupado en un posible relleno sanitario para la región.
3. Para mejorar la situación actual del manejo de la basura se tiene que informar a la población de los diferentes tipos de residuos, la manera en que pueden ser reutilizados y como pueden contribuir con la separación de los residuos domiciliarios de tipo inorgánicos, es decir, en plásticos, metales, maderas, ropa y trapos, baterías o pilas, aceites así también los materiales orgánicos. Esto disminuiría los costos de una clasificación en un relleno sanitario.

4. Para mejorar la calidad de vida en la colonia es importante concientizar a las personas del daño que causa un mal manejo de la basura y como se puede preservar el medio ambiente depositando los residuos sólidos en lugares adecuados, creando una actitud de protección ambiental y de prevención, asegurando la salud pública.
5. Es importante contar con un plan de manejo integral de los desechos sólidos.
6. Por las características que reúne la región un relleno sanitario tipo semimecanizado sería la mejor opción para el destino final de los desechos sólidos domiciliarios de la colonia La Trinidad, San Juan Sacatepéquez.

## BIBLIOGRAFIA

1. ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, Departamento de Sacatepéquez*. Director: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2009.
2. COLOMER, Francisco. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. México, D.F.: Limusa, 2007 Universidad Politécnica de Valencia. ISBN-13: 978-968+18-7036-2. 318 p.
3. DUARTE DÍAZ, Felipe Andrés. *Caracterización de los desechos sólidos del municipio de San Antonio La Paz, departamento de El Progreso y propuesta para relleno sanitario*. Director: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008.
4. Guatemala, Código de Salud, *Decreto 90-97 del Congreso de la República de Guatemala*. 1997.17 p.
5. GUILLÉN FERNÁNDEZ, Eduardo José. *Manejo de los desechos sólidos en el área urbana del municipio de Jutiapa*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995.

6. JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Lima, Perú: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2002, 303 p.
7. Reglamento de manejo de desechos sólidos para el municipio de Guatemala. *Acuerdo No. 028-2002*. Guatemala. 16 de diciembre de 2002. 2 p.
8. Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios. *Acuerdo Gubernativo No. 509-2001*. Guatemala. 28 de diciembre de 2001. 14 p.
9. TCHOBANOGLIOUS, George. THEISEN, Hilary. VIGIL, Samuel. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Traducción y revisión técnica: Tejero, Juan Ignacio; Gil Díaz, José Luis; Santo Narea, Marcel. *Vol. I*. Aravaca Madrid: McGraw Hill, 1994, ISBN: 0-07-063237-5.604 p.

## **Apéndice**



**CARACTERIZACION DE LOS DESECHOS SÓLIDOS  
DOMICILIARES DE LA COLONIA LA TRINIDAD, CIUDAD  
QUETZAL, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

No.	
Fecha:	

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Encuestador: Hamilton Chicohay Mejía

**ENCUESTA (domiciliar)**

1. ¿Cuántas personas viven den su hogar? \_\_\_\_\_ Personas
2. Mujeres \_\_\_\_\_ Edades: \_\_\_\_\_ Hombres \_\_\_\_\_ Edades: \_\_\_\_\_
3. ¿El domicilio es de su propiedad o es alquilado?  Propio  Alquiler: Q. \_\_\_\_\_
4. ¿Recibe un servicio de recolección de residuos?  Si  No
5. Si no recibe servicio de recolección. ¿Qué hace los residuos?  
 Los entierra  Los quema  Terrenos validos  Con un vecino
6. ¿Cuál es el monto mensual del servicio? Q. \_\_\_\_\_
7. ¿Qué días de la semana recibe el servicio de recolección?  
 Lun  Ma  Mié  Jue  Vie  Sab  Dom
8. ¿En qué horario recibe el servicio de recolección?  mañana  tarde
9. ¿En qué situaciones el servicio de recolección no cumple su labor?  
 ninguna  Lluvias  Días festivos  Otras causas
10. ¿Sabe Ud. cuál es el destino final de su basura?  Si  No
11. ¿Cuál es el destino final?  
 Basurero de la zona  Otro basurero  Reciclaje  Barrancos  
3
12. ¿Sabe Ud. Lo que es el reciclaje?  Si  No
13. ¿Qué objetos que se podría considerar "basura" cree que se puedan reutilizar?  
 Metal  plástico  Vidrio  Papel  Cartón  orgánicos  Ninguno
14. ¿Piensa Ud. de que la basura puede causar impacto negativo A su salud?  Si  No
15. ¿Qué tipo de enfermedades cree Ud. Que podría causar el mal manejo de basura?  
 respiratorias  Intestinal  Alergias en la piel  Otras
16. ¿Ha padecido alguna de las enfermedades mencionadas?  Si  No
17. ¿Estaría Ud. Dispuesto a colaborar con la separación de los residuos de su hogar, Para facilitar el proceso de reciclaje de los mismos?  Si  No
18. ¿Según los ingresos económicos totales en su hogar, usted se considera dentro de un nivel económico?  
 Media Alta  Media  Media baja  Bajo

Fuente: elaboración propia.

## Peso de los residuos sólidos orgánicos

### Residuos sólidos Orgánicos (kg)

Vivienda	Habitantes	1° Semana			2° Semana			3° Semana		
		11/06/2012	13/06/2012	15/06/2012	18/06/2012	20/06/2012	22/06/2012	25/06/2012	27/06/2012	29/06/2012
1	7	1.50	3.25	0.50	1.10	2.90	0.25	1.50	6.25	0.10
2	4	3.15	2.10	1.00	2.00	2.10	1.50	5.25	5.50	2.50
3	3	0.50	1.00	1.25	0.25	1.25	1.00	0.75	2.00	0.25
4	4	0.40	1.00	0.80	0.40	0.50	1.25	0.50	2.75	0.75
5	3	0.25	0.50	1.50	2.80	1.90	0.75	1.00	1.00	0.50
6	3	0.75	1.50	0.40	2.50	1.20	1.50	2.50	1.50	0.75
7	4	1.00	2.75	1.25	1.50	2.25	0.50	2.10	1.50	1.75
8	4	2.00	4.25	0.60	4.00	1.25	2.25	6.50	3.90	2.50
9	4	0.10	0.40	4.25	0.50	0.10	1.25	2.63	1.10	1.50
10	4	3.25	1.90	3.75	2.10	0.50	0.90	1.50	1.90	1.25
11	6	0.60	5.00	2.50	3.50	2.00	1.50	0.00	1.25	2.10
12	6	1.75	1.00	1.00	2.00	0.50	2.80	1.50	1.50	0.50
13	2	0.75	0.50	1.50	1.00	2.80	1.50	1.25	1.50	0.75
14	4	6.40	0.75	1.10	3.10	7.80	10.90	8.25	9.50	9.00
15	9	2.00	0.90	1.00	2.25	2.10	3.10	5.25	3.90	4.75
16	3	2.20	1.20	0.80	0.30	1.20	0.75	0.75	1.75	0.75
17	5	1.25	1.25	1.50	2.50	0.75	0.75	5.50	0.90	0.85
18	3	1.75	0.00	1.25	1.50	0.50	0.50	1.00	0.10	0.75
19	3	2.50	5.60	0.50	1.00	1.00	1.50	1.25	0.75	1.25
20	3	1.10	0.40	0.75	1.50	0.75	0.50	1.10	2.25	0.50
21	3	0.10	0.50	0.63	0.50	0.25	0.50	0.10	3.00	1.00
22	4	0.50	1.25	1.25	1.25	1.50	1.50	1.75	1.50	0.25
23	4	6.25	1.75	1.75	3.75	1.75	2.00	6.25	3.50	1.75
24	2	0.50	0.75	1.00	0.75	1.50	1.25	0.75	1.50	2.00
25	7	1.75	1.25	2.25	2.10	0.25	2.00	2.10	1.00	1.00
26	6	1.25	1.25	1.25	2.75	2.00	1.50	1.25	2.00	1.75
27	3	0.60	0.50	0.50	0.25	1.25	2.00	1.10	1.25	2.25
28	6	3.25	1.50	1.75	1.00	0.80	1.50	3.50	3.25	1.90
29	6	8.30	3.50	3.00	2.75	4.00	4.80	4.50	3.50	2.50
30	5	1.50	1.00	2.00	0.00	1.75	0.75	1.50	2.25	4.25
31	6	2.00	1.50	1.00	1.50	2.50	4.50	4.25	3.50	1.80
32	11	9.00	2.00	0.50	1.75	1.90	3.10	1.80	2.00	0.50
33	5	1.75	0.75	2.00	2.00	0.75	1.50	2.75	0.75	2.00

Fuente: elaboración propia.

## Peso de los residuos sólidos Inorgánicos

### Residuos sólidos Inorgánicos (kg)

Vivienda	Habitantes	1° Semana			2° Semana			3° Semana		
		11/06/2012	13/06/2012	15/06/2012	18/06/2012	20/06/2012	22/06/2012	25/06/2012	27/06/2012	29/06/2012
1	7	2.00	1.25	2.00	2.75	0.15	0.50	0.75	0.25	0.50
2	4	0.75	0.00	0.10	1.50	0.00	0.25	0.10	3.25	0.00
3	3	0.25	0.50	0.10	0.50	0.25	1.25	0.75	0.25	0.75
4	4	1.80	0.75	0.95	1.00	0.60	0.85	1.10	0.75	0.50
5	3	0.50	0.00	0.35	0.10	0.60	0.10	0.75	0.55	0.35
6	3	0.10	0.35	0.80	0.75	0.10	0.25	0.10	0.75	0.50
7	4	0.50	0.90	1.10	1.00	0.25	0.00	0.25	0.10	0.75
8	4	2.00	1.50	0.00	0.90	0.10	0.50	0.75	2.00	1.00
9	4	0.10	2.25	2.50	5.25	1.90	0.75	0.87	1.00	1.00
10	4	0.25	0.75	0.30	1.00	0.50	1.00	0.60	0.50	0.80
11	6	1.00	3.25	2.00	1.00	3.00	0.50	1.00	1.00	5.00
12	6	0.50	6.50	6.50	4.00	0.25	1.80	0.75	1.90	0.75
13	2	0.25	0.50	0.10	0.50	2.10	0.50	0.25	0.25	0.55
14	4	0.10	0.75	1.00	0.50	0.20	1.75	7.25	2.90	1.25
15	9	0.50	0.25	0.20	0.90	0.75	0.10	0.50	1.90	2.25
16	3	2.50	1.20	1.50	0.60	0.80	0.10	0.10	1.50	0.50
17	5	0.10	0.10	0.40	0.50	0.25	0.75	0.10	0.25	0.25
18	3	0.40	0.00	0.50	0.75	0.25	0.10	1.50	0.50	0.25
19	3	0.15	1.80	0.75	0.50	0.50	0.25	0.75	0.25	0.75
20	3	0.50	0.50	0.50	0.75	0.75	0.50	0.50	0.75	0.25
21	3	0.25	0.40	0.50	0.30	0.10	0.50	0.25	0.00	0.00
22	4	0.25	0.20	0.15	0.50	0.50	1.00	0.50	0.10	0.50
23	4	2.00	0.00	0.00	0.00	0.25	1.50	2.00	0.25	0.00
24	2	0.25	0.50	0.25	1.00	0.50	2.00	0.75	0.50	0.75
25	7	2.40	1.25	3.00	2.80	1.50	0.75	3.50	1.50	0.50
26	6	0.10	0.10	1.25	0.10	0.25	1.25	0.25	0.25	0.25
27	3	0.38	0.40	1.10	1.50	0.25	0.50	0.25	0.75	0.90
28	6	0.50	0.50	0.30	0.25	0.50	0.25	0.50	0.50	0.50
29	6	0.25	0.30	0.30	0.10	0.60	0.25	1.00	0.25	0.25
30	5	0.25	1.75	1.50	1.75	1.75	1.75	0.50	1.75	1.75
31	6	0.50	0.50	0.50	0.25	0.10	0.10	0.75	1.00	0.60
32	11	2.75	2.00	0.50	1.75	0.90	1.50	2.75	2.00	0.50
33	5	0.25	0.50	0.75	0.00	0.25	0.15	0.50	0.00	0.75

Fuente: elaboración propia.



### Resumen de los datos obtenidos en la caracterización

Vivienda	PPC (kg/hab/día)	Total de desechos (kg)	Orgánica (kg)	Densidad Suelta orgánica (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad compactada orgánica (kg/m <sup>3</sup> )	Inorgánica (kg)	Densidad suelta inorgánica (kg/m <sup>3</sup> )	Densidad Comparada inorgánica (kg/m <sup>3</sup> )
1	0.187	27.50	17.35	314.13	603.49	10.15	1.86	68.49
2	0.370	31.05	25.10	172.47	291.94	5.95	67.55	64.55
3	0.204	12.85	8.25	216.06	279.50	4.60	23.72	53.06
4	0.198	16.65	8.35	164.82	146.37	8.30	25.68	90.77
5	0.214	13.50	10.20	215.19	306.80	3.30	11.18	41.87
6	0.259	16.30	12.60	213.18	400.18	3.70	23.89	60.69
7	0.232	19.45	14.60	270.01	292.10	4.85	11.42	48.60
8	0.429	36.00	27.25	278.92	207.94	8.75	0.00	0.00
9	0.327	27.45	11.83	127.32	394.11	15.62	187.68	105.47
10	0.271	22.75	17.05	95.30	464.91	5.70	26.16	48.73
11	0.287	36.20	18.45	238.48	438.22	17.75	129.20	72.43
12	0.282	35.50	12.55	192.10	378.30	22.95	186.63	108.41
13	0.394	16.55	11.55	148.77	314.36	5.00	7.20	36.91
14	0.863	72.50	56.80	344.66	591.38	15.70	11.77	79.20
15	0.172	32.60	25.25	238.64	388.68	7.35	126.05	55.80
16	0.294	18.50	9.70	166.13	256.30	8.80	76.81	74.87
17	0.171	17.95	15.25	185.04	420.02	2.70	84.68	23.80
18	0.184	11.60	7.35	194.67	330.31	4.25	113.90	39.89
19	0.334	21.05	15.35	98.90	263.44	5.70	81.76	41.80
20	0.220	13.85	8.85	10.63	17.50	5.00	95.55	46.88
21	0.141	8.88	6.58	126.50	351.23	2.30	71.82	50.00
22	0.172	14.45	10.75	199.95	471.83	3.70	19.49	49.46
23	0.414	34.75	28.75	346.59	692.05	6.00	152.91	116.69
24	0.393	16.50	10.00	198.76	338.24	6.50	12.66	66.09
25	0.210	30.90	13.70	196.06	405.37	17.20	227.65	133.54
26	0.149	18.80	15.00	202.16	361.56	3.80	67.74	38.68
27	0.250	15.73	9.70	142.05	183.75	6.03	124.34	55.40
28	0.177	22.25	18.45	4.73	488.21	3.80	86.31	43.62
29	0.319	40.15	36.85	321.00	542.53	3.30	45.86	27.33
30	0.264	27.75	15.00	263.04	467.67	12.75	120.90	69.13
31	0.213	26.85	22.55	265.17	487.48	4.30	120.79	50.71
32	0.161	37.20	22.55	152.66	212.40	14.65	174.73	83.30
33	0.166	17.40	14.25	240.91	422.12	3.15	2.14	39.19

Fuente: Elaboración propia.

