



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

**MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA  
MIXTA 824 Y 825, CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

**Marco Antonio González González**

Asesorado por la Inga. María del Mar Girón Cordón

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA  
MIXTA 824 Y 825, CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MARCO ANTONIO GONZÁLEZ GONZÁLEZ**  
ASESORADO POR LA INGA. MARÍA DEL MAR GIRÓN CORDÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADORA	Inga. María del Mar Girón Cordón
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **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:

**MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA  
MIXTA 824 Y 825, CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 14 de marzo de 2018.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Marco Antonio González González', with a horizontal line drawn through the middle of the signature.

**Marco Antonio González González**

UNIVERSIDAD SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 27 de agosto de 2018

Ingeniero  
Luis Manuel Sandoval Mendoza  
Jefe del departamento de Hidráulica  
Facultad de Ingeniería

Por medio de la presente informo que después de revisar y realizar las correcciones respectivas del trabajo de graduación Titulado MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 824 Y 825, CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA, del estudiante Marco Antonio González González, quien se identifica con carné No. 201403867 y CUI: 2666562260101, en calidad de asesora doy mi autorización de continuar con el proceso correspondiente.

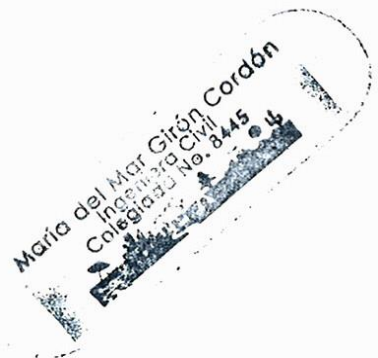
Sin otro particular me suscribo muy atentamente.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "María del Mar Girón Córdón".

Inga. María del Mar Girón Córdón

Ingeniera Civil, Colegiado No. 8445

Asesora





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala, 26 de Septiembre de 2018

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero

Le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado **“MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 824 Y 825, CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA”**, desarrollado por el estudiante de ingeniería civil Marco Antonio González González, quien contó con la asesoría de la ingeniera María del Mar Girón Cordón.

Considero que este trabajo está bien desarrollado y habiendo cumplido con los objetivos doy mi aprobación al mismo, solicitando darle el tramite respectivo.

Sin otro particular, me despido atentamente.

Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza  
Jefe del Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. María del Mar Girón Cordón y Coordinador del Departamento de Hidráulica Ing. Luis Manuel Sandoval Mendoza, al trabajo de graduación del estudiante Marco Antonio González González MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 824 Y 825, CIUDAD DE PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2018

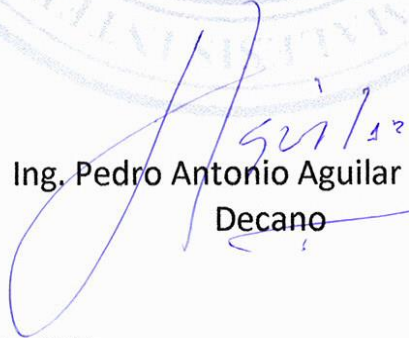
/mmm.





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: **MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 824 Y 825, CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Marco Antonio González González**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, noviembre de 2018

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Ana Elizabeth González Calderón y Carlos René González, por su amor y paciencia, serán siempre mi inspiración.

### **Mis hermanos**

Carlos Yovany, Cristian Alberto, Dina Marleni y Karla Elizabeth.

### **Mis abuelitos**

Ana Cristina Calderón Velásquez e Irma Yolanda González Rivera, por sus consejos y amor incondicional.

### **Mis pastores**

Carlos Estrada y Brenda de Estrada por su cariño y oraciones.

### **Familia en general**

Por su apoyo, cariño y confianza.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por iluminarme y darme fuerzas para culminar mis estudios.
- Mis padres** Ana Elizabeth González Calderón y Carlos René González, por su apoyo incondicional y creer siempre en mí.
- Mis amigos** Andrés Martínez, Byron Melgar, Edwin Fernández, Edgar Barrera, Edgar Guarcas, Lesster Aguirre, Mauricio Torres y Mercedes Corado, por compartir tiempo y formar un grupo excelente de estudio.
- Mi asesora** Inga. María del Mar Girón Cordón, por su paciencia, y transmitirme su valioso conocimiento y guiarme a culminar mi trabajo de graduación.
- Director de la institución** Luis Bautista, por permitirme realizar el estudio del presente trabajo de graduación, en la escuela.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS .....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. CONCEPTOS GENERALES.....	1
1.1. Desechos sólidos.....	1
1.2. Características de los desechos sólidos .....	1
1.2.1. Peso .....	2
1.2.2. Volumen.....	2
1.2.2.1. Volumen compactado.....	2
1.2.2.2. Volumen suelto .....	3
1.2.3. Densidad.....	3
1.3. Diferencia entre un desecho y residuo sólido.....	3
1.4. Clasificación de desechos sólidos según su composición .....	4
1.4.1. Desechos sólidos orgánicos.....	5
1.4.2. Desechos sólidos inorgánicos.....	6
1.5. Clasificación de desechos sólidos por tipo de manejo .....	7
1.5.1. Desechos peligrosos.....	8
1.5.2. Desechos no peligrosos.....	8
1.5.3. Desechos inertes .....	8
1.6. Clasificación de desechos sólidos según su origen .....	9
1.6.1. Desechos sólidos domiciliarios .....	10

1.6.2.	Desechos sólidos comerciales.....	10
1.6.3.	Desechos sólidos industriales.....	11
1.6.4.	Desechos sólidos hospitalarios.....	11
1.6.5.	Desechos sólidos de construcción.....	13
1.6.6.	Desechos sólidos municipales.....	13
1.6.7.	Desechos sólidos institucionales .....	14
1.6.8.	Basura espacial .....	14
1.7.	Propiedades de los desechos sólidos .....	14
1.7.1.	Peso específico .....	15
1.7.2.	Humedad.....	16
1.7.3.	Poder calorífico .....	16
1.7.4.	Capacidad de campo.....	18
1.7.5.	Tamaño de partícula.....	19
1.8.	Contaminación ambiental .....	20
1.8.1.	Impacto de los desechos sólidos en la salud humana .....	20
1.8.1.1.	Efectos directos .....	22
1.8.1.2.	Efectos Indirectos .....	22
1.8.2.	Impacto de los desechos sólidos en el medio ambiente .....	23
1.9.	Marco regulatorio .....	26
1.10.	Generación de desechos sólidos .....	30
1.10.1.	Producción per cápita.....	30
1.10.2.	Estimación teórica de producción per cápita.....	31
1.11.	Ciclo de los desechos sólidos institucionales .....	31
1.11.1.	Generación de desechos sólidos institucionales.....	32
1.11.2.	Gestión de desechos sólidos institucionales.....	32
1.11.3.	Sistema de manejo de los desechos sólidos .....	33
1.11.3.1.	Generación .....	34

	1.11.3.2.	Almacenamiento .....	34
	1.11.3.3.	Transporte.....	35
	1.11.3.4.	Tratamiento.....	35
	1.11.3.5.	Disposición final .....	35
	1.11.4.	Técnica las 4R .....	36
	1.11.4.1.	Reducir.....	37
	1.11.4.2.	Reusar .....	37
	1.11.4.3.	Reciclaje .....	38
	1.11.4.4.	Recuperar .....	39
1.12.		Compostaje .....	40
1.13.		Caracterización institucional .....	41
	1.13.1.	Determinación de la muestra a evaluar.....	42
	1.13.2.	Procedimiento para toma de la muestra.....	46
	1.13.3.	Determinación de la composición física de los residuos .....	48
	1.13.4.	Determinación de la densidad.....	50
	1.13.5.	Determinación de la generación per cápita .....	51
	1.13.6.	Normas para la determinación de humedad.....	52
	1.13.6.1.	Parámetros de la humedad .....	56
	1.13.7.	Segregación .....	57
	1.13.8.	Monitoreo.....	59
2.		GENERALIDADES DE LA POBLACIÓN.....	61
	2.1.	Historia del municipio.....	61
	2.2.	Ubicación geográfica .....	62
	2.3.	Demografía.....	63
	2.4.	Geografía física .....	64
	2.4.1.	Coordenadas cartesianas .....	64
	2.5.	Aspectos topográficos .....	65

2.6.	Extensión territorial .....	65
2.7.	Colindancias .....	65
2.8.	Aspectos climatológicos .....	66
	2.8.1.    Temperatura y humedad.....	66
	2.8.2.    Clima .....	66
	2.8.3.    Precipitación pluvial .....	67
2.9.	Uso del suelo .....	67
	2.9.1.    Uso actual del suelo .....	68
2.10.	Vías de comunicación .....	70
2.11.	Servicios básicos .....	70
	2.11.1.    Servicio de agua .....	71
	2.11.2.    Drenaje .....	72
	2.11.3.    Energía eléctrica.....	73
	2.11.4.    Sistema de recolección de basura .....	73
2.12.	Historia de la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 824 .....	74
	2.12.1.    Demografía.....	75
	2.12.2.    Ubicación geográfica .....	76
	2.12.3.    Coordenadas cartesianas .....	76
	2.12.4.    Geografía.....	77
	2.12.5.    Aspectos topográficos.....	78
	2.12.6.    Vías de acceso .....	78
	2.12.7.    Colindancias .....	79
	2.12.8.    Sistema de recolección de basura .....	80
3.	CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS INSTITUCIONALES EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 824 Y 825 .....	83
3.1.	Cálculo de la muestra.....	83
3.2.	Toma de la muestra .....	84

3.3.	Clasificación y pesaje de los desechos sólidos .....	86
3.4.	Cálculo de densidad suelta .....	92
3.4.1.	Cálculo de densidad compactada.....	95
3.5.	Determinación per cápita .....	98
3.6.	Contenido de humedad .....	100
4.	DISEÑO, EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DE CAMPAÑA DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS.....	103
4.1.	Plan de segregación .....	104
4.2.	Manejo eficiente del compostaje.....	106
4.3.	Programa de las 4R en la escuela .....	107
4.3.1.	Implementación del reúso en la escuela.....	107
4.3.2.	Implementación del reciclaje en la escuela.....	108
4.4.	Capacitación a docentes de la escuela.....	109
	CONCLUSIONES .....	111
	RECOMENDACIONES.....	113
	BIBLIOGRAFÍA.....	115
	APÉNDICES.....	117
	ANEXOS .....	123





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Desechos sólidos según su composición .....	4
2. Desechos sólidos orgánicos.....	5
3. Desechos sólidos inorgánicos .....	6
4. Desechos por su tipo de manejo .....	7
5. Desechos según su origen .....	9
6. Propiedades físicas de desechos sólidos .....	15
7. Causas de mortalidad en la República de Guatemala.....	21
8. Plagas que afectan la salud humana.....	22
9. Contaminación ambiental.....	25
10. Modelo básico de manejo de los desechos sólidos .....	33
11. Técnica de las 4R .....	36
12. Reciclaje .....	38
13. Proceso de recuperación .....	39
14. Compostaje.....	40
15. Área de caracterización.....	41
16. Distribución normal .....	44
17. Método de cuarteo .....	49
18. Pesaje de la muestra .....	51
19. Depósitos para la clasificación de desechos .....	58
20. Ubicación del municipio de Villa Nueva.....	62
21. Mapa del municipio de Villa Nueva .....	64
22. Condición actual de la escuela.....	75
23. Ubicación de la escuela .....	76

24.	Localización de la escuela .....	77
25.	Colindancias .....	79
26.	Camión recolector.....	80
27.	Ubicación del relleno sanitario .....	81
28.	Recolección de la muestra.....	85
29.	Balanza .....	86
30.	Primer grupo de desechos sólidos .....	88
31.	Método de cuarteo .....	88
32.	Pesaje según su composición .....	89
33.	Porcentaje de la clasificación (%) .....	90
34.	Tomas de medidas .....	92
35.	Gráfico volumen suelto (%).....	93
36.	Gráfico densidad suelta (%).....	94
37.	Gráfico volumen compactado (%) .....	96
38.	Gráfico densidad compactada (%) .....	97
39.	Variación per cápita diaria (kg/hab/día).....	99
40.	Contenido de humedad muestra 1 .....	101
41.	Contenido de humedad muestra 2 .....	101
42.	Contenido de humedad muestra 3.....	102
43.	Croquis plan de segregación .....	104
44.	Contenedores de madera para desechos .....	105
45.	Reutilización de botellas plásticas .....	108
46.	Capacitación a docentes de la escuela.....	110

## TABLAS

I.	Tiempo de degradación de desechos sólidos orgánicos .....	6
II.	Tiempo de degradación de desechos sólidos inorgánicos .....	7
III.	Poder calorífico superior e inferior .....	17

IV.	Poder calorífico de desechos sólidos en estado seco .....	17
V.	Determinación del poder calorífico en estado húmedo .....	18
VI.	Código de colores del reciclaje en Guatemala .....	34
VII.	Parámetros de humedad óptima .....	57
VIII.	Censo poblacional en el municipio de Villa Nueva .....	63
IX.	Uso potencial del suelo en el municipio.....	67
X.	Uso actual del suelo en el municipio .....	68
XI.	Áreas protegidas en el municipio .....	69
XII.	Vías de comunicación .....	70
XIII.	Sistema de agua entubada en hogares.....	71
XIV.	Sistema de drenaje en hogares.....	72
XV.	Instalaciones eléctricas en hogares.....	73
XVI.	Servicio de tren de aseo en hogares .....	74
XVII.	Censo 2018 en la escuela.....	75
XVIII.	Valor de variables .....	83
XIX.	Calendario de actividades .....	86
XX.	Pesaje de desechos sólidos .....	87
XXI.	Porcentaje de clasificación .....	90
XXII.	Volumen suelto .....	93
XXIII.	Densidad suelta .....	94
XXIV.	Volumen compactado.....	95
XXV.	Comparación entre volumen suelto y compactado .....	96
XXVI.	Densidad compactada.....	97
XXVII.	Generación per cápita diaria .....	98
XXVIII.	Contenido de humedad.....	100
XXIX.	Recicladoras .....	109



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>E</b>	Error permisible
<b>Kg</b>	kilogramo
<b>Kg/hab/día</b>	Kilogramo por habitante por día
<b>Kg/m<sup>3</sup></b>	Kilogramos por metro cúbico
<b>Lb</b>	Libra
<b>m</b>	Metro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>N</b>	Número de viviendas
<b>PPC</b>	Producción per cápita o por habitante
<b>%</b>	Porcentaje
<b>RSD</b>	Residuos sólidos domiciliarios



## GLOSARIO

<b>Aerobio</b>	Organismo que necesita oxígeno para su desarrollo y vida.
<b>Anaerobio</b>	Organismos que se desarrollan sin necesidad oxígeno.
<b>Biodegradación</b>	Descomposición natural de un producto, no contaminante por la acción de seres biológicos.
<b>Biota</b>	Conjunto de organismos vivos.
<b>Caracterización</b>	Determinación de los atributos peculiares de una persona u objeto de modo que se distinga claramente de los demás.
<b>Compost</b>	Materia que se genera a partir de la descomposición del desecho y se utiliza como abono natural.
<b>Desecho sólido</b>	Es el conjunto de materia orgánica e inorgánica desechada por el ser humano luego de ser utilizada.
<b>Lixiviación</b>	Es el exceso de fluidos en un cuerpo sólido.





## RESUMEN

Actualmente en Guatemala se vive una crisis ambiental en todos los niveles por falta de educación, es por ello que el enfoque principal del presente trabajo es formar desde temprana edad a los ciudadanos, debido a que la infancia es una etapa idónea, para fomentar los principios y valores de saneamiento y cuidado ambiental.

Por lo anteriormente descrito se realizó una caracterización en la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 en zona 8 de Villa Nueva, con el fin de conocer la cantidad y clase de desechos generados por los alumnos de dicha institución. Se realizó todo el proceso del método para análisis de desechos sólidos del Dr. Kunitoshi Sakurai, donde se obtuvo la información deseada de los desechos, para proceder a implementar una correcta gestión de los mismos en la institución.

El manejo de los desechos sólidos en la institución no es el adecuado actualmente, por eso en base a los resultados de la caracterización se propone un plan gestión de los mismos, a través de la utilización del compostaje como un abono natural y la implementación de la técnica de las 4R (reducir, reusar, reparar y reciclar).



## **OBJETIVOS**

### **General**

Fomentar el hábito de las 4R (reducir, reusar, reparar, y reciclar), a los alumnos en la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 zona 8, Villa Nueva.

### **Específicos**

1. Determinar la generación diaria de desechos sólidos producidos por los estudiantes en la escuela.
2. Caracterizar los desechos sólidos de la escuela.
3. Clasificar los desechos sólidos según su composición.
4. Determinar la densidad suelta y compactada de la clasificación de desechos generados en la escuela.
5. Implementar una correcta gestión de los desechos sólidos de la escuela.



## INTRODUCCIÓN

Una de las problemáticas más significativas en Guatemala es la contaminación ambiental por mal manejo de desechos y no contar con una correcta gestión de los mismos, es importante fomentar desde temprana edad, la infancia, el cuidado del medio ambiente.

En el presente trabajo se realizó una caracterización institucional en la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 Ciudad Peronia, zona 8 de Villa Nueva, con base en la información de dicho estudio se establecieron parámetros y una guía para la implementación de una correcta gestión de los desechos sólidos producidos por los alumnos de dicha institución.

Existe diversas formas de gestionar y manejar desechos sólidos, en el capítulo 4 de este documento se trata el tema, y el plan que se diseñó para mitigar el manejo de desechos que se tiene en la escuela, y poder aprovechar los desechos sólidos generados por los estudiantes.

A través de diversas prácticas, enfocándose principalmente en la implementación de la técnica de las 4R que consiste en reducir, reusar, reparar y reciclar, se concientiza al estudiante y haciendo una buena práctica de la técnica se aprovechará y se gestionará de una manera adecuada los desechos y mitigará el impacto adverso que estos producen en el medio ambiente.



# **1. CONCEPTOS GENERALES**

## **1.1. Desechos sólidos**

Los desechos sólidos son un grupo de residuos producidos por el ser humano en su cotidianidad y los cuales se caracterizan por presentar un estado sólido, característica que los hace diferentes a desechos de otros tipos como los líquidos y gaseosos.

Cabe acotar que este tipo de desechos son los que el ser humano genera con mayor abundancia, esto se debe a que casi cualquier cosa que el ser humano realiza implica la producción de este tipo de desechos.

También se puede entender como: “Todos los materiales o productos resultantes de un proceso de extracción de la naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide desecharlos.”<sup>1</sup>

## **1.2. Características de los desechos sólidos**

Los desechos sólidos, para su control básico, pueden ser descritos por su peso, volumen y densidad.

---

<sup>1</sup> GARCÍA, Leonardo. *Administración del Servicio Municipal de Basura*. p.8.

### **1.2.1. Peso**

Es la medida de la fuerza que ejerce la gravedad sobre la masa de un cuerpo. En el caso de los desechos sólidos representa su masa, la cual puede ser medida por medio de una balanza y su unidad establecida en el sistema Internacional como kilogramos (kg) y libras fuerza (lb) para el sistema inglés.

### **1.2.2. Volumen**

“Representa el espacio que ocupa la masa de un material, en el caso de un desecho sólido su unidad de medida en el sistema internacional (SI) es en metros cúbicos ( $m^3$ ). Para realizar la medición del volumen se necesita un recipiente de dimensiones y pesos conocidos, generalmente se utiliza un recipiente cilíndrico.”<sup>2</sup>

#### **1.2.2.1. Volumen compactado**

“La reducción de volumen por medio de la compactación al igual que la trituración presenta grandes ventajas, por la disminución del costo del transporte hasta el relleno sanitario y del espacio que ocuparán en éste. La compactación es una operación que por lo general se realiza en las estaciones de transferencia y el aumento del peso específico de los residuos tiene relación con la presión aplicada.”<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> LARA, Carolina. *Diplomado en Manejo de Residuos Sólidos*. p.6.

<sup>3</sup> *Ibíd.* p. 10.



### **1.2.2.2. Volumen suelto**

El volumen sin compactar tiene como características importantes que ocupan mayor espacio y tienen un peso liviano a comparación de un volumen compactado, y se da en lugares donde solo se deposita el desecho sin ejercer ningún tipo de presión sobre el mismo.

### **1.2.3. Densidad**

La densidad también conocida como peso específico sirve principalmente, para determinar el volumen ocupado por una masa en caso de un desecho, sus unidades en el sistema internacional (SI) son kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ). Esta característica es base para desarrollar índices ambientales, de producción y otros.

$$Densidad = \frac{\text{peso de desecho sólido}}{\text{volumen de desecho sólido}}$$

### **1.3. Diferencia entre un desecho y residuo sólido**

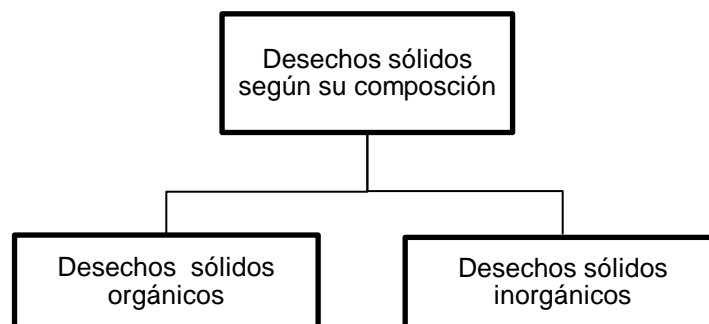
Diferencia entre desecho y residuo. Es común utilizar indistintamente los términos residuos y desechos, pero en el contexto ecologista tienen dos significados diferentes. Se considera desechos a los materiales u objetos que quedan en desuso, pero no pueden volver a ser reutilizados. Pueden ser domésticos o subproductos provenientes de procesos industriales.

“Un residuo sólido, es toda sustancia u objeto que, una vez generado por la actividad humana, no se considera útil o se tiene la intención u obligación de deshacerse de él.”<sup>4</sup> Por ejemplo, envases, restos de comida, electrodomésticos averiados, ropa vieja, o todo tipo de objetos rotos, etc. Pueden ser reutilizados mediante procedimientos de reciclaje.

#### 1.4. Clasificación de desechos sólidos según su composición

Los desechos se pueden clasificar según su composición de la siguiente manera:

Figura 1. **Desechos sólidos según su composición**



Fuente: elaboración propia.

---

<sup>4</sup> GUEVARA ROBLES, Sergio. *Gestión de los Residuos Peligrosos en el Perú*. p.10.

### 1.4.1. Desechos sólidos orgánicos

Son aquellos desechos que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos como lombrices, hongos y bacterias principalmente.

“El problema con este tipo de residuos se presenta cuando su cantidad excede la capacidad de descomposición natural en un sitio determinado cómo es el caso de los botaderos no controlados. Los residuos orgánicos se generan de los restos de los seres vivos; como plantas y animales, cáscara de frutas, verduras y restos de alimentos.”<sup>5</sup>

Figura 2. **Desechos sólidos orgánicos**



Fuente: Planetica. <http://www.planetica.org/clasificacion-de-los-residuos>.

Consulta: 1 de abril de 2018.

---

<sup>5</sup> RUIZ RIOS, Albina. *Guía para la implementación del programa piloto de reaprovechamiento de residuos sólidos*. p.7.

Tabla I. **Tiempo de degradación de desechos sólidos orgánicos**

<b>Desechos sólidos orgánicos</b>	
<b>Desecho</b>	<b>Tiempo de degradación</b>
Cáscara de frutas o verduras	6 meses
Hojas o plantas naturales	3 a 6 meses

Fuente: Amigarse. <http://www.amigarse.org/residuos-organicos-e-inorganicos-cuanto-tardan-en-degradarse/>. Consulta: 2 de abril de 2018.

### **1.4.2. Desechos sólidos inorgánicos**

“Son los desechos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente, o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta. Estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos. Ejemplos: metales, plásticos, vidrios, cristales, cartones plastificados, pilas, etc.”<sup>6</sup>

Figura 3. **Desechos sólidos inorgánicos**



Fuente: Alternativo. <http://alternativo.mx/2015/09/indispensable-fomentar-cultura-del-reciclaje/>. Consulta: 2 de abril de 2018.

<sup>6</sup> GARCÍA, Leonardo. *Recolección y Tratamiento de Desechos Sólidos*. p.35.

Tabla II. **Tiempo de degradación de desechos sólidos inorgánicos**

<b>Residuos sólidos inorgánicos</b>	
<b>Material</b>	<b>Tiempo de degradación</b>
papel	2 a 5 meses
Cartón	1 a 5 meses
Madera	3 a 4 años
Aluminio	80 a 100 años
Metal	350 a 500 años
Plástico	100 a 1 000 años
Vidrio	3,000 a 4,000 años

Fuente: Amigarse. <http://www.amigarse.org/residuos-organicos-e-inorganicos-cuanto-tardan-en-degradarse/>. Consulta: 3 de abril de 2018.

### 1.5. Clasificación de desechos sólidos por tipo de manejo

Los desechos sólidos se pueden clasificar por tipo de manejo estos se describen en el siguiente diagrama.

Figura 4. **Desechos por su tipo de manejo**



Fuente: elaboración propia.

### **1.5.1. Desechos peligrosos**

Se considera desecho peligroso, ya sea de origen biológico o no, que constituye un peligro potencial y por lo cual debe ser tratado de forma especial, por ejemplo: material médico infeccioso, residuo radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas. Por su alta contaminación entre estos se puede mencionar: plaguicidas, baterías de autos, sustancias contaminadas con metales pesados, cloro, aceites quemados, desechos de equipo de rayos X y desechos agroquímicos, además de los desechos hospitalarios.

### **1.5.2. Desechos no peligrosos**

No producirá efectos dañinos en los humanos, los residuos no peligrosos no disponen de propiedades intrínsecas que implican un riesgo ambiental.

### **1.5.3. Desechos inertes**

“Son los materiales que no son orgánicos y corresponden a muchos tipos, tales como vidrio, papel, gomas, cueros, lozas, cerámicas, arenas, cementos, calizas, alquitranes, pinturas, minerales, químicos, etc. La mayoría de los desechos inertes carecen de toxicidad, lo que facilita su manejo y reduce los riesgos sanitarios.”<sup>7</sup> Este desecho al pasar el tiempo es estable, el cual no producirá afectos ambientales apreciables al interactuar con el medio ambiente.

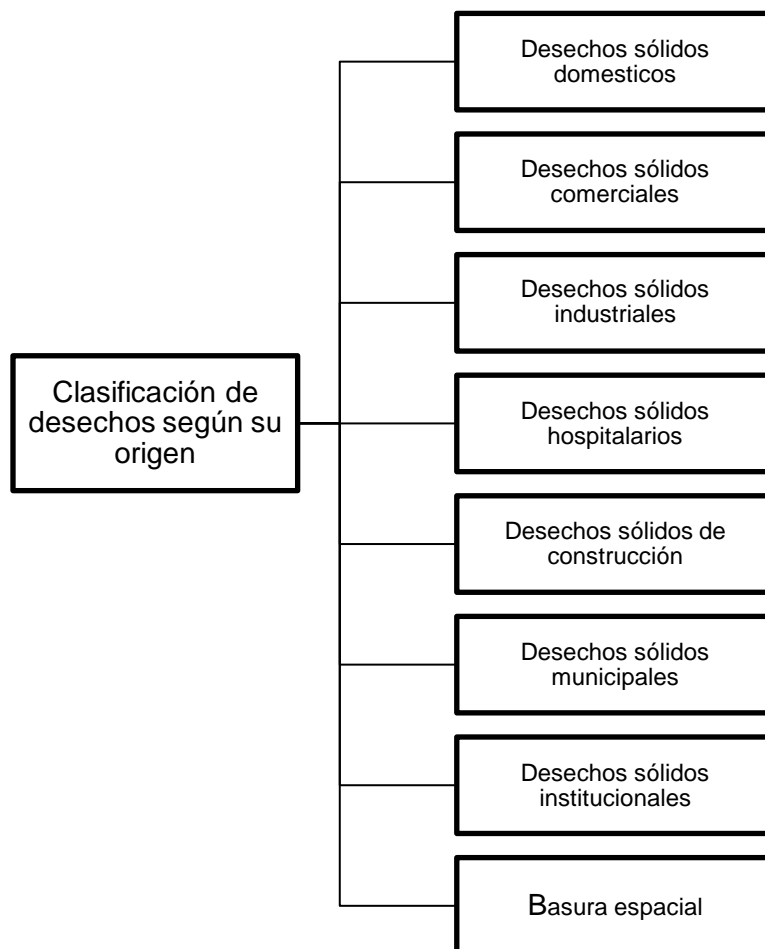
---

<sup>7</sup> GARCÍA, Leonardo. *Recolección y Tratamiento de Desechos Sólidos*. p.18.

## 1.6. Clasificación de desechos sólidos según su origen

Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial y se puede clasificar de la siguiente manera:

Figura 5. **Desechos según su origen**



Fuente: elaboración propia.

### **1.6.1. Desechos sólidos domiciliarios**

Estos resultantes de las actividades diarias de un hogar, que comúnmente se denomina “basura”. Estos incluyen diversos materiales como: papeles y cartones, vidrios, plásticos, restos de alimentos, telas; como también otros de mayor peligrosidad: envases con restos de diluyentes, pinturas, pesticidas e insecticidas.

En esta categoría se incluyen también los residuos generados en las oficinas y establecimientos educacionales, los residuos de los locales comerciales y restaurantes. También existen productos de uso cotidiano en el hogar que contienen componentes peligrosos, como las pinturas, limpiadores, barnices, baterías para automóviles, aceites de motor y pesticidas.

### **1.6.2. Desechos sólidos comerciales**

Se definen como aquellos desechos sólidos generados por la actividad propia del comercio, al por mayor y al por menor, de los servicios de restauración, bares, oficinas, mercados, hoteles y del resto del sector servicios.

Son esencialmente residuos de envases y embalajes, flejes, excedentes de mercancía sin valor económico, productos defectuosos, productos caducados como residuos procedentes de centros sanitarios y veterinarios.



### **1.6.3. Desechos sólidos industriales**

Desecho generado en actividades industriales, como resultado de los procesos de producción, mantenimiento de equipos e instalaciones y tratamiento y control de la contaminación. Residuo Sólido Especial: residuo sólido que por su calidad, cantidad, magnitud, volumen o peso puede presentar peligros y requiere un manejo especial. Incluye a los residuos con plazos de consumo expirados, desechos de establecimientos que utilizan sustancias peligrosas, lodos, residuos voluminosos o pesados que, con autorización o ilícitamente, son manejados juntamente con los residuos sólidos municipales.

### **1.6.4. Desechos sólidos hospitalarios**

Son los desechos producidos durante el desarrollo de sus actividades por los entes generadores, se consideran los hospitales públicos o privados, sanatorios, clínicas, laboratorios, bancos de sangre, centros clínicos, casas de salud, clínicas odontológicas, control de maternidad y en general cualquier establecimiento, donde se practiquen los niveles de atención humana o veterinaria, con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento, recuperación y rehabilitación de la salud.

Según el Acuerdo Gubernativo 509 – 2001, Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios, de la República de Guatemala, se define como aquellos generados durante el diagnóstico, tratamiento y prestación de servicios médicos o inmunización de seres humanos o animales. Por su peligrosidad se clasifican como:

- Desecho hospitalario bioinfeccioso: son los desechos generados durante las diferentes etapas de la atención de salud diagnóstico, tratamiento, inmunizaciones, investigaciones y otros que han entrado en contacto con pacientes humanos o animales y que representan diferentes niveles de peligro potencial, de acuerdo con el grado de exposición que hayan tenido con los agentes infecciosos que provocan las enfermedades.
- Desecho hospitalario especial: son los desechos generados durante las actividades auxiliares de los centros de atención de salud que no han entrado en contacto con los pacientes ni con los agentes infecciosos. Constituyen un peligro para la salud por sus características agresivas como: corrosividad, reactividad, inflamabilidad, toxicidad, explosividad y radiactividad. Estos desechos se generan principalmente en los servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento, directos complementarios y generales.
- Desecho hospitalario común: son todos los desechos generados por las actividades administrativas, auxiliares y generales que no corresponden a ninguna de las categorías anteriores, no presentan peligro para la salud y sus características son similares a las que presentan los desechos domésticos comunes, entre estos: periódico, flores, papel, desechos de productos no químicos utilizados para la limpieza y enseres fuera de servicio, también los desechos de restaurantes, envases, restos de preparación de comidas, comidas no servidas o no consumidas, desechos de los pacientes que no presentan patología infecciosa.

- Otros desechos: son los desechos de equipamiento médico obsoleto sin utilizar.

### **1.6.5. Desechos sólidos de construcción**

Son los desechos resultantes de las actividades de construcción que por lo general no representan un problema desde el punto de vista sanitario, porque son prácticamente inertes. Sin embargo, estos se generan en grandes volúmenes, dificultando su manejo y disposición final.

Si bien es cierto los desechos de la construcción no representan un problema desde el punto de vista sanitario debido a que son inertes, para su fabricación se utilizan químicos que pueden ser tóxicos y dañinos para la salud humana y el impacto que estos generan en el medio ambiente, no repercuten cuando estos se dejan de utilizar y se convierten en un desechos, si no es durante el proceso de su fabricación.<sup>8</sup>

### **1.6.6. Desechos sólidos municipales**

Los desechos sólidos municipales proveniente de las actividades urbanas en general. Puede tener origen residencial o doméstico, comercial, institucional, de la pequeña industria o del barrido y limpieza de calles, mercados, áreas públicas y otros.

Su gestión es responsabilidad de la municipalidad o de otra autoridad del gobierno.

---

<sup>8</sup> LEONARD, Annie. *Historia de las cosas*. p.19.

### **1.6.7. Desechos sólidos institucionales**

Este tipo de desechos incluyen los centros gubernamentales, cárceles hospitales y escuelas. Con excepción de residuos sanitarios de los hospitales y residuos de fabricación de las cárceles.

### **1.6.8. Basura espacial**

También se conoce como chatarra espacial y engloba cualquier objeto artificial sin utilidad que orbita la Tierra. “Cuando se lanza algo al espacio, algunos restos de la nave no regresan a la atmósfera y se quedan orbitando a velocidades que superan los 27.000 km/h. El concepto de basura espacial nació el 4 de octubre de 1957, día en el que la URSS lanzó el Sputnik 1, el primer satélite artificial. Desde entonces más de 4.200 lanzamientos han ido ensuciando la órbita terrestre.”<sup>9</sup>

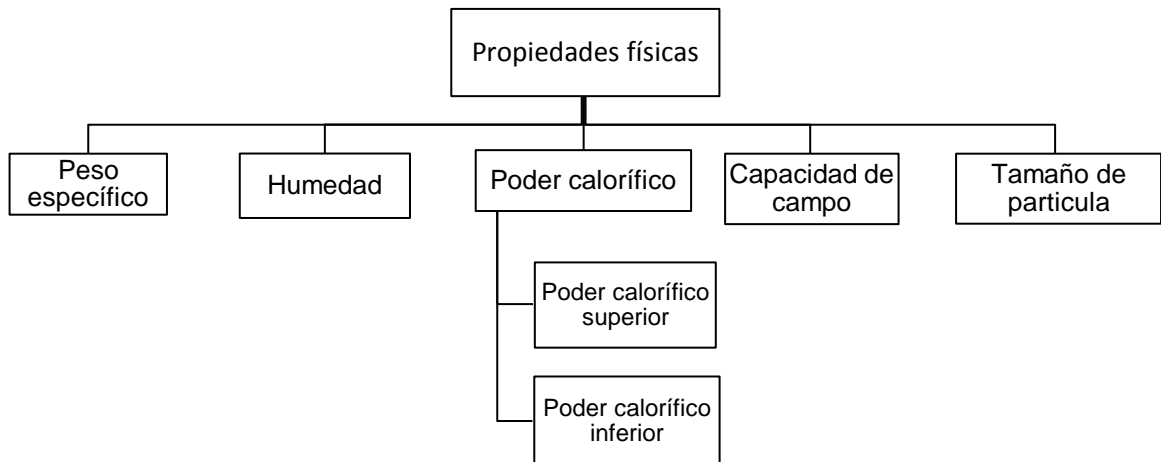
## **1.7. Propiedades de los desechos sólidos**

Dentro de las propiedades físicas a considerar en la gestión integral de los desechos sólidos se encuentran el porcentaje de humedad, el peso específico (o densidad), poder calorífico, tamaño de partícula y capacidad de campo, en las siguientes secciones se describen los mismos.

---

<sup>9</sup> Astronomía ciencia, *Basura espacial*. <https://www.compratelescopio.com/basura-espacial/>. Consulta: 6 de abril de 2018.

Figura 6. **Propiedades físicas de desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia.

### 1.7.1. **Peso específico**

Es el peso de un objeto por unidad de volumen, también el valor de la masa, y el volumen la superficie que ocupa una sustancia, entre un objeto de una forma geométrica cualquiera. Se obtiene de la siguiente expresión.

$$Densidad = \frac{\textit{peso de desecho sólido}}{\textit{volumen de desecho sólido}}$$

### 1.7.2. Humedad

El contenido de humedad de un desecho sólido, generalmente se expresa como el peso de humedad por unidad de peso de material húmedo o seco. En el método de medida en peso húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso húmedo del material en el método en seco, se expresa como un porcentaje del peso seco del material y se calcula:

$$\text{humedad (\%)} = \frac{\text{peso humedo} - \text{peso seco}}{\text{peso seco}} \times 100$$

### 1.7.3. Poder calorífico

“Se define como poder calorífico de un combustible a la cantidad de calor que se obtiene de la oxidación completa, a presión atmosférica, de los componentes de la unidad de masa (o volumen) de dicho combustible.”<sup>10</sup> El poder calorífico que actúa sobre un desecho sólido es la cantidad de energía (calor), desprendida en la reacción de combustión, referida a la unidad de masa del material y se da generalmente por un kilogramo (Sistema Internacional de Medidas), y se expresa de la siguiente manera.

$$p.\text{calorifico} = \frac{\text{kcal}}{\text{masa del desecho solido}}$$

---

<sup>10</sup> GARCÍA, Ricardo. *Guía técnica diseño de centrales de calor eficientes*. p.8.

Tabla III. Poder calorífico superior e inferior

Poder calorífico superior (PCS)	Poder calorífico inferior (PCI)
<p>“Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 Kg de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y se contabiliza.</p>	<p>Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de 1 kg de combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua de la combustión, ya que no se produce cambio de fase”.<sup>11</sup></p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Poder calorífico de desechos sólidos en estado seco

Material	Valor del poder calorífico (kcal/kg)
a. Papel y cartón	4.000
b. Trapos	4.000
c. Madera y follaje	4.000
d. Restos de alimentos	4.000
e. Plástico, caucho y cuero	9.000
f. Metal	0
g. Vidrios	0
h. Suelos y otros	0

Fuente: Dr. KUNITOSHI, Sakurai. *Método sencillo de análisis de residuos sólidos*.

<http://www.bvsde.paho.org>. Consulta: 7 de abril de 2018.

<sup>11</sup> GARCÍA, Ricardo. *Guía técnica diseño de centrales de calor eficientes*. p.13.

Tabla V. **Determinación del poder calorífico en estado húmedo**

Material	Composición húmeda (%)	Composición seca (%)	Poder calorífico (kcal/kg)
Papel y cartón	a	$a + b + c + d - w$	$\frac{a + b + c + d - w}{100} \times 400$
Trapos	b		
Madera y follaje	c		
Restos de alimentos	d		
Plásticos, caucho y cuero	e	e	$\frac{e}{100} \times 9000$
Metal	f	f	$\frac{f + g + h + w}{100} \times 0$
Vidrios	g	g	
Suelos y otros	h	h	
Agua	-	w	
total	100%	100%	$40(a + b + c + d - w) + 90e$

Fuente: Dr. KUNITOSHI, Sakurai. *Método sencillo de análisis de residuos sólidos*.

<http://www.bvsde.paho.org>. Consulta: 7 de abril de 2018.

#### 1.7.4. 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, es de importancia crítica para determinar la formación de la lixiviación en los vertederos. Lixiviación es el exceso de agua sobre la capacidad de campo.”<sup>12</sup>

<sup>12</sup> CERRATO LICONA, Edilfredo. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. p.15.



### 1.7.5. Tamaño de partícula

“Esta es una consideración importante dentro de la recuperación de materiales, especialmente con medios mecánicos, como cribas, trómel y separadores magnéticos, el tamaño medio encontrado de los componentes individuales en los residuos domésticos oscilan entre 178 y 203 (mm).”<sup>13</sup>

El tamaño de partícula y la homogeneización de la mezcla inicial son dos factores fundamentales para que el proceso de compostaje se inicie rápidamente y se produzca un incremento de la temperatura, y se expresa de la siguiente manera:

$$S_c = (l * w * h)^{1/3}$$

Donde:

$S_c$  = Tamaño del componente (mm).

$L$  = Largo (mm).

$w$  = Ancho (mm)

$h$  = Altura (mm)

---

<sup>13</sup> VALDEZ, Vanessa. *Introducción a los desechos*. <https://es.slideshare.net/Vanessavvs/i-20introduccion-a-los-desechos-slidos-8849879>. Consulta: 8 de abril de 2018.

## **1.8. Contaminación ambiental**

La contaminación ambiental se define como todo cambio indeseable en las características del aire, el agua, el suelo o los alimentos, que afecta nocivamente a la salud, la sobrevivencia o las actividades de los humanos u otros organismos vivos. La mayoría de los contaminantes son sustancias químicas sólidas, líquidas o gaseosas producidas como subproductos o desechos, cuando un recurso es extraído, procesado, transformado en productos y utilizado.

La contaminación también puede tener la forma de emisiones de energías indeseables y perjudiciales, como calor excesivo, ruido o radiación.<sup>14</sup>

La contaminación ambiental se da por la acumulación de desechos urbanos, desechos peligrosos, sustancias indeseables, sustancias tóxicas llamadas generalmente contaminantes, éstas alteran las características de un medio natural trayendo consigo un desequilibrio en la naturaleza.

### **1.8.1. Impacto de los desechos sólidos en la salud humana**

La importancia de los desechos sólidos como mecanismo de transmisión de enfermedades no está bien determinada, pero se le atribuye la incidencia de la transmisión de algunas enfermedades, al lado de otros factores principales que actúan por vías directas. Estos riesgos van asociados a efectos directos a la salud y a efectos indirectos para la misma.

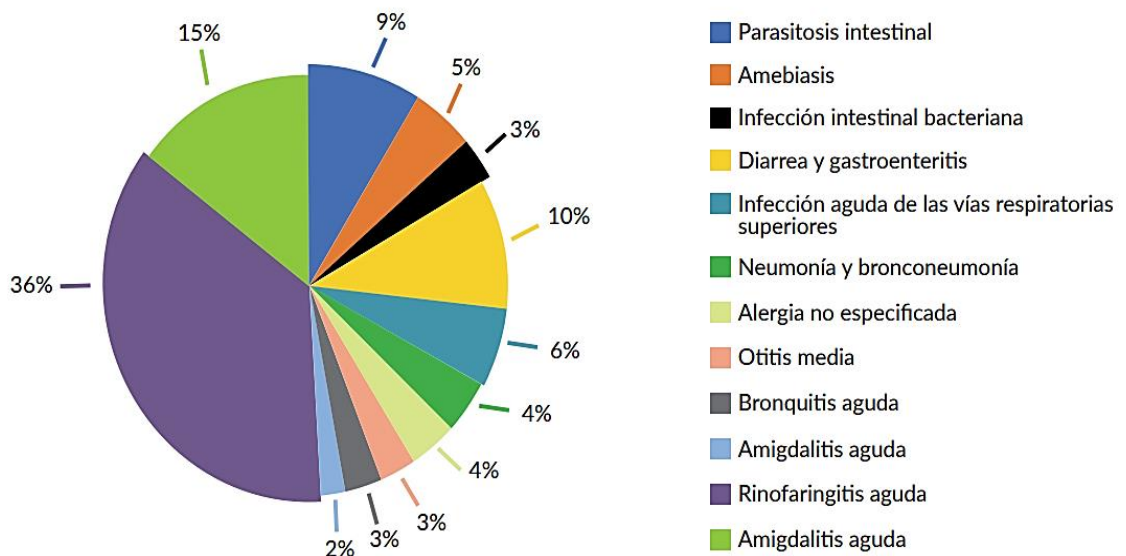
---

<sup>14</sup> HERMES INFANTE, Miguel. *Campaña de cambio social para incrementar la conciencia Ambiental sobre la contaminación de las aguas en el consejo popular no. 14, puerto Padre*. p. 25.

La acumulación de la basura provoca focos de infección, proliferación de plagas y enfermedades gastrointestinales, respiratorias y micóticas (generadas por hongos), proliferación de mosquitos que transmiten el dengue clásico y dengue hemorrágico etc. La acumulación de la basura en la casa, la escuela, terrenos baldíos, las calles, drenajes y en los vertederos dan como resultado sitios insalubres debido a que los desechos se encuentran mezclados, orgánicos e inorgánicos, y en su descomposición proliferan hongos, bacterias y muchos otros microorganismos causantes de enfermedades o infecciones, que si no son atendidas pueden causar hasta la muerte.

Figura 7. **Causas de mortalidad por la contaminación**

### Causas de morbilidad en la República de Guatemala



Fuente: *Informe Ambiental del Estado de Guatemala.*

<http://www.marn.gob.gt/Multimedios/8879.pdf>. Consulta: 18 de mayo de 2018.

### 1.8.1.1. Efectos directos

Estos se refieren al contacto ocasional directo con los desechos, que algunas veces contiene excremento humano, de animales y restos de otros agentes que pueden ser fuente de transmisión de enfermedades, donde los recolectores y personas encargadas del servicio de recolección son los mayormente afectados.

### 1.8.1.2. Efectos indirectos

Están vinculados a la proliferación de vectores de importancia sanitaria y de molestias públicas, entre las que se encuentran, la mosca, las ratas, las cucarachas que encuentran en los residuos sólidos su medio alimenticio y su hábitat, y transmiten enfermedades como fiebre tifoidea, salmonelosis, disenterías, diarreas, malaria, dengue, y rabia, entre otras.

Figura 8. **Plagas que afectan la salud humana**



Fuente: Plagas. <http://e-plagas.com/2017/12/27/detenido-suplantar-tecnico-control-plagas/>.

Consulta: 10 de abril de 2018.

### 1.8.2. Impacto de los desechos sólidos en el medio ambiente

El problema de mezclar todos estos tipos de residuos es que se genera una mayor contaminación del aire, suelo, agua y biota. El primero a causa de gases tipo invernadero provenientes de la descomposición de los desechos, y los tres últimos por el contacto directo con los mismos, que pueden ser de los tipos antes mencionados o inclusive residuos industriales o sustancias tóxicas.

La biosfera es infinita y diversa en grado extremo. “Entender su estructura y dinámica puede ayudar a comprender el dilema ambiental. Una gama de factores físicos y químicos afectan los organismos que viven en ecosistemas particulares y en la biosfera como un todo. La energía solar, el agua la temperatura el viento están entre los más importantes dentro de estos factores abióticos.”<sup>15</sup>

Los efectos de los desechos sólidos en el ambiente son cada vez mayores y agudizan la degradación en el planeta debido a los malos manejos y la cantidad en alza de estos, en la actualidad Guatemala es uno de los pocos países que no tiene una ley que proteja las fuentes de abastecimiento (agua), aguas superficiales y subterráneas, eso es perjudicial cada vez más para el medio ambiente debido a que muchas industrias día con día contamina las fuentes ya mencionadas. Entre los efectos más perjudiciales se encuentra los siguientes:

---

<sup>15</sup> CAMPBELL, Neil. *Biológica conceptos y relaciones*. p.682.

- Alteración del sistema hídrico: este efecto es el más grave problema en cuanto a la contaminación ambiental por los residuos sólidos; sin embargo, es el menos reconocido. Afecta las aguas superficiales y subterráneas, por el vertido directo de las basuras a los ríos y quebradas y por la mala disposición de líquido percolado (lixiviado), producto de los botaderos a cielo abierto estas descargas provocan el incremento de la carga orgánica y disminuyen el oxígeno disuelto, aumentando los niveles de nutrientes y algas que dan lugar al fenómeno de eutroficación en los cuerpos bénticos de aguas y causando la muerte de peces, la generación de malos olores, el deterioro del aspecto estético y la pérdida del recurso agua como fuente de abastecimiento a poblados.
- Alteración del sistema edafológico: el abandono y la acumulación de desechos sólidos a cielo abierto, es causa del deterioro estético y la desvalorización del terreno propio, y de las áreas adyacentes. Esto es debido a la contaminación causada por distintas sustancias contenidas en la basura, sin ningún control.
- Alteración de la atmosfera: es evidente el impacto negativo que causan los vertederos a cielo abierto, los incendios y el humo que reduce la visibilidad, causando irritaciones nasales y de la vista, además de incremento de afecciones pulmonares, aunado a las molestias originadas por los malos olores.

- Alteración audiovisual: este tipo de impacto muchas veces no es considerado dentro de las alteraciones más significativas, pero es todo lo contrario esta se produce por la acumulación de desechos en áreas no definidas o botaderos clandestinos.
- Alteración de biota: “La contaminación ambiental afecta tanto a la flora como a la fauna. En ambos casos es necesario controlar el impacto medio ambiental que en ellas producen determinados contaminantes, aunque en muchos casos este tipo de controles se engloba dentro del análisis de alimentos, pero todo enfocado a lo ambiental”.<sup>16</sup>

Figura 9. **Contaminación ambiental**



Fuente: Ecoticias.<https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/127533/pasaria-dejaramos-reciclar>. Consulta: 11 de abril de 2018.

---

<sup>16</sup> CREATIVE COMMONS. *Alteración de biota*. [https://www.uv.es/gidprl/medioambiente\\_multimedia%20industrial/muestreo/biota.html](https://www.uv.es/gidprl/medioambiente_multimedia%20industrial/muestreo/biota.html). Consulta: 11 de abril de 2018.

## 1.9. Marco regulatorio

En Guatemala existe un marco regulatorio, sobre el manejo correcto de desechos sólidos, donde se deben cumplir para erradicar considerablemente la contaminación en abundancia que actualmente atraviesa la sociedad guatemalteca. La gestión integral de los desechos sólidos implementada se regirá bajo el siguiente marco jurídico.

- Constitución Política de la República de Guatemala 1985, Sección Séptima. Salud, Seguridad y Asistencia Social. **Artículo 97**, medio ambiente y equilibrio ecológico: el Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación.
- Código Civil. **Artículo 480**: no se puede poner contra una pared medianera que divida dos predios de distinto dueño, ninguna acumulación de basura, tierra, estiércol u otras materias que puedan dañar la salubridad de las personas y la solidez y seguridad de los edificios. Tanto en estos casos como en los enunciados en el artículo anterior, a falta de reglamentos generales o locales, se ocurrirá a un juicio pericial. **Artículo 1672**: los propietarios, arrendatarios, poseedores y, en general que se aprovechan de los bienes responderán igualmente:



1. Por los daños o perjuicios que causen las cosas que arrojen o cayeren de los mismos; 3. Por las emanaciones de cloacas o depósitos de materias infectantes; 5. Por los desagües, acueductos, instalaciones, depósitos de agua, materiales o sustancias que humedezcan o perjudiquen la propiedad del vecino.

- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente. Decreto 68-86, **Artículo 5:** la descarga y emisión de contaminantes que afecten a los sistemas y elementos indicados en el artículo 10 de esta ley, debe sujetarse a las normas ajustables a la misma y sus reglamentos. **Artículo 6.** (Reformado por el Decreto del Congreso Número 75-91) El suelo, subsuelo y límites de aguas nacionales no podrán servir de reservorio o desperdicios contaminados del medio ambiente o radioactivos. Aquellos materiales y productos contaminantes que esté prohibida su utilización en su país de origen no podrán ser introducidos en el territorio nacional. **Artículo 8.** (Reformado por el Decreto del Congreso Número 1-93) Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables o al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje ya los culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la comisión del Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de Impacto Ambiental de conformidad con este Artículo será responsable personalmente del incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q5.000.00 a Q100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

- Código Municipal. **Artículo 68**: competencias propias del municipio. Las competencias propias deberán cumplirse por el municipio, por dos o más municipios bajo convenio, o por mancomunidad de municipios, y son las siguientes: a) Abastecimiento domiciliario de agua potable debidamente clorada; alcantarillado; alumbrado público; mercados; rastros; administración de cementerios y la autorización y control de los cementerios privados; limpieza y ornato; formular y coordinar políticas, planes y programas relativos a la recolección, tratamiento y disposición final de desechos y residuos sólidos hasta su disposición final.
- Decreto 1004. **Artículo 1**: se prohíbe terminantemente mezclar, depositar o lanzar, a las aguas de los ríos, riachuelos, manantiales y lagos, sustancias vegetales o químicas, desechos o residuos de la producción agrícola o industrial, o bien plantas o sustancias de cualquier especie, tales como citronela, té de limón, nocivas a la pesca, a la ganadería o a la salud de los habientes. Se prohíbe usar las letrinas, sin ningún dispositivo adecuado de filtraciones de un desagüe, se encuentren situadas en los márgenes de los ríos, riachuelos, manantiales y lagos. Las Municipalidades de la República, quedan obligadas a efectuar con la mayor brevedad posible los estudios correspondientes para el tratamiento de las materias residuales de las poblaciones.
- Decreto 33-96. Reformas al decreto 17-73 del Congreso de la República de Guatemala, Código Penal. **Artículo 347 “A”**: será sancionado con prisión de uno a dos años y multa de trescientos a cinco mil quetzales, el que contaminare el aire, suelo y aguas, mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o productos que puedan perjudicar a las personas, animales, bosques o plantaciones.

- Decreto 90-97. Código de Salud. **Artículo 102.** Responsabilidad de las municipalidades. Corresponde a las municipalidades la prestación de los servicios de limpieza, tratamiento y disposición de los desechos sólidos de acuerdo con las leyes específicas y en cumplimiento de las normas sanitarias aplicables. Las municipalidades podrán utilizar lugares para la disposición de desechos sólidos o construcción de los respectivos rellenos sanitarios. **Artículo 103.** Disposición de los desechos sólidos. Se prohíbe arrojar desechos sólidos de cualquier tipo en lugares no autorizados, alrededor de zonas habitadas y en lugares que puedan producir daños a la salud a la población, al ornato o al paisaje, utilizar medios inadecuados para su transporte y almacenamiento o proceder a su utilización, tratamiento y disposición final, sin la autorización municipal correspondiente. **Artículo 104.** Lugares inadecuados. Si el Ministerio de Salud comprobara que existe lugares en donde estén depositados desechos sólidos sin llenar los requisitos de la presente ley deberán ser trasladados a otros lugares que culmina con los requisitos sanitarios.
- Acuerdos de Paz. Protección Ambiental El desarrollo sostenible es un proceso de cambio en la vida del ser humano, por medio del crecimiento económico con equidad social y métodos de producción y patronos de consumo que sustente el equilibrio ecológico. Este proceso implica respeto a la diversidad étnica y cultural, y garantía a la calidad de vida de las generaciones futuras. El Gobierno reitera los siguientes compromisos: 1. Adecuar los contenidos educativos y los programas de capacitación y asistencia técnica a las exigencias de sostenibilidad ambiental. 2. Dar prioridad al saneamiento ambiental en la política de salud. 3. Articular las políticas de ordenamiento territorial, y en particular la planificación urbana, con la protección ambiental.

## **1.10. Generación de desechos sólidos**

La generación de desechos sólidos es una consecuencia directa de cualquier tipo de actividad desarrollada por el hombre, anteriormente se fomentaba el hábito de reciclar para reutilizar los residuos sólidos, en la se genera gran cantidad y variedad de residuos procedentes de múltiples actividades. Domiciliares, oficinas, mercados, industrias, hospitales, etc. se producen residuos que es preciso recoger, tratar y eliminar (reciclaje,) adecuadamente. El Material que no representa una utilidad o un valor económico al consumista, se convierte en residuo. La problemática se da cuando no se realiza una disposición correcta de estos depositándolos en áreas verdes o lugares no aptos, para la acumulación de residuos sólidos, creando peligros al ser humano y al medio ambiente.

### **1.10.1. Producción per cápita (PPC)**

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas.

Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada Producción per cápita (PPC). Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día).<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> CERRATO LICONA, Edilfredo. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. p.19.

### 1.10.2. Estimación teórica de producción per cápita (PPC)

La PPC es un parámetro que evoluciona en la medida que los elementos que la definen varían. En términos gruesos, la PPC varía de una población a otra, de acuerdo principalmente a su grado de urbanización, su densidad poblacional y su nivel de consumo o nivel socioeconómico. Otros elementos, como los periodos estacionales y las actividades predominantes también afectan la PPC.

Es posible efectuar una estimación teórica de la PPC en función de las estadísticas de recolección y utilizando la siguiente expresión:<sup>18</sup>

$$PPC = \frac{\text{peso de desecho recolectado}}{\text{habitantes}} \times \frac{1}{\text{días}}$$

### 1.11. Ciclo de los desechos sólidos institucionales

El ciclo de los residuos y desechos sólidos tienen una característica que distingue de los otros ciclos, este no tiene una secuencia marcada es decir puede tener diferentes procesos y lo más significativo nunca tiene un cierre definido, para volver al inicio debido a que muchos residuos y desechos cuentan con características muy diferentes por su uso y tipo de desecho. Cada autor y región presenta diferentes procesos y sub - procesos en el ciclo de manejo de residuos sólidos. Los desechos sólidos institucionales son similares a los domiciliarios y sus procesos son los mismos y se dividen en dos etapas, generación y gestión.

---

<sup>18</sup> CERRATO LICONA, Edilfredo. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. p.21.

### **1.11.1. Generación de desechos sólidos institucionales**

La generación de desechos institucionales es muy amplia debido a que incluyen los centros gubernamentales, cárceles hospitales y escuelas. Con excepción de residuos sanitarios de los hospitales y residuos de fabricación de las cárceles.

Son muy similares a los domiciliarios, están conformados en un mayor porcentaje por desechos inorgánicos y orgánicos por ejemplo papel, cartón, botellas plásticas, cascara de frutas entre otros.

### **1.11.2. Gestión de desechos sólidos institucionales**

El manejo de desechos sólidos institucionales comprende las siguientes etapas: La generación, almacenamiento, el transporte, tratamiento, y disposición final. El término generalmente se refiere a los materiales producidos por la actividad humana, y, en general, para reducir sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.

“La gestión de los desechos es también llevada a cabo para recuperar los propios recursos de dichos residuos. Es por ello que recientemente se empleó en la gestión la técnica denominada las 4R (reducir, reusar, reciclar y recuperar).”<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Emergencias en salud. *Manejo de desechos sólidos*. p.12.1-12.4.

### 1.11.3. Sistema de manejo de los desechos sólidos

El manejo adecuado de residuos sólidos y procesos de reciclaje busca generar una conciencia de reducción y consumo responsable, mostrando que la elevada generación de residuos sólidos, comúnmente conocidos como basura y su manejo inadecuado son uno de los grandes problemas ambientales y de salud.

El manejo de los residuos tiene variedad de modelos para su aprovechamiento cada uno con un fin ecológico o monetario y en ocasiones unificadas, a continuación, se muestra un modelo estándar para de manejo adecuado de los desechos sólidos.

Figura 10. **Modelo básico de manejo de los desechos sólidos**



Fuente: elaboración propia.





### 1.11.3.1. Generación

Este se presenta por cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una organización usualmente se vuelve generadora cuando su proceso productivo genera residuos, lo derrama o no utiliza más un material.

### 1.11.3.2. Almacenamiento

Una vez generados los residuos sólidos se depositan en recipientes para su almacenamiento temporal, para posteriormente entregarlos a las empresas de recolección y transporte de residuos. Existen una gama de colores para la separación correcta de los desechos como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla VI. **Código de colores del reciclaje en Guatemala**

Color del contenedor		Tipo de desecho
	Verde	<b>Orgánicos:</b> comida y frutas
	Amarillo	<b>Papel y cartón:</b> papel, hojas y cartón
	Azul	<b>Reciclables:</b> plásticos, metal y vidrio
	Negro	<b>Otros:</b> duroport, bolsas de frituras

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). <http://www.marn.gob.gt/>

Consulta: 15 de abril de 2018.



### **1.11.3.3. Transporte**

La forma de transportar los desechos desde los recipientes al punto de disposición final dependerá de la cantidad de basura producida, la distancia que se debe recorrer y los recursos disponibles a nivel local, tradicionalmente se utilizan camiones con capacidad y ventilación adecuada hasta su tratamiento.

### **1.11.3.4. Tratamiento**

El tratamiento comprende la selección y aplicación de diferentes tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes, donde dependerá de las sustancias que el residuo tenga.

### **1.11.3.5. Disposición final**

“En zonas urbanas por lo general se cuenta con lugares debidamente identificados para la disposición final de los desechos, por lo cual se recomienda usar estos lugares si los mismos están disponibles y accesibles. En caso contrario se recomienda habilitar lugares temporales de disposición de basuras, tales como las fosas comunitarias.”<sup>20</sup> Actualmente para la disposición de los desechos sólidos la opción más utilizada es el relleno sanitario.

---

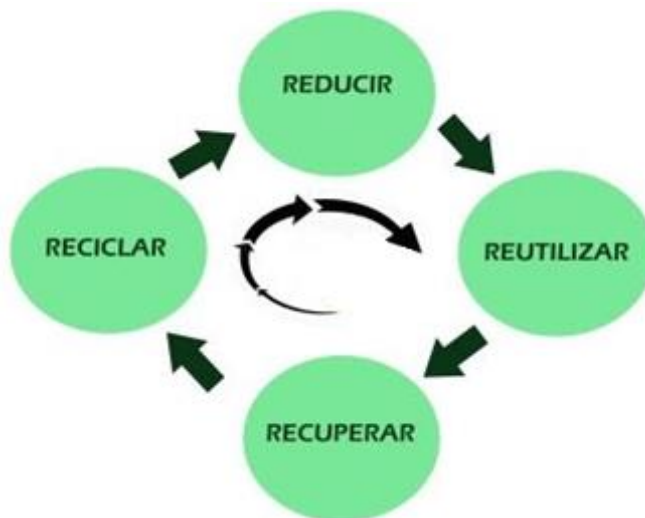
<sup>20</sup> Emergencias en salud. *Manejo de desechos sólidos*. p.12.3.

#### 1.11.4. Técnica las 4R (reducir, reusar, reciclar y recuperar)

Este es un principio aceptado en todo el mundo, que establece las prioridades a seguir en el tratamiento de los RSU (residuos sólidos urbanos) en general y el de los plásticos en particular.

El principio fue inicialmente promovido como las 3R; sin embargo, recientemente se ha incorporado una cuarta R, la cual se denomina el principio de las 4R siendo la cuarta la recuperación energética, también llamada valorización o reciclado energético.<sup>21</sup>

Figura 11. Técnica las 4R



Fuente: Tecnoymedios. [http://tecnoymedios.blogspot.com/2013/06/que-hacemos-con-la-basura-electronica\\_24.html](http://tecnoymedios.blogspot.com/2013/06/que-hacemos-con-la-basura-electronica_24.html) . Consulta: 18 de mayo de 2018.

<sup>21</sup> TONELLI, Mario. *El principio de las 4Rs*. <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/20529-4R-la-nueva-gestion-los-envases-plasticos>. Consulta: 17 de abril de 2018.

#### **1.11.4.1. Reducir**

“Significa disminuir el consumo de productos que luego generan más basura, disminuir el uso de energía (lumínica y calórica) y el consumo de agua.”<sup>22</sup>

Consiste en evitar la compra de productos que realmente no son necesarios y que además llevan consigo elementos que en muy poco tiempo van a ser basura como por ejemplo productos con un exceso de embalaje. No solo se puede reducir en términos de consumo, bienes y energía, optimizando por ejemplo, el uso de las lavadoras o lavavajillas. Se trata sencillamente de reducir el problema para disminuir el impacto en el medio ambiente.

#### **1.11.4.2. Reusar**

Consiste en volver a usar determinados productos tantas veces como sea posible. De esta manera se gastan menos recursos en la fabricación de nuevos productos y disminuye la cantidad de basura. El reúso de los envases plásticos para la misma aplicación u otra aplicación distinta. Encuestas realizadas en numerosos países indican que entre el 93 % y el 98 % de la población reutiliza las bolsas de comercio (bolsas camiseta), para otras aplicaciones.

---

<sup>22</sup> MARN. *Láminas educativas ambientales*. <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/823.pdf>. Consulta: 17 de abril de 2018.

### 1.11.4.3. Reciclaje

“Significa partir de una recolección selectiva de determinados elementos de desechos, de manera de volver a utilizarlos para crear productos de otro uso o iguales u otros de calidad inferior. De ese modo se consigue evitar el despilfarro de recursos naturales, se ahorra energía, se reduce el volumen de residuos y disminuye la contaminación.”<sup>23</sup>

Por otro lado, consiste en obtener una nueva materia prima o producto, mediante unos procesos fisicoquímicos o mecánicos, a partir de productos y materiales ya en desuso o utilizados. De esta forma, se consigue alargar el ciclo de vida de un producto, ahorrando materiales y beneficiando al medio ambiente al generar menos residuos. El reciclaje comienza en entornos industriales y domésticos, mediante la separación de los materiales

Figura 12. **Reciclaje**



Fuente: Prensalibre. <http://www.prensalibre.com/vida/salud-y-familia/como-reciclar-en-el-hogar>.

Consulta: 18 de abril de 2018.

---

<sup>23</sup> MARN. *Láminas educativas ambientales*. <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/823.pdf>.  
Consulta: 18 de abril de 2018.

#### 1.11.4.4. Recuperar

“Se relaciona con los procesos industriales y consiste en recuperar materiales o elementos que sirvan como materia prima. Por ejemplo, los plásticos se pueden recuperar mediante el proceso de pirólisis (por calentamiento) o los materiales utilizados en la fabricación de latas.”<sup>24</sup>

Figura 13. **Proceso de recuperación**



Fuente: Pinterest. <https://www.pinterest.es/pin/269723465160124883/>.

Consulta: 19 de abril de 2018.

<sup>24</sup> MARN. *Láminas educativas ambientales*. <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/823.pdf>.  
Consulta: 19 de abril de 2018.

## 1.12. Compostaje

Es someter la materia orgánica a procesos de transformación para convertirse en compost que este a su vez sirve como abono natural. Este proceso es controlado, se produce en condiciones aerobias (con oxígeno), con un conjunto de residuos sólidos orgánicos heterogéneos mediante la acción de variados microorganismos.

El resultado final de este proceso ocasiona la mineralización en gran parte de la materia orgánica y la estabilización del resto, logrando lo que se llama compost, además de la producción de CO<sub>2</sub> y agua. La utilización del compost ayuda a la corrección de suelos pobres, es mejor que sólo fertilizar, además de aportar nutrientes y materia orgánica; el compost maduro mejora la estructura y las propiedades del suelo actuando sobre la capacidad de retención de agua, el drenaje, la aireación de la tierra, o la retención de nutrientes de forma que estén disponibles para las plantas.<sup>25</sup>

Figura 14. **Compostaje**



Fuente: Greenpeace. <http://www.greenpeace.org/colombia/es/Blog/consejos-para-realizar-tu-propio-compost/blog/59073/>. Consulta: 20 de abril de 2018.

---

<sup>25</sup> Manual para instituciones educativas. *Sociedades de aseo del valle de aburra*. p.25

### 1.13. Caracterización Institucional

Se pueden realizar diversos estudios sobre la generación de desechos sólidos y el reciclaje como implementar los diferentes métodos, para una gestión correcta de los mismos. La caracterización de desechos institucionales tiene una similitud muy grande con una caracterización domiciliar.

El presente estudio se realizó en la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825, Ciudad Peronia, zona 8 de Villa Nueva, Guatemala. La metodología de caracterización de los desechos sólidos propuesta está basada en el trabajo de Dr. Kunitoshi Sakurai, método sencillo de análisis de residuos sólidos.

En primera instancia, se debe establecer la clasificación de residuos sólidos, para lo cual existen diversas propuestas. En este caso una caracterización institucional. El periodo de duración del estudio es de tres semanas.

Figura 15. Área de caracterización



Fuente: Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 zona 8, Villa Nueva.

### 1.13.1. Determinación de la muestra a evaluar

Para la obtención de la muestra representativa de la población analizada se propone seguir la metodología que emplea el Doctor Kunitoshi Sakurai, (CEPIS/OPS 1983, revisada en el año 2000).

- Definición de la población: todas las viviendas y establecimientos comerciales del distrito bajo estudio.
- División de la población en estratos en las siguientes cuatro zonas o estratos:
  - Zona comercial (estrato comercial).
  - Zona residencial (estrato 3): viviendas de ingreso bajos.
  - Zona residencial (estrato 2): viviendas de ingreso medios.
  - Zona residencial (estrato 1): viviendas de ingreso alto.
- Ubicación de los estratos socioeconómicos en el plano de la institución donde se registren todas y cada una de las unidades muestrales, para que puedan ser seleccionados en la muestra.
- Utilización de la generación per cápita, como se considera que la población está conformada N viviendas, las mismas que tienen Ri habitantes y producen Wi (kg) de basura en un día. Así se tiene que cada una produce.

$$Xi \frac{Wi}{Ri} (kg/hab/ dia)$$



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

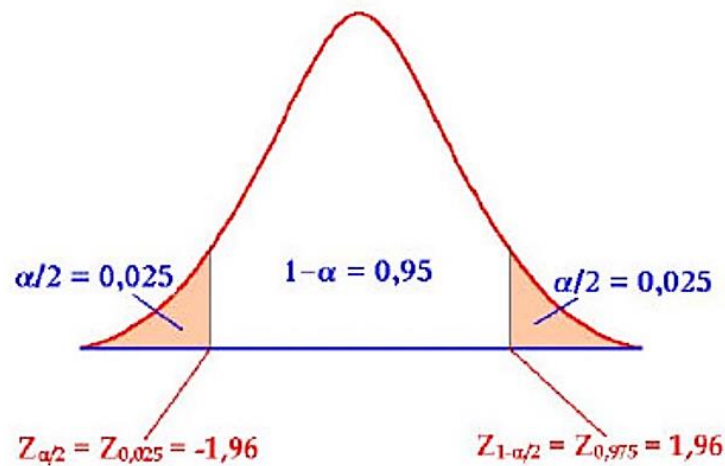
- Determinación de las variables y notación a utilizar en el estudio.
- En el cálculo para determinar el tamaño de la muestra se debe considerar un nivel confianza, un nivel de error de estimación y un valor de variación.
- Asignación del tamaño de la muestra de viviendas particulares por estratos.
- Si no hay datos iniciales del lugar de estudio, se debe asumir la desviación estándar en 200 gr/hab./día.
- El error permisible (E) en la estimación de  $\mu$ , que por general debe ser entre 1 y 15% del valor de la media poblacional que se va a estimar.
- La desviación estándar ( $\sigma$ ) es el resultado de la raíz cuadrada de la varianza de la población. Se encuentra cercano al intervalo de 0,20 – 0,25 Kg/hab./día, Si la desviación estándar es pequeña (población homogénea), bastará una muestra muy pequeña; mientras que si la desviación estándar es grande (población heterogénea), la muestra deberá ser grande.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Ing. CANTANHEDE, Álvaro. *Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos*. <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/evaluacion/anexo2.pdf>. Consulta: 20 de mayo de 2018.

El nivel de confianza más utilizado es  $1-\alpha = 0,95$ ; esto es, un coeficiente de confianza  $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$ .

Figura 16. **Distribución normal**



Fuente: *Guía de caracterización de desechos*. <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/evaluacion/anexo2.pdf> Consulta: 20 de mayo de 2018.

Cuando no se conoce el número total de viviendas en el sector de estudio  $N$ , pero sí se conoce su varianza  $\sigma^2$  (también puede ser asumida), el tamaño de la muestra, se lo determinará con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}{E^2}$$

Si se conoce el número total de viviendas en el sector de estudio  $N$  y además se conoce su varianza  $\sigma^2$  (también puede ser asumida), el número de muestras, se lo determinará con la siguiente fórmula:

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

Donde:

$N$  = número de viviendas (salones de clase) del área analizada

$Z_{1-\alpha/2}^2$  = coeficiente de confianza

$1 - \sigma$  = Nivel de confianza

$E$  = error permisible

$\sigma$  = Desviación estándar

$\sigma^2$  = Varianza

“Para el Error Permisible se utilizará el 10% de la media poblacional de estudios anteriores, el error permisible ronda un rango entre 0,053 kg/hab/día a 0,065 kg/hab/día, se utilizará el valor asumido por cada autor.”<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> GÓMEZ ANDRADE, Kevin Andrés. *Evaluación de las condiciones en que se recoge, traslada y se les da disposición final a los desechos sólidos en el cantón Marcelino Maridueña, provincia del Guayas*. p. 52.

### **1.13.2. Procedimiento para toma de la muestra**

Una vez definido el tamaño de la muestra (número de contenedores de basura) se lleva a cabo el siguiente procedimiento para la caracterización y análisis de los desechos sólidos.

- Seleccionar de manera aleatoria los contenedores a muestrear con el registro de contenedores al servicio o disposición de la institución.
- Asignar las personas y el lugar del trabajo de caracterización.
- Fijar días de la toma de muestra analizando los días críticos donde más desechos existan en los contenedores.
- Notificar en la institución a la institución los días de la toma de muestra.

Equipo a utilizar para la extracción de muestra:

- Lentes.
- Mascarilla.
- Guantes (gruesos).
- Gorra.
- Bolsas plásticas grandes (el número dependerá de la clasificación a implementar).
- Equipo para medición de masa (balanza).
- Recipiente cilíndrico de almacenamiento de volumen conocido.
- Calculadora.
- Cuaderno de apuntes.

Para la toma de la muestra:

- Se toma la muestra de los contenedores seleccionados en bolsas plásticas debidamente identificadas y trasladarlas a un área plana, de preferencia pavimentada y despejada para proceder con el análisis.
- Se procede a separar los materiales plásticos, vidrios, desechos orgánicos, inorgánicos, trapos, cartón, papel etc. Utilizando el método de cuarteo.
- Se colocan en bolsas plásticas según su clasificación para proceder a pesarlos y luego colocarlos en un recipiente cilíndrico, para conocer su volumen agitando los desechos para eliminar espacios en los residuos. Esto se realizará dos veces para conocer su volumen suelto y compactado, donde se le aplicará una fuerza para eliminar espacios y aire entre los residuos.
- Los datos obtenidos deberán ser debidamente tabulados en una hoja electrónica de Excel, para luego proceder a realizar los cálculos y gráficas requeridos para el estudio y análisis de la caracterización.

### 1.13.3. Determinación de la composición física de los residuos

- Se utiliza la muestra de un día; los residuos se colocan en una zona pavimentada o sobre un plástico grande a fin de no agregar tierra a los residuos.
- Se Rompe las bolsas y vierta el desecho formando un montón. Con la finalidad de homogenizar la muestra, troce los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable; puede ser 15 cm o menos.
- Se divide el montón en cuatro partes (método de cuarteo) y escoja las dos partes opuestas (lados sombreados de la figura adjunta), para formar un nuevo montón más pequeño. Vuelva a mezclar la muestra menor y divida en cuatro partes nuevamente, luego escoja dos opuestas y forme otra muestra más pequeña. Esta operación se repite hasta obtener una muestra de 50 kg de basura o menos.
- Separar los componentes del último montón y haga la clasificación por:
  - Papel y cartón
  - Madera y residuos de plantas
  - Desechos orgánicos
  - Desechos inorgánicos
  - Plásticos
  - Vidrio
  - Otros (caucho, cuero, tierra, entre otras.)

- 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 ( $W_t$ ) y el peso de cada componente ( $P_i$ ):

$$\text{porcentaje (\%)} = \frac{P_i}{W_t} \times 100$$

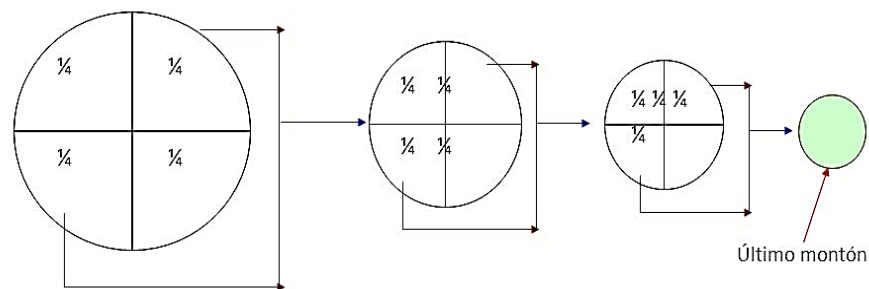
Donde:

$P_i$  = Peso del desecho separado.

$W_t$  = peso total de los desechos recolectados en el día.

Figura 17. **Método de cuarteo**

- Pruebas de Composición:  
Se realiza para poder conocer los componentes que están presentes en los residuos, y se procede a una separación de sus componentes después de un cuarteo



Fuente: Slideplayer. <http://slideplayer.es/slide/2840262/>.

Consulta 1 de junio de 2018.

#### 1.13.4. Determinación de la densidad

- Se prepara un recipiente cilíndrico para que sirva como depósito estándar a fin de definir el volumen que ocupará el residuo así mismo, se prepara una balanza y calculadora para determinar su volumen.
- Se pesa el recipiente vacío ( $W_1$ ) y determina su volumen ( $V$ ). Los datos del depósito que debe tomar en cuenta son la altura ( $h$ ) y su diámetro ( $d$ ), y aplicar la fórmula respectiva para la determinación de su volumen.

$$\text{Volumen (V)} = 0,7854 \times d^2 \times h$$

- Se deposita sin hacer presión el residuo que fue utilizado en el cuarteo en el recipiente y muévelo de tal manera que se llenen los espacios vacíos en dicho recipiente. Para no hacer cálculos adicionales, es conveniente que el recipiente se encuentre lleno de residuos.
- Se pesa el recipiente lleno ( $W_2$ ) y por diferencia obtendrá el peso de la basura ( $W$ ).
- Se divide el peso de la basura ( $W$ ) entre el volumen del recipiente ( $V$ ) para obtener la densidad de la basura.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Ing. CANTANHEDE, Álvaro. *Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos*. <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/evaluacion/anexo2.pdf>. Consulta: 2 de junio de 2018.



### 1.13.5. Determinación de la generación per cápita

Para la determinación per-capital se utiliza el total de residuos recolectados por día de muestreo. Se pesa diariamente ( $W_i$ ) la totalidad de las bolsas recogidas durante los días, que dure el muestreo (se indica que para el primer día de muestreo se elimina el residuo recolectado sin considerar sus datos para el análisis). Se calcula como está especificado en la sección 1.10.2. (de este documento).

Este peso representa ( $W_t$ ) la cantidad total de basura diaria generada en todas las viviendas, en función a los datos recopilados sobre número de personas por vivienda ( $n_i$ ), se determina el número total de personas que han intervenido ( $N_t$ ) en el muestreo. Se divide el peso total de las bolsas ( $W_t$ ) entre el número total de personas ( $N_t$ ), para obtener la generación per cápita diaria promedio de los contenedores de muestreo. (kg/hab/día), se multiplica la generación per cápita por el número de habitantes de la localidad donde se realizara el estudio para determinar la generación total diaria, donde la generación total diaria de residuos =  $gpc \times N_t$  (kg/día).

Figura 18. **Pesaje de la muestra**



Fuente: Moresco. <http://www.basculasmoresco.com/bascula-pesaje-residuos.html>.

Consulta: 2 de junio de 2018.

### 1.13.6. Normas para la determinación de humedad

#### Norma AASHTO T-265

Este procedimiento se usa para determinar el contenido total de humedad de un suelo. Los el suelo se seca para eliminar toda la humedad libre. Esta prueba mide el peso de la humedad eliminada del suelo.

#### Aparatos:

Horno para laboratorio, balanza y contenedores de muestras con tapa.

#### Procedimiento:

- Registrar todos los pesos, Pesar un recipiente limpio, seco y vacío, incluida la tapa, y registrar como Peso de tara.
- Para secar la muestra, retire la tapa y colóquela en el horno a una temperatura de  $230 \pm 9$  ° F. ( $110 \pm 5$  ° C). Una muestra que se deja secar durante la noche, o de 15 a 16 horas, es considerado seco a un peso constante. Retire la muestra del horno, cubrir y dejar que se enfríe antes de colocar en equilibrio. Pese la muestra con cubra y registre este peso como peso seco.
- Si la muestra no se deja secar durante la noche, coloque la muestra en el horno para período de tiempo. Retire la muestra del horno, cubra y deje enfriar antes poniendo en equilibrio. Pese la muestra y registre la lectura. Repite el procesar hasta que dos lecturas sucesivas muestren un peso constante. Registre el peso final como masa de muestra seca.

Cálculos:

Calcule el porcentaje de humedad de la siguiente manera:

$$A = [(B - C)/(C - D)] \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje de humedad.

B = Masa de muestra original (húmeda) y contenedor.

C = Masa de muestra seca, y contenedor.

D = Masa del contenedor.

Norma ASTM D - 2216

Este método de ensayo cubre la determinación en el laboratorio del contenido de agua (humedad) por masa en suelos, rocas, y materiales similares, donde la reducción en masa por secado, se debe a la pérdida de agua. El término "material sólido" tal como se utiliza en la ingeniería geotécnica normalmente se supone que significa partículas minerales del suelo y rocas, que no son fácilmente solubles en agua. Por lo tanto, el contenido de agua de los materiales que contienen materia extraña (tal como cemento, y similares), pueden requerir un tratamiento especial o una definición calificada de contenido de agua. Además, algunos materiales orgánicos pueden descomponerse por secado en el horno a la temperatura de secado estándar para este método (110°C).

Procedimiento:

- Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo lo indicado en anteriormente.
- Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.
- Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a  $110 \pm 5$  °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.

- Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor, pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

Cálculos:

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{W1 - W2}{W2 - Wt} \times 100 = \frac{Ww}{Ws} \times 100$$

Donde:

W = es el contenido de humedad, (%).

Ww = peso del agua.

WS = peso seco del material.

W1 = es el peso de tara más el suelo húmedo, en gramos.

W2 = es el peso de tara más el suelo secado en horno, en gramos.

Wt = es el peso de tara, en gramos.

### 1.13.6.1. Parámetros de la humedad

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55 %, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje.

Si la humedad está por debajo de 45 % disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable.

Si la humedad es demasiado alta (> 60 %) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material. En procesos en que los principales componentes sean substratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped.

El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45 % al 60 % de agua en peso de material base.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> ROMÁN, Pilar. *Manual de compostaje del agricultor*. p.27.

Tabla VII. **Parámetros de humedad óptima**

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
< 45 %	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad proporcionando agua o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua.
<b>45 % - 60 % Rango ideal</b>			
> 60 %	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo el oxígeno queda desplazado.	Utilizar material menos húmedo y utilización de serrines y paja u hojas secas.

Fuente: ROMÁN, pilar. *Manual de Compostaje del agricultor*. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.  
 Consulta: 10 de julio de 2018.

### 1.13.7. Segregación

La segregación es la realización de una correcta gestión con los desechos sólidos generados por una institución, comercio, domicilios etc.

Consiste en clasificar de una manera adecuada todos los desechos generados a través de diferentes mecanismos, entre ellos la concientización ambiental por medio de contenedores identificados con su nombre y color representativo de cada desecho.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), tiene establecido un código de colores como se explica en la sección 1.11.3.2. (de este documento).

Figura 19. **Depósitos para la clasificación de desechos**



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

La figura 19 muestra el método más común de la práctica de la segregación en los desechos sólidos que se practica en las instituciones, cumpliendo el objetivo principal la clasificación correcta de los desechos generados.



### 1.13.8. Monitoreo

El monitoreo es muy importante realizarlo periódicamente se recomienda que sea mensualmente (mes a mes), aunque en algunos casos los realizan trimestralmente es importante llevar un registro estadístico de los residuos que se envían al reciclaje, los que se les da un reuso y los que se envían en el camión recolector de desechos esto para verificar los porcentajes y tener un mejor control.

Se debe tener cuidado con las comparaciones de mes a mes, ya que existe una variación natural de acuerdo con la época del año y las actividades escolares. Es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

- Supervisar periódicamente las áreas de la escuela. Es recomendable revisar el contenido de los botes y la calidad de la separación de los residuos que hay en ellos.
- Realizar entrevistas o reuniones con los responsables de recolectar los residuos separados en la escuela. Del mismo modo, programar entrevistas y reuniones con el personal del área de almacenamiento.
- Identificar obstáculos y registrar comentarios y sugerencias.<sup>30</sup>

---

<sup>30</sup> ROBLES, Marina. *Manejos responsables de residuos sólidos*. p.29.



## 2. GENERALIDADES DE LA POBLACIÓN

### 2.1. Historia del municipio

Villa Nueva surge como un poblado en el período hispánico, por decreto de la Asamblea Constituyente del Estado de Guatemala del 8 de noviembre del año 1839, cuando se formó el distrito de Amatitlán, en cuyo artículo 1º se mencionó a Villa Nueva.

El distrito cambió su nombre y categoría a Departamento, según el acuerdo del Organismo Ejecutivo del 8 de mayo del año 1866. El departamento de Amatitlán fue suprimido por el decreto legislativo 2 081 del 29 de abril del año 1935 y Villa Nueva se incorporó al Departamento de Guatemala.

Conforme a documentos del siglo XVIII, el 9 de octubre de 1762 en la primitiva Petapa, debido a fuertes lluvias, bajó un torrente de un cerro cercano a la población, provocando el traslado de la población.

La población se movió hacia el noroeste, sobre las lomas de la cordillera, donde se fundó con el nombre “Nuestra Señora de la Concepción de las Mesas”, en terrenos que fueron de don Tomas de Barrillas, tierras que poseía y cedió Blas de Rivera. En el transcurso de los años, el poblado cambió su nombre a Villa Nueva.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Municipalidad de Villa Nueva. *Sección monografía*. <http://www.villanueva.gob.gt/>. Consulta: 19 de abril de 2018.

## 2.2. Ubicación geográfica

“Villa Nueva es uno de los 17 municipios que conforman el departamento de Guatemala. Se encuentra ubicado al norte: límite con el municipio de Guatemala, oriente: límite con el municipio de san miguel Petapa, sur: límite con el municipio de Amatitlán poniente: límite con el municipio de santa lucia milpas altas”.<sup>32</sup>

Figura 20. **Ubicación del municipio de Villa Nueva**



Fuente: Mancomunidad. <http://www.mancogranciudadelsur.org/>.

Consulta: 20 de abril de 2018.

<sup>32</sup> Municipalidad de Villa Nueva. *Sección geografía*. <http://www.villanueva.gob.gt/>.  
Consulta: 20 de abril de 2018.

### 2.3. Demografía

“Según el Censo poblacional del Instituto Nacional de Estadística, realizado en el año 2002, durante el gobierno del presidente Alfonso Portillo, la población total de Villa Nueva, es de 355,901 habitantes. Para el 2020 la población estimada es entre 600,000 y 800,000 de habitantes”.<sup>33</sup>

Tabla VIII. **Censo poblacional en el municipio de Villa Nueva**

<b>Estimaciones de la población total por municipio. Período 2008-2020</b>		
<b>Municipio</b>	<b>Periodo</b>	<b>Cantidad de población</b>
Villa Nueva	2018	598,295
	2019	608,570
	2020	618,397

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE). <https://www.ine.gob.gt/>.

Consulta: 20 de abril de 2018.

<sup>33</sup> Municipalidad de Villa Nueva. *Sección monografía*. <http://www.villanueva.gob.gt/>.  
Consulta: 20 de abril de 2018.

## 2.4. Geografía física

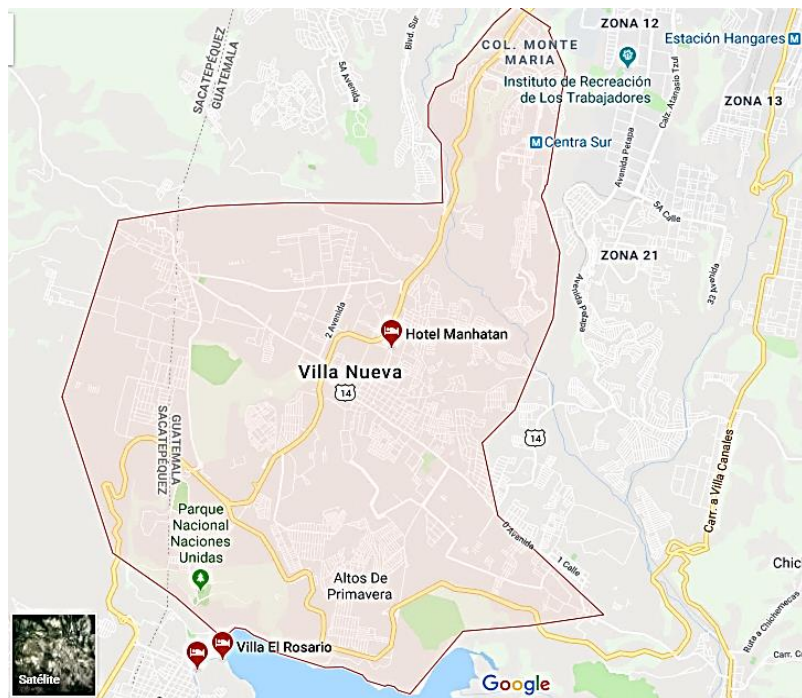
Villa Nueva es un municipio que pertenece al departamento de Guatemala y se encuentra a una distancia de 17 kilómetros por la carretera CA-9, tiene una elevación que oscila entre 1 300 a 1 450 metros sobre el nivel del mar.

### 2.4.1. Coordenadas cartesianas

Latitud 14° 31' 36" norte

Longitud 90° 35' 15" oeste, del meridiano de Greenwich.

Figura 21. **Mapa del municipio de Villa Nueva**



Fuente: Google Earth. <https://earth.google.com/web/>.

Consulta: 20 de abril de 2018.

## **2.5. Aspectos topográficos**

En lo que se refiere a condiciones topográficas del municipio puede decirse que su cabecera se encuentra dentro del llamado “Graben de Guatemala”, que define la depresión del Valle de Las Vacas o de La Virgen. En el mismo se encuentra un relleno de espesor variable, pero considerable, de cenizas y pómez recientes.

“Esos materiales piroclásticos fueron depositados originalmente ya sea por lluvias o en parte por avalanchas de cenizas, produciendo mantos superpuestos. La precipitación y las aguas fluviales depositaron estas cenizas en las partes más bajas del valle.”<sup>34</sup>

## **2.6. Extensión territorial**

Cuenta con 114 kilómetros cuadrados de área total, el 64.4 % se encuentra dentro de la cuenca del lago de Amatitlán.

## **2.7. Colindancias**

Al norte: con el municipio de Mixco y la ciudad capital.

Al sur: con el municipio de Amatitlán.

Al oriente: con el municipio de San Miguel Petapa y la ciudad capital.

Al occidente: con los municipios de Santo Tomás Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez.

Para ubicar los mismos, ver figura 20 de este documento.

---

<sup>34</sup> Municipalidad de Villa Nueva. *Sección geografía*. <http://www.villanueva.gob.gt/>. Consulta: 19 de abril de 2018.

## **2.8. Aspectos climatológicos**

Los aspectos Climatológicos por tomar en cuenta en el municipio de Villa Nueva son: Temperatura, humedad y clima.

### **2.8.1. Temperatura y humedad**

En tiempos comunes la temperatura es de 19°C a 20°C grados centígrados, en épocas de calor se incrementa alcanzando los 24°C y 25°C grados, en época de frío desciende hasta llegar a los 9°C y 10°C grados, promediando una temperatura anual de 20 grados centígrados y un porcentaje de humedad del 50% aproximadamente.

### **2.8.2. Clima**

El clima en Villa Nueva es muy parecido al de la Ciudad Capital de Guatemala por su colindancia, se caracteriza por ser templado “por lo general estas regiones presentan climas más moderados que los trópicos o las regiones polares que registran temperaturas entre 25°C y 30°C.”<sup>35</sup>

El microclima en el territorio de Villa Nueva suele variar en el transcurso del año entre templado, cálido y húmedo, debido a su ubicación geográfica orientado con el pacífico y Costa Sur. La temperatura media anual en Villa Nueva es 20.7 °C.

---

<sup>35</sup> CAMPBELL, Neil. *Biológica conceptos y relaciones*. p.684.



### 2.8.3. Precipitación pluvial

La escorrentía pluvial es aquella agua que no es absorbida por el suelo luego de un evento meteorológico (lluvia).

Es una fuente potencial de agua la que transita por las calles y avenidas de Ciudades y comunidades en Villa nueva el 85% de sus calles y avenidas cuentan con drenajes para evitar inundaciones, las estadísticas meteorológicas indican que municipio recibe cerca de 1 000 milímetros de lluvia al año.<sup>36</sup>

### 2.9. Uso del suelo

La mayor potencialidad del suelo en el municipio de Villa Nueva se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla IX. **Uso potencial del suelo en el municipio**

Datos del uso potencial del suelo en Villa Nueva		
Actividad	Área (hectárea)	Porcentaje (%)
Agrícola	2,012.84	28.66
Forestal	5,765.81	58.37
Protección	1,127.70	12.97
Total	8,906.35	100

Fuente: Sistema de información geográfico. <http://web.maga.gob.gt/sigmaga/>.

Consulta: 21 de abril de 2018.

<sup>36</sup> Municipalidad de Villa Nueva. *Sección geográfica*. <http://www.villanueva.gob.gt/>.  
Consulta: 20 de abril de 2018.

### 2.9.1. Uso actual del suelo

Los centros poblados, la agricultura y los bosques forestales determinan en gran parte el uso actual del suelo, el tipo de suelo en el municipio desde el punto de vista geológico es cuaternario y con sedimentos aluviales, las áreas respectivas a cada sector.

Tabla X. **Uso actual del suelo en el municipio**

<b>Clasificación</b>	<b>Utilización</b>	<b>Área (hectáreas)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Área urbana	Centros poblados	4,239.4	46.88
	Servicios y recreación	27	1.01
Agrícola	Agricultura	2,775.4	20.66
	Hortalizas	274.5	5.97
	Cafetales	1.3	0.10
Forestal y Protección	Bosque secundario	55.6	2.34
	Matorrales	377.3	6.44
	Bosque de latifoliadas	810.3	10.55
	Bosque de coníferas	345.2	6.00
	Lagunas	0.3	0.05
Total		8906.3	100

Fuente: Sistema de información geográfico. <http://web.maga.gob.gt/sigmaga/>.

Consulta: 21 de abril de 2018.

Tabla XI. **Áreas protegidas en el municipio**

<b>Áreas protegidas en el municipio de Villa Nueva</b>		
<b>Nombre del área</b>	<b>Área (hectáreas)</b>	<b>Administración del área</b>
Parque Naciones Unidas	491	Defensores de la Naturaleza
finca San José Buena Vista,	235	CONAP

Fuente: Culturapeteneraymas. <https://culturapeteneraymas.wordpress.com/2011/10/23/villa-nueva/>. Consulta: 20 de mayo de 2018.

En la tabla IX se observan los porcentajes del uso potencial del suelo del municipio de Villa Nueva y en la tabla X el uso que actualmente se le da al suelo en el municipio. En el área agrícola existe una diferencia entre el uso potencial y actual de 1.93% de suelo, sin hacer uso o aprovechamiento del mismo, y en el área forestal y áreas protegidas existe una diferencia entre el uso potencial y el uso actual del 45.96%, este porcentaje tiene una mayor diferencia debido posiblemente a que las áreas protegidas, no se pueden explotar o hacer uso de las mismas, también se debe tomar en cuenta que existen áreas forestales en zonas de alto riesgo como barrancos cerros o accidentes geográficos que no pueden ser accesadas.

## 2.10. Vías de comunicación

El Municipio de Villa Nueva, está a 15 kilómetros de la ciudad capital y cuenta con vías de comunicación en forma de autopistas. “Las distancias hacia los principales puertos son las siguientes: Puerto Quetzal (Océano Pacífico): 97 kilómetros, Puerto Sto. Tomás de Castilla (Océano Atlántico): 315 Kilómetros, Aeropuerto la Aurora: 15 Kilómetros, Frontera con El Salvador: 145 Kilómetros y Frontera con Honduras: 320 Kilómetros.”<sup>37</sup>

Tabla XII. **Vías de comunicación**

<b>Vías asfaltadas (kilómetros)</b>	<b>Vías de terracería (kilómetros)</b>	<b>Vías vecinales (kilómetros)</b>
482	270	42

Fuente: Dirección General de Caminos. <https://www.caminos.gob.gt/>.

Consulta: 22 de abril de 2018.

## 2.11. Servicios básicos

El municipio de Villa Nueva cuenta con los servicios básicos, designados para satisfacer las necesidades de la población, cuenta con alumbrado eléctrico público, posee una estación de bomberos voluntarios que cuentan con 35 elementos y una estación de policía, existen nueve agencias bancarias, existen compañías de transporte local siendo su recorrido Guatemala.

---

<sup>37</sup> Municipalidad de Villa Nueva. *Sección, geográfica*. <http://www.villanueva.gob.gt/>.  
Consulta: 20 de abril de 2018.

Funciona un mercado en el área urbana y algunos mercados informales, “posee cuatro cementerios, uno particular y tres municipales, de los cuales uno está situado en la parte de atrás del altar mayor contiguo al convento y actualmente cuenta con un centro del IGSS, también con un sistema de recolección de basura nombrado tren de aseo para la cobertura de la mayoría de su población.”<sup>38</sup>

### 2.11.1. Servicio de agua

Un gran porcentaje de personas se abastece por medio de la producción de los pozos que administra la municipalidad, que se utiliza para consumo y actividades productivas. El agua que se provee a la población por medio de pozos tiene muy poco tratamiento, las industrias que se abastecen de agua, contribuyen a la explotación de agua subterránea; la siguiente tabla muestra el porcentaje de viviendas que cuenta con el servicio.

Tabla XIII. **Sistema de agua entubada en hogares**

<b>Sin sistema (%)</b>	<b>Con sistema (%)</b>	<b>No especificado (%)</b>
4.1	89.6	6.3

Fuente: Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM). <http://www.infom.gob.gt/>.

Consulta: 23 de abril de 2018.

<sup>38</sup> Municipalidad de Villa Nueva. *Sección servicios públicos*. <http://www.villanueva.gob.gt/>. Consulta: 23 de abril de 2018.

### 2.11.2. Drenaje

En el municipio de Villa Nueva una gran parte de los pobladores no cuenta con el servicio de drenaje sanitario, poseen letrinas o los denominados pozos ciegos y también fosas sépticas con su respectivo pozo de absorción, en algunas colonias cuentan con plantas de tratamiento que procesan y tratan los desechos, lodos y sedimentos, para que posteriormente se pueda evacuar el agua con un menor grado de contaminación, las aguas negras que se recolectan en el municipio desfogon en el río Villalobos.

En la actualidad la municipalidad de Villa Nueva sigue haciendo trabajos, para mejorar el sistema de drenajes en su municipio están ejecutando y mejorando en su territorio esto debido a que las estadísticas, muestran que cerca del 50 % de la población no cuentan con drenajes o un sistema de drenajes adecuado.

Tabla XIV. **Sistema de drenaje en hogares**

<b>Sin sistema (%)</b>	<b>Con sistema (%)</b>	<b>No especificado (%)</b>
27.27	54.55	18.18

Fuente: Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM). <http://www.infom.gob.gt/>.

Consulta: 24 de abril de 2018.

### 2.11.3. Energía eléctrica

De acuerdo con los censos realizados en los siete municipios que conforman la cuenca del lago de Amatitlán, hay 431,977 hogares que cuentan con el servicio de energía eléctrica, de los cuales 80,100 corresponden a Villa Nueva, en el municipio existe una agencia de la empresa eléctrica, donde se pueden realizar todo tipo de gestiones.

Tabla XV. **Instalaciones eléctricas en hogares**

<b>Sin conexión (%)</b>	<b>Con conexión (%)</b>	<b>No especificado (%)</b>
5	95	1

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MEM). <http://www.mem.gob.gt/>.

Consulta: 24 de abril de 2018.

### 2.11.4. Sistema de recolección de basura

“Unas 16 toneladas de basura son recogidas diariamente por los trenes de limpieza de la comuna en todo el municipio de Villa Nueva. La mayor parte de viviendas cuentan con el servicio del tren de aseo el cual es manejado y administrado por la empresa Ecorecuenca, esta empresa presta el servicio para que los pobladores no tiren la basura y formen basureros clandestinos.”<sup>39</sup>

<sup>39</sup> Municipalidad de Villa Nueva. *Sección servicios públicos*. <http://www.villanueva.gob.gt/>  
Consulta: 24 de abril de 2018.

Tabla XVI. **Servicio de tren de aseo en hogares**

<b>Sin Tren (%)</b>	<b>Con Tren (%)</b>	<b>No especificado (%)</b>
15.15	75.76	9.09

Fuente: Instituto Nacional de Fomento Municipal (INFOM). <http://www.infom.gob.gt/>.

Consulta: 24 de abril de 2018.

## **2.12. Historia de la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825**

La Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 fue construida durante el periodo de la presidencia de Ramiro de León Carpio en el año de 1995, esto debido a la necesidad de la educación y falta de escuelas en la comunidad de Ciudad Peronia. Es en la actualidad el centro educativo más grande de la comunidad. Cuenta con tres módulos y una gran área recreativa para estudiantes, en el año de su inauguración fue toda una novedad y cumplía con las necesidades de los estudiantes.

“Actualmente CONRED ha declarado en estado de riesgo las instalaciones del centro educativo que está en peligro de derrumbe por las invasiones cercanas al mismo han ocasionado problemas en el suelo (erosión) y está en peligro de colapso esto debido a que se encuentra ubicada cercana de un barranco, la cual será reinstalada en nuevas instalaciones.”<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> *Comisión de educación media para dotar de escuela a niños y jóvenes de ciudad peronia.* <https://www.congreso.gob.gt/noticia/?COMISI%C3%93N-DE-EDUCACI%C3%93N-MEDIA-PARA-DOTAR-DE-ESCUELA-A-NI%C3%91OS-Y-J%C3%93VENES-DE-CIUDAD-PERONIA-8901>. Consulta: 20 de mayo de 2018.



Figura 22. **Condición actual de la escuela**



Fuente: Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 zona 8, Villa Nueva.

### 2.12.1. Demografía

En el ciclo escolar 2018 se realizó un censo poblacional en la escuela, el cual tuvo como resultado un total de 1 050 estudiantes, 800 en la jornada matutina y 250 estudiantes en la jornada vespertina.

Tabla XVII. **Censo 2018 de la escuela**

<b>Jornada Matutina</b>	<b>Cantidad (estudiantes)</b>
Sexo femenino	323
Sexo masculino	477
<b>Total</b>	<b>800</b>
<b>Jornada Vespertina</b>	<b>Cantidad (estudiantes)</b>
Sexo femenino	113
Sexo masculino	137
<b>Total</b>	<b>250</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.12.2. Ubicación geográfica

La Escuela Oficial Urbana Mixta No. 824 y 825 se encuentra ubicada en la 3. Avenida 7-89 Zona 8 de Villa Nueva ciudad Peronia.

Figura 23. **Ubicación de la escuela**



Fuente: Google Earth. <https://earth.google.com/web/>.

Consulta: 25 de abril de 2018.

### 2.12.3. Coordenadas cartesianas

Latitud 14° 34' 31" norte.

Longitud 90° 36' 10" oeste, del meridiano de Greenwich.

Figura 24. **Localización de la escuela**



Fuente: Google Earth. <https://earth.google.com/web/>.  
Consulta: 25 de abril de 2018.

#### **2.12.4. Geografía**

El centro de Ciudad Peronia está asentado en el Cerro que anteriormente pertenecía a la finca la Selva y que posteriormente fue fragmentado. No cuenta con ningún cerro con vegetación, debido a que es un conglomerado urbano. Alrededor de la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 y las comunidades aledañas encuentra accidentado por barracos en casi todo alrededor, aproximadamente el 80 por ciento (%) de su alrededor.

### **2.12.5. Aspectos topográficos**

El centro educativo se encuentra en el centro de Ciudad Peronia está asentado en el Cerro que anteriormente pertenecía a la finca la Selva y que posteriormente fue fragmentado.

No cuenta con ningún cerro con vegetación, debido a que es un conglomerado urbano, a sus alrededores se encuentran barrancos y accidentes geográficos. Antes de la invasión humana en la comunidad solo existía riqueza de flora y fauna. Donde actualmente se ubica el centro educativo existía árboles los cuales fueron talados para la construcción del mismo.<sup>41</sup>

### **2.12.6. Vías de acceso**

Su principal acceso es por Ciudad San Cristóbal zona 8 de Mixco del lugar conocido como la Fuente, vista a unos 4.5 kilómetros de este lugar, en la comunidad tiene dos accesos por el mercado principal a 200 metros y por el Centro de Salud, a 300 metros de distancia al centro educativo, todos los accesos están pavimentados.

---

<sup>41</sup> ROQUE, Wendy. *Ciudad Peronia y su historia*. <http://www.monografias.com/trabajos93/peronia-toda-su-historia/peronia-toda-su-historia.shtml>. Consulta: 25 de abril de 2018.

### 2.12.7. Colindancias

La escuela actualmente se encuentra ubicada en el centro de la comunidad de Ciudad Peronia zona 8 de Villa Nueva, en sus cercanías está el mercado más grande de dicha comunidad y también algunas invasiones que se detallan en la siguiente lista:

- Al norte: con invasión Comunidad Regalito de Dios.
- Al sur: con mercado de la comunidad.
- Al oriente: colonia la Selva.
- Al occidente: con el municipio de Mixco, Cementerio los Parques.

Figura 25. **Colindancias**



Fuente: Comunidad Regalito de Dios al norte de la escuela 824 y 825.

### 2.12.8. Sistema de recolección de basura

El sistema de recolección en la comunidad en general y el centro educativo es el uso del camión de basura de dos ejes, identificado por los colores amarillo y con franjas verdes de Villa Nueva, pasa 2 veces por semana por la escuela lunes y viernes, en el proceso no se tiene un manejo adecuado de desechos, debido a no contar con un sistema de separación de los mismos en la unidad de transporte, la clasificación la realizan en su disposición final en el relleno sanitario de Amatitlán actualmente manejado por AMSA.

Figura 26. **Camión recolector**



Fuente: camión de basura Ciudad Peronia, zona 8, Villa Nueva.

El proyecto de (AMSA) se encuentra ubicado en terrenos aledaños al Parque Nacional Naciones Unidas, geopolíticamente en jurisdicción de la aldea Bárcenas del municipio de Villa Nueva Km. 22, de la carretera CA-9 carretera al pacífico.

Tributa a la subcuenta del Zanjón Malena, el cual ya no es parte de la cuenca del Lago de Amatitlán, pero el 90% de los desechos que se reciben son generados dentro de la misma y de no ser por este sitio, se crearían basureros clandestinos en áreas que, si se encuentran dentro de ella, causando problemas serios al Lago de Amatitlán.<sup>42</sup>

Figura 27. **Ubicación del relleno sanitario**



Fuente: Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán.

<http://www.amsa.gob.gt/blog/wp-content/uploads/2009/05/relleno-sanitario3.pdf>.

Consulta: 27 de abril de 2018.

---

<sup>42</sup> AMSA. *Manejo de desechos sólidos*. <http://amsa.gob.gt/web/division-manejo-de-desechos-solidos/>. Consulta: 27 de abril de 2018.





### 3. CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS INSTITUCIONALES EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 824 Y 825

#### 3.1. Cálculo de la muestra

Con los datos estadísticos obtenidos de la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825, del censo poblacional 2018, y la cantidad de contenedores de basura utilizados en el establecimiento educativo y los diferentes datos asumidos en base a los autores, para el estudio de caracterización de desechos sólidos tema tratado en la Sección 1.13.1 de este documento, se calcula el número de muestras (contenedores), que se analizaran en dicha institución pública.

Tabla XVIII. Valores de las variables

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
<b>N = 14 contenedores</b>	Número total de contenedores en la institución
$Z_{1-\alpha/2}^2 = 1,96$	Coeficiente de confianza
<b>1 - <math>\sigma</math> = 95%</b>	Nivel de confianza
<b>E = 0,065 kg/hab/día</b>	Error permisible
<b><math>\sigma = 0,20</math></b>	Desviación estándar

Fuente: elaboración propia.

Entonces:

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

Sustituyendo:

$$n = \frac{(1,96^2) \times (14) \times (0,20^2)}{((14 - 1)(0,065)^2) + (1,96^2 \times 0,20^2)} = 10 \text{ contenedores}$$

La muestra que se utilizara para la caracterización de desechos sólidos en la escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 es de 10 contenedores.

### 3.2. Toma de la muestra

Luego de determinar el número de contenedores para realizar el estudio se procedió a tomar la muestra siguiendo los pasos como lo indica la sección 1.13.2. de este documento.

El estudio se realizó por tres semanas monitoreando los días martes, miércoles y jueves (9 días de muestreo), esto en base a los días que el camión recolecta los desechos sólidos, que son los lunes y viernes.

Figura 28. **Recolección de la muestra**



Fuente: Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 zona 8, Villa Nueva.

La muestra fue tomada de los 10 contenedores en un horario de 17:00 pm, la hora más crítica donde las dos jornadas de la escuela ya habían finalizado sus actividades.

Se realizó el mismo procedimiento, las tres semanas, a la misma hora, para que los resultados mostraran el comportamiento promedio de la institución. Las muestras fueron transportadas a un lugar con suficiente espacio y superficie de concreto para realizar su análisis de cuarteo y pesaje.

Tabla XIX. **Calendario de actividades**

<b>Candelario de muestreo junio 2018</b>									
Actividad	martes 12	miércoles 13	jueves 14	martes 19	miércoles 20	jueves 21	martes 26	miércoles 27	jueves 28
Muestreo									
Muestreo									
Muestreo									
Muestreo									
Muestreo									
Muestreo									
Muestreo									
Muestreo									
Muestreo									

Fuente: elaboración propia.

### 3.3. Clasificación y pesaje de los desechos sólido

Para el pesaje se utilizó una balanza marca Tecnipesa con capacidad de 136 kilogramos fuerza = 300 libras fuerza y una precisión de  $\pm 0,0625$  lb. Para los cálculos del presente se utilizará el sistema Internacional de medidas (SI).

Figura 29. **Balanza**



Fuente: área de caracterización.

Luego de transportar los desechos sólidos al área de caracterización se procedió a pesarlos sin hacer ningún tipo de clasificación, donde se pueden observar los datos tabulados en la siguiente tabla.

Tabla XX. **Pesaje de desechos sólidos**

<b>Pesaje de desechos sólidos (Kg)</b>									
<b>Semana</b>	<b>semana 1</b>			<b>semana 2</b>			<b>semana 3</b>		
<b>contenedor</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>	<b>martes</b>	<b>miércoles</b>	<b>jueves</b>
1	14	16	14	17	11	15	9	12	13
2	12	16	17	12	13	10	10	11	9
3	10	9	10	17	14	13	13	13	17
4	13	14	16	9	12	17	13	14	18
5	17	14	16	13	11	17	12	13	17
6	18	15	14	10	9	12	8	11	13
7	15	13	15	13	17	19	16	13	14
8	13	11	15	12	17	14	11	13	13
9	10	15	16	13	13	18	10	11	14
10	13	11	15	11	12	14	14	14	17
<b>Total de día</b>	<b>135</b>	<b>134</b>	<b>148</b>	<b>127</b>	<b>129</b>	<b>149</b>	<b>116</b>	<b>125</b>	<b>145</b>
<b>Total de semanas</b>	<b>Desviación Estándar</b>			<b>Promedio</b>					
<b>1 208</b>	<b>11,30 Kg</b>			<b>134,22 Kg</b>					

Fuente: elaboración propia.

Luego del pesaje y tabular los datos, comienza el proceso de clasificación utilizando el método de cuarteo como se explica en la sección 1.13.3. de este documento.

Figura 30. **Primer grupo de desechos sólidos**



Fuente: área de caracterización.

Se colocó una carpeta plástica en la superficie para depositar el primer grupo de desechos sólidos y comenzar el proceso de cuarteo, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 31. **Método de cuarteo**



Fuente: área de caracterización.

Luego de utilizar el método de cuarteo para clasificar los desechos sólidos se procede a pesarlos según su composición, entre los que se encontraron en la clasificación están:

- Materia orgánica
- Papel y cartón
- Plástico
- Trapos
- Vidrios
- Madera y follaje

Figura 32. **Pesaje según su composición**



Fuente: área de caracterización.

Como se observa en la figura 32, se pesa los desechos ya clasificados y procede a la toma de datos que se pueden tabular, empleando una hoja electrónica (Excel) para seguir con el proceso.

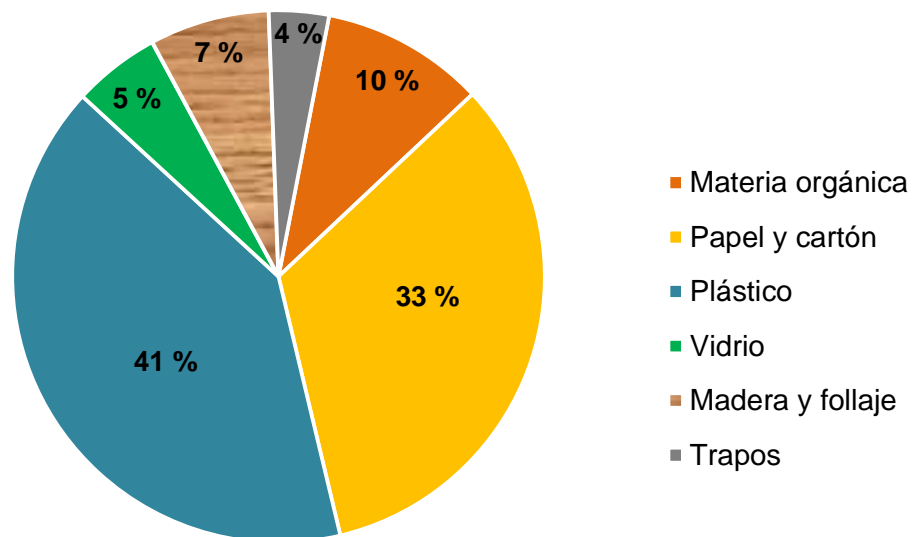
Se calculó el porcentaje de los desechos sólidos según su composición, utilizando la ecuación de determinación de porcentajes mencionada en la sección 1.13.3 de este documento, como se pueden ver en la siguiente tabla.

Tabla XXI. **Porcentaje de clasificación**

<b>Desechos sólidos</b>	<b>peso (kg)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Materia orgánica	120	10
Papel y cartón	402	33
Plástico	490	41
Vidrio	64	5
Madera y follaje	88	7
Trapos	44	4

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Porcentaje de la clasificación (%)**



Fuente: elaboración propia.



Como se puede observar en la figura 33, el mayor porcentaje de desecho sólido fue plástico con un 41 % y papel – cartón con un 33 %, este tipo de desechos son de los más reciclables por sus propiedades físicas y químicas, pueden llegar a ser de un beneficio económico, si en la escuela se implementa un correcto proceso del reciclaje.

En tercer lugar, se encuentra la materia orgánica con un menor porcentaje (10 %), es acá donde hay una clara diferencia en una caracterización institucional y una domiciliar, debido que en los hogares los porcentajes de desechos orgánicos son mayores cerca del 30 % al 40 %.

Los desechos orgánicos generados en la escuela con un correcto manejo pueden ser aprovechables en las áreas verdes donde existen árboles, césped natural, tierra fértil para siembras y donde se realizan algunos proyectos de conservación del medio ambiente y siembras, en estas áreas se puede practicar el compostaje (abono natural), como se explica en la sección 1.12. de este documento.

## Cálculo de densidad suelta

Para el cálculo del volumen se utilizó un recipiente cilíndrico, se tomó sus medidas de diámetro y altura y aplicar la formula descrita en la sección 1.13.4. de este documento, se utilizó una cinta métrica como se observa en la siguiente imagen.

Figura 34. **Tomas de medidas**



Fuente: área de caracterización.

Entonces:

$$\text{Volumen (V)} = 0,7854 \times d^2 \times h$$

Sustituyendo:

$$\text{Volumen} = 0,7854 (0,40\text{m})^2 (0,57\text{m}) = 0,071 \text{ m}^3$$

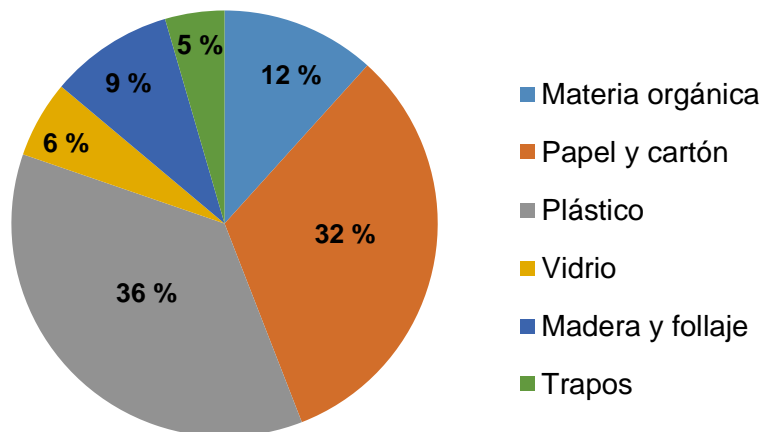
Una vez calculado el volumen del recipiente cilíndrico se midió el volumen suelto de los desechos sólidos según su composición, se llena el recipiente de forma proporcional sin dejar espacios libres, el total de volumen fue 8,21 m<sup>3</sup>, los datos tomados se encuentran tabulados en la siguiente tabla.

Tabla XXII. **Volumen suelto**

<b>Desechos sólidos</b>	<b>Peso de desecho (kg)</b>	<b>Volumen suelto ( m<sup>3</sup>)</b>
Materia orgánica	120	0,96
Papel y cartón	402	2,66
Plástico	490	2,97
Vidrio	64	0,48
Madera y follaje	88	0,77
Trapos	44	0,37
<b>Total</b>		<b>8,21 m<sup>3</sup></b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Gráfico volumen suelto (%)**



Fuente: elaboración propia.

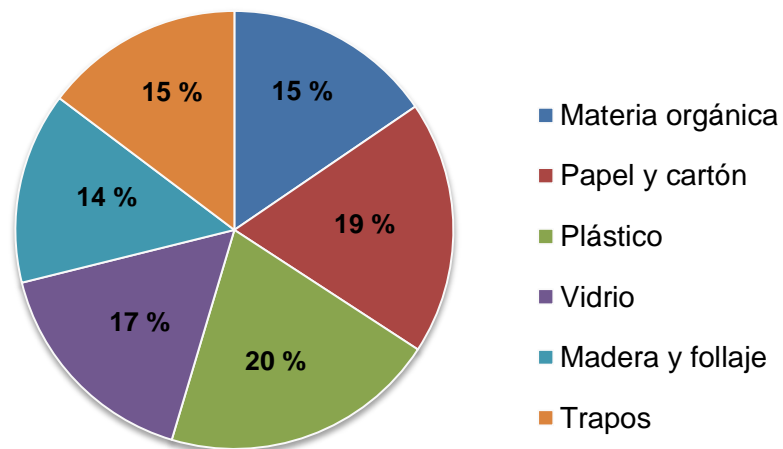
Una vez calculado el volumen, se calcula la densidad utilizando la fórmula descrita de la sección 1.2.3. (Densidad = peso de desecho / volumen) y se obtuvieron los siguientes datos tabulados.

Tabla XXIII. **Densidad suelta**

<b>Desechos sólidos</b>	<b>Peso de desecho (kg)</b>	<b>Volumen suelto ( m<sup>3</sup> )</b>	<b>Densidad suelta (kg/ m<sup>3</sup> )</b>
Materia orgánica	120	0,96	125,00
Papel y cartón	402	2,66	151,13
Plástico	490	2,97	164,98
Vidrio	64	0,48	133,33
Madera y follaje	88	0,77	114,29
Trapos	44	0,37	118,92

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Gráfico densidad suelta (%)**



Fuente: elaboración propia.

La densidad de los desechos son parámetros fundamentales para su correcta gestión, la información que proporciona es la cantidad de espacio que ocupa la masa de los desechos sólidos, esta información sirve para el diseño de rellenos sanitarios y también para la asignación de camiones, para la recolección y transporte de los desechos en las comunidades, dicho temas tratados en la sección 1.11.3.3. de este documento. Para la escuela determinar la densidad, ayuda a optimizar el uso de áreas. En los cálculos realizados el desecho con mayor densidad es el plástico con 164,98 (kg/m<sup>3</sup>), y en segundo lugar el papel – cartón, seguido del vidrio como se observan en el gráfico de la figura 36.

### 3.4.1. Cálculo de densidad compactada

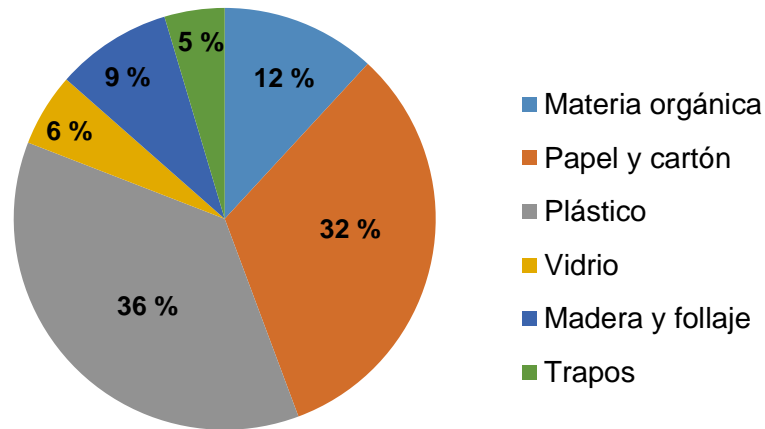
Se ejerce una fuerza manual sobre los desechos depositados en el recipiente para expulsar el aire acumulado y ocupar los espacios libres, por lo que habrá un cambio de volumen el cual dio un total de 6,07m<sup>3</sup>, menor al volumen suelto como se observa en la siguiente tabla.

Tabla XXIV. **Volumen compactado**

<b>Desechos sólidos</b>	<b>Peso de desecho (kg)</b>	<b>Volumen compactado ( m<sup>3</sup> )</b>
Materia orgánica	120	0,72
Papel y cartón	402	1,97
Plástico	490	2,22
Vidrio	64	0,34
Madera y follaje	88	0,54
Trapos	44	0,28
<b>Total</b>		<b>6,07 m<sup>3</sup></b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Gráfico volumen compactado (%)**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Comparación entre volumen suelto y compactado**

Volumen suelto (m <sup>3</sup> )	Volumen compactado (m <sup>3</sup> )
0,96	0,72
2,66	1,97
2,97	2,22
0,48	0,34
0,77	0,54
0,37	0,28
<b>Total 8,21</b>	<b>Total 6,07</b>

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior el volumen compactado es 2,14 m<sup>3</sup>, menor que el volumen suelto, esto indica que ocupará menor espacio, es por ello que los desechos se compactan en los rellenos sanitarios o centros de reciclaje, para el aprovechamiento del espacio que estos ocupan.

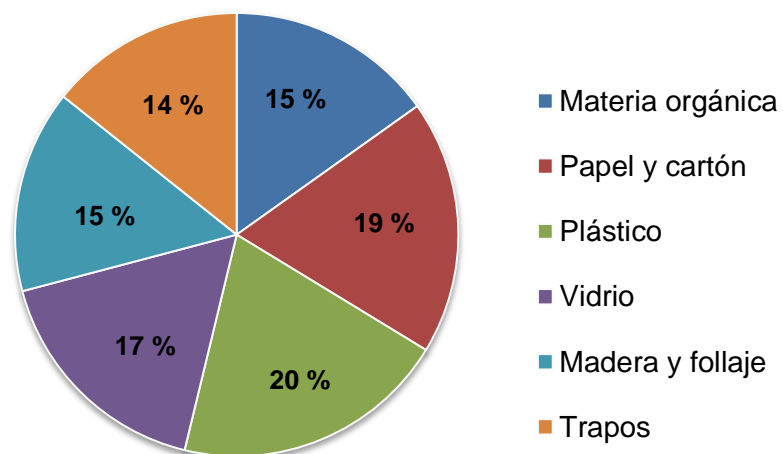
Para el cálculo de la densidad compactada se realizó el mismo procedimiento que la densidad suelta, la única variante es que la densidad compactada es mayor debido a la reducción de volumen que es un factor directo de la densidad, como se puede observar en la siguiente tabla y figura.

Tabla XXVI. **Densidad compactada**

<b>Desechos sólidos</b>	<b>Peso de desecho (kg)</b>	<b>Volumen compactado (m3)</b>	<b>Densidad compactada (kg/m3)</b>
Materia orgánica	120	0,72	166,67
Papel y cartón	402	1,97	204,06
Plástico	490	2,22	220,72
Vidrio	64	0,34	188,24
Madera y follaje	88	0,54	162,96
Trapos	44	0,28	157,14

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Gráfico densidad compactada (%)**



Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Determinación per cápita

Se determina la generación per cápita mediante la metodología descrita en la sección 1.13.5. de este documento, analizando la variación per-cápita en los contenedores se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla XXVII. **Generación per cápita diaria**

<b>Variación per cápita por contenedores</b>			
<b>Contenedor</b>	<b>PPC kg/est/día</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
1	0,0128	0,013	0,000839378
2	0,0116		
3	0,0122		
4	0,0133		
5	0,0137		
6	0,0116		
7	0,0142		
8	0,0125		
9	0,0126		
10	0,0128		

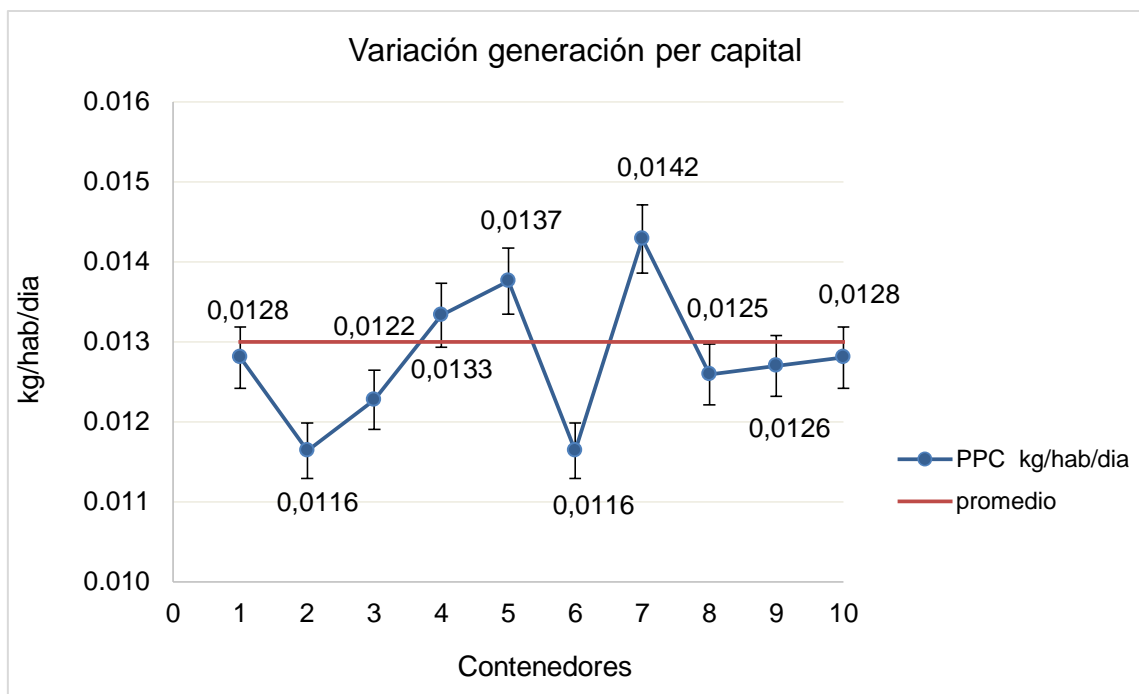
Fuente: elaboración propia.

Con base en la fórmula de generación per cápita descrita en la sección 1.13.5, se determinó que la escuela tiene una de generación per cápita diaria promedio de 0,013 kg/estudiante/día, que equivale a una botella plástica de 750 mililitro más dos bolsas de frituras o 40 hojas más una bolsa de frituras, y con una desviación estándar de 0,000839378 por debajo del 1 %. Este porcentaje indica que los resultados son confiables, se debe recordar que la población escolar es de 1 050 estudiantes.



El promedio de la generación per cápita es bajo debido al tipo de generación de desechos (institucional), los estudiantes pasan 5 horas diarias en la escuela y no generan gran cantidad y variedad de desechos. La variación per cápita diaria calculada se puede observar en la siguiente figura.

Figura 39. **Variación per cápita diaria (kg/hab/día)**



Fuente: elaboración propia.

### 3.6. Contenido de humedad

Se realizó el ensayo de humedad en el laboratorio de suelos de la Universidad de San Carlos de Guatemala (ver anexo 2), siguiendo el procedimiento explicado en la sección 1.13.6. de este documento, se utilizó una temperatura de 115 °C, (ver anexo 1), obteniendo los siguientes resultados.

Tabla XXVIII. **Contenido de humedad**

<b>Muestra</b>	<b>Contenido de humedad (%)</b>
1	1 154,88
2	650,95
3	889,67
<b>Promedio</b>	898,50
<b>Desviación Estándar</b>	252,08

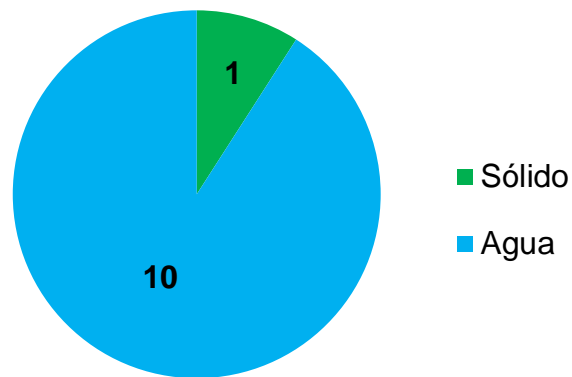
Fuente: elaboración propia.

Se realizó el ensayo de humedad natural en base a las normas AASHTO T-265 Y ASTM D-2216 descritas en la sección 1.13.6. de este documento. Se utilizó materia orgánica para este ensayo debido a sus propiedades y características de contener mayor cantidad de agua a diferencia de otros desechos sólidos como plástico, madera, vidrio y otros.

El promedio calculado del contenido de humedad en los desechos orgánicos de la escuela es de 898,50 % y una desviación estándar de 252,08 %.

Los resultados del ensayo de humedad en la materia orgánica efectuados en el laboratorio se expresaron gráficamente de la siguiente manera:

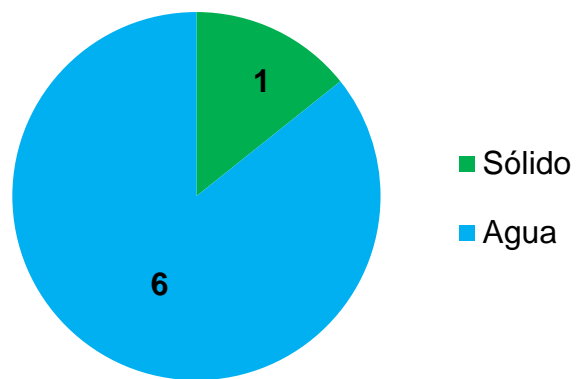
Figura 40. **Contenido de humedad muestra 1**



Fuente elaboración propia.

En la figura 40 se observa que la muestra 1 contiene 10 veces más agua que su estado sólido.

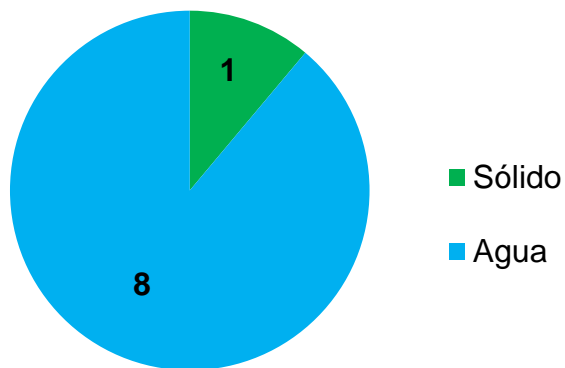
Figura 41. **Contenido de humedad muestra 2**



Fuente: elaboración propia.

La figura 41 nos indica que la muestra 2 contiene 6 veces más agua de su estado sólido.

Figura 42. **Contenido de humedad muestra 3**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 42 se observa que la muestra 3 contiene 8 veces más agua que su estado sólido.

#### **4. DISEÑO, EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DE CAMPAÑA DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS**

Para entender y diseñar un apropiado plan de gestión de residuos sólidos, es necesario conocer los residuos sólidos y de ahí elegir la mejor clasificación (segregación) de los mismos, parte integral del Plan de Gestión de Residuos Sólidos.

A raíz de lo investigado y experimentado, se presenta una Campaña de Manejo de Desechos Sólidos con el fin de desarrollar un Plan de Gestión de Residuos Sólidos, enfocándose en tres puntos:

- Segregación de desechos
- Compostaje
- Técnica de las 4R: reúso, reciclaje, reducción y recuperar

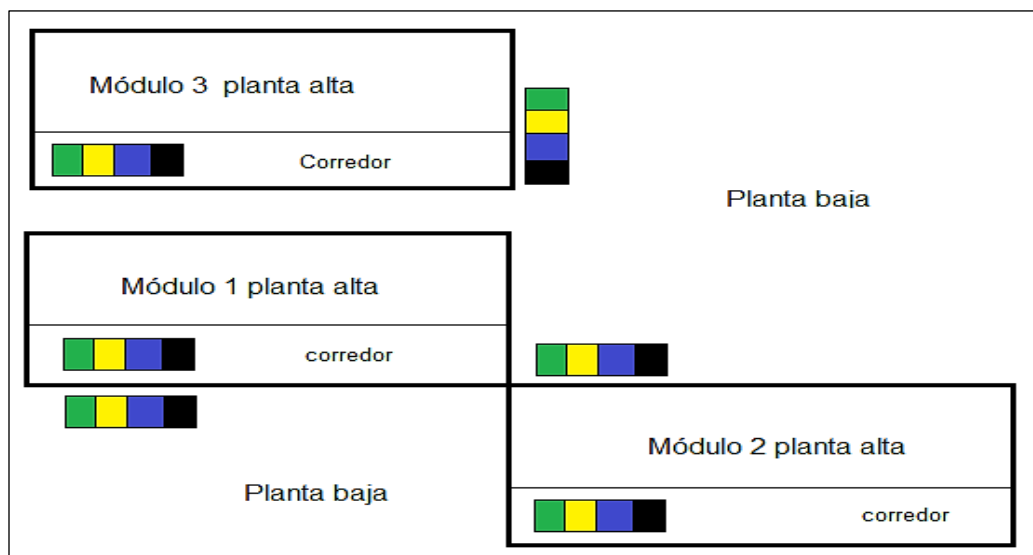
Estos puntos fueron seleccionados principalmente por los resultados de segregación in situ y análisis de laboratorio, esto con el fin de implementar una campaña donde se realice una correcta gestión de los desechos sólidos generados en la escuela, que pueden ser de beneficio económico, ambiental y principalmente fomentar la educación ambiental a los estudiantes a temprana edad.

#### 4.1. Plan de segregación

El programa de segregación es importante en cualquier tipo de institución, ya que permite tener una recolección adecuada de los desechos sólidos, impulsando así una cadena formal de reuso, reciclaje, reducción y recuperación, generando un incremento de la conciencia ambiental, permitiendo llevar un control más sencillo de los mismos, lo que incluye un monitoreo periódico, se recomienda realizar mensual o trimestralmente como esta descrito en la sección 1.13.7 de este documento.

Para la implementación de la segregación se realizó un croquis donde se colocan los depósitos de basura debidamente identificados como se especifica en la sección 1.13.7. de este documento, en los corredores de los módulos de la escuela en la planta baja y alta en lugares estratégicos con un total de 6 depósitos.

Figura 43. Croquis plan de segregación



Fuente: elaboración propia.

Es importante implementar este plan (también dentro de los salones de clase), durante el ciclo escolar del 2018 la escuela.

Los contenedores pueden ser construidos con materiales de desecho, como la madera generada en la escuela o reutilizar aquellos recipientes de actividades generales, identificándolos debidamente como establece el código de colores del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), descrito en la sección 1.13.7. de este documento.

Figura 44. **Contenedores de madera para desechos**



Fuente: área de caracterización.

En la figura 40 se muestran los contenedores para implementar la segregación dentro de los salones de clase. Para su fabricación se utilizará únicamente madera pintada y rótulos para identificarlos correctamente, como lo indica Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

## 4.2. Manejo eficiente del compostaje

El compostaje puede utilizarse como un abono natural en la siembra de vegetales, frutas y otros, este tema fue tratado en la sección 1.12. de este documento es importante hacer un buen uso de este abono natural, debido a la relación que el compostaje tiene con la humedad.

Se realizó el ensayo de humedad de la materia orgánica recolectada en la escuela y se obtuvo un promedio de humedad de 898,50 % tema descrito en la sección 3.6. de este documento, el cual es muy alto para la práctica de compostaje en base a los datos tabulados de la tabla VII, donde el rango ideal es del 45 % al 60 % de humedad.

Para practicar el compostaje eficientemente en un futuro en la escuela, existen procesos para la reducción de la humedad en la materia orgánica los cuales consisten:

“Destilación: Es un proceso que consiste en colocar la materia orgánica en recipientes adecuados al aire libre, y el clima natural se encarga de eliminar la mayor parte de humedad que existe en la misma.”<sup>43</sup>

Utilización de hojas secas: también se puede mezclar la materia orgánica con hojas secas de árboles las cuales eliminarán la mayor parte de humedad, hasta llegar al porcentaje ideal para la práctica de compostaje descrito en la sección 1.13.6.1. de este documento.

---

<sup>43</sup> Gestión de Calidad. *Tratamientos de residuos*. <http://gestion-calidad.com/wp-content/uploads/2016/09/tratamientos-residuos.pdf>. Consulta: 2 de agosto de 2018.



### **4.3. Programa de las 4R en la escuela**

La técnica de las 4R (reducir, reusar, reciclar y recuperar), básicamente tiene como objetivo realizar una correcta gestión de los desechos sólidos producidos por el ser humano, esto se especifica en la sección 1.11.4. de este documento.

En base la clasificación de desechos sólidos que se realizó en la escuela explicado en la sección 3.3. de este documento, se puede implementar los componentes de las 4R en la escuela.

#### **4.3.1. Implementación del reúso en la escuela**

El reúso es uno de los componentes más importantes de la técnica de las 4R, debido a que muchos materiales son desechados con un poco uso. El desecho con mayor porcentaje en la clasificación realizada en la escuela fueron las botellas plásticas con un (41 %), estas tienen muchos usos después de desecharlas, y además es uno de los desechos con mayor tiempo de degradación (500 años).

Las botellas plásticas se pueden reutilizar sin ningún problema en muchas áreas, entre ellas en jardines verticales que pueden ser con el fin de enseñanza, educación ambiental y manualidades como porta lapiceros, se pueden observar en la siguiente figura.

Figura 45. **Reutilización de botellas plásticas**



Fuente: Recreoviral. <https://www.recreoviral.com/reflexion/ideas-creativas-reciclar-botellas-plastico/>. Consulta: 3 de agosto de 2018.

#### **4.3.2. Implementación del reciclaje en la escuela**

En la sección 3.3. de este documento, se encuentra graficado los porcentajes obtenidos en la segregación de los desechos sólidos generados en la escuela, encontrándose que el mayor porcentaje de desecho sólidos son el plástico (41 %) y el papel – cartón (33 %), estos desechos son de los más reciclables por sus propiedades físicas y químicas, y pueden ser de beneficio económico si en la escuela se implementa un correcto proceso del reciclaje.

Por sus propiedades y características existen industrias que se dedican a reciclar los materiales mencionados, (plástico, papel – cartón) cercanas a la escuela se mencionaran algunas de ellas en la siguiente tabla.

Tabla XXIX. **Recicladoras**

<b>Recicladoras cercanas a la escuela</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Distancia (km)</b>	<b>Teléfonos</b>
Amigos de la naturaleza	2	2476 - 9884
Comercializadora fresno	4	2250 - 6858
Recicladora RECIPA	3	2491 - 5050

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se muestra las recicladoras cercanas al establecimiento. Para las 3 entidades es necesario transportar los desechos a las recicladoras puede ser un beneficio económico, y fomenta el reciclaje en los alumnos de la escuela para conservar el medio ambiente.

#### **4.4. Capacitación a docentes de la escuela**

Se realizó la capacitación el día jueves 16 de agosto de 2018 con el grupo completo de docentes de la escuela, para informales sobre los estudios realizados con los desechos que generan la escuela y como ejecutar una correcta gestión con los mismos implementando la segregación y la técnica de las 4R, para el aprovechamiento de los 1 600 kg aproximadamente de desechos que se generan mensualmente en la institución.

Actualmente existen 23 docentes y también una comisión de limpieza, tiene un enfoque que busca tener un mejor control de los desechos que sean depositados por los estudiantes en el lugar designado, y se le proporcionó material con el código de colores estipulados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Figura 46. **Capacitación a docentes de la escuela**



Fuente: Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 zona 8, Villa Nueva.

Por medio de la concientización y el mensaje transmitido por los maestros a los alumnos de la escuela, se busca un cambio de vida y correcto manejo de los desechos, es por ello que los maestros son una parte fundamental para que la gestión de segregación diseñada sea ejecutada adecuadamente, al igual que la aplicación de la técnica de las 4R, en un periodo a mediano plazo debido a que lleva un proceso de enseñanza y adaptación por los alumnos de la institución.

## CONCLUSIONES

1. Por medio de la segregación los alumno de la escuela clasificarán de manera correcta los desechos, esto es necesario para practicar la técnica de las 4R y aprovechar todos los recursos que estos ofrecen como el plástico para implementar porta lápices, también la construcción de cestos de basura con plásticos y reciclar el papel, latas, reutilizar la madera que se genera, y principalmente el cuidado del medio ambiente.
2. La generación per cápita promedio diaria de los desechos producidos en la escuela es de 0,013 kg/estudiante/día, equivale a una botella de plástico de 750 mililitros más una bolsa de frituras por estudiante, teóricamente y una desviación estándar de 0,000839378, implicando un porcentaje menor a 1, esto indica que son datos muy confiables.
3. La caracterización de desechos sólidos realizada en la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 permitió establecer las cantidades físicas de los desechos que se generan diariamente en la institución, donde dio como resultado un 90 % de desechos inorgánicos y 10 % de materia orgánica.
4. Utilizando el método del cuarteo se pudo clasificar los desechos por su composición, donde el plástico tiene la mayor cantidad, con un 41 %, seguido del papel y cartón con 33 % y la materia orgánica con 10 %, siendo los porcentajes más bajos la madera y follaje, 7 %, vidrio 5 % y trapos 4 %.

5. Se determinó la densidad suelta y compactada de la clasificación de los desechos, calculando su volumen debido a la relación de la densidad entre masa y volumen, donde se obtuvo una densidad suelta de desechos inorgánicos de  $682,65 \text{ kg/m}^3$  y en la materia orgánica un total de  $125 \text{ kg/m}^3$ , en la densidad compacta variaron los resultados debido a que se ejerce una fuerza sobre ellos, en los desechos inorgánicos se tuvo un total de  $933,12 \text{ kg/m}^3$  y en la materia orgánica  $166,67 \text{ kg/m}^3$ .
6. Para implementar una correcta gestión de desechos sólidos existen diversas metodologías, sin embargo para que las mismas sean eficientes es importante realizar inicialmente, un análisis de los desechos producidos en la institución.
7. Las metodologías propuestas para la escuela son: principalmente la segregación para una correcta clasificación de los desechos colocando recipientes debidamente identificados en lugares estratégicos, de esta forma se impacta globalmente el problema. En segundo lugar se debe implementar la técnica de las 4R, ya que en peso el 41 % son plásticos y 31 % es papel, haciendo un total de 72 % de material reciclable. Finalmente el manejo eficiente del compostaje para el aprovechamiento de la materia orgánica como un abono natural, para proyectos educativos del medio ambiente.
8. Se calculó el promedio de humedad en las muestras analizadas en el laboratorio, arrojando un resultado de 898,50 % y una desviación estándar de 252,08 esto representa valores altos, debido a muchos factores como la cantidad de muestras analizadas (3) y las condiciones del equipo utilizado en el laboratorio.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar el plan de segregación para hacer una correcta gestión de los desechos producidos en la escuela y monitorear, reducir, reusar, reparar y reciclar.
2. Monitorear periódicamente si los desechos sólidos se están depositando en su lugar asignado. En el caso de la escuela se recomienda realizar monitoreos de manera mensual.
3. Implementar el manejo del compostaje en las áreas verdes de la escuela para proyectos educativos y ambientales y aprovechar al máximo, la materia orgánica generada por los estudiantes.
4. Evitar la acumulación de los desechos en recipientes que no estén identificados y designados para el depósito de los mismos.
5. Para futuros ensayos de humedad natural, es recomendable antes revisar los equipos de los laboratorios del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala para que los resultados sean confiables.
6. Para futuros ensayos de humedad natural, es recomendable realizar por lo menos 5 muestras, para aumentar la confiabilidad de resultados.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Acuerdo Gubernativo No. 509-2001. *Reglamento para el manejo de desechos sólidos hospitalarios*, Guatemala 28 de diciembre de 2001. 12 p.
2. ÁNGEL ENRÍQUEZ, Teresa Alejandra. *Caracterización de residuos sólidos domiciliarios del condominio Villas de la Meseta, San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2009. 60 p.
3. BASTERRECHEA, Manuel. *Estudio reforma de la estructura del manejo de residuos sólidos en la cuenca sur del lago de Amatitlán Guatemala*. AMSA. 2012. 335 p.
4. CAMPBELL, N, Lawrence, G, REECE, B. *Biología conceptos y relaciones*. 3a ed. México: Pearson Educación, 2001. 986 p.
5. Congreso de la República de Guatemala. *Código de la Salud. Decreto 90-97*. Guatemala, 1997. 65 p.
6. GREENPEACE. *Manual ciudadano sobre desechos sólidos*. Guatemala: Fondo de Cultura Editorial, 1998. 93 p.

7. GUILLÉN FERNÁNDEZ, Eduardo José. *Manejo de desechos sólidos en el área urbana del municipio de Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 125 p.
8. HERNÁNDEZ, Felicia; PRATT, Lawrence. *Manejo de Desechos Sólidos en Dos Ciudades Centroamericanas: Soluciones del sector de la pequeña y mediana empresa*. Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible. (CLACDS) e INCAE 1998. 26 p.
9. LEONARD, Annie, *Historia de las cosas*, 1a ed. Estados Unidos de Norte América: Tagus, 2007. 92 p.
10. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Documento base del pacto ambiental en Guatemala 2016-2020*. Gobierno de Guatemala: MARN, 2018. 97 p.
11. Municipalidad de Villa Nueva. *Secciones*. [en línea]. <<http://www.villanueva.gob.gt/>>. [Consulta: 19 de abril de 2018].
12. RUIZ HENAO, María Jimena. *Caracterización de residuos sólidos en la cafetería de la universidad de San Buena Aventura Cartagena*, Universidad de San Buena Aventura Cartagena, Facultad de Ciencias de la Salud. 2017. 115 p.
13. SAKURAI, Kunitoshi. HDT 17: *Método sencillo del análisis de residuos sólidos*. CEPIS/OPS. Asesor regional en residuos sólidos 2000. 10 p.

## APÉNDICES

### Apéndice 1. Condiciones de la escuela



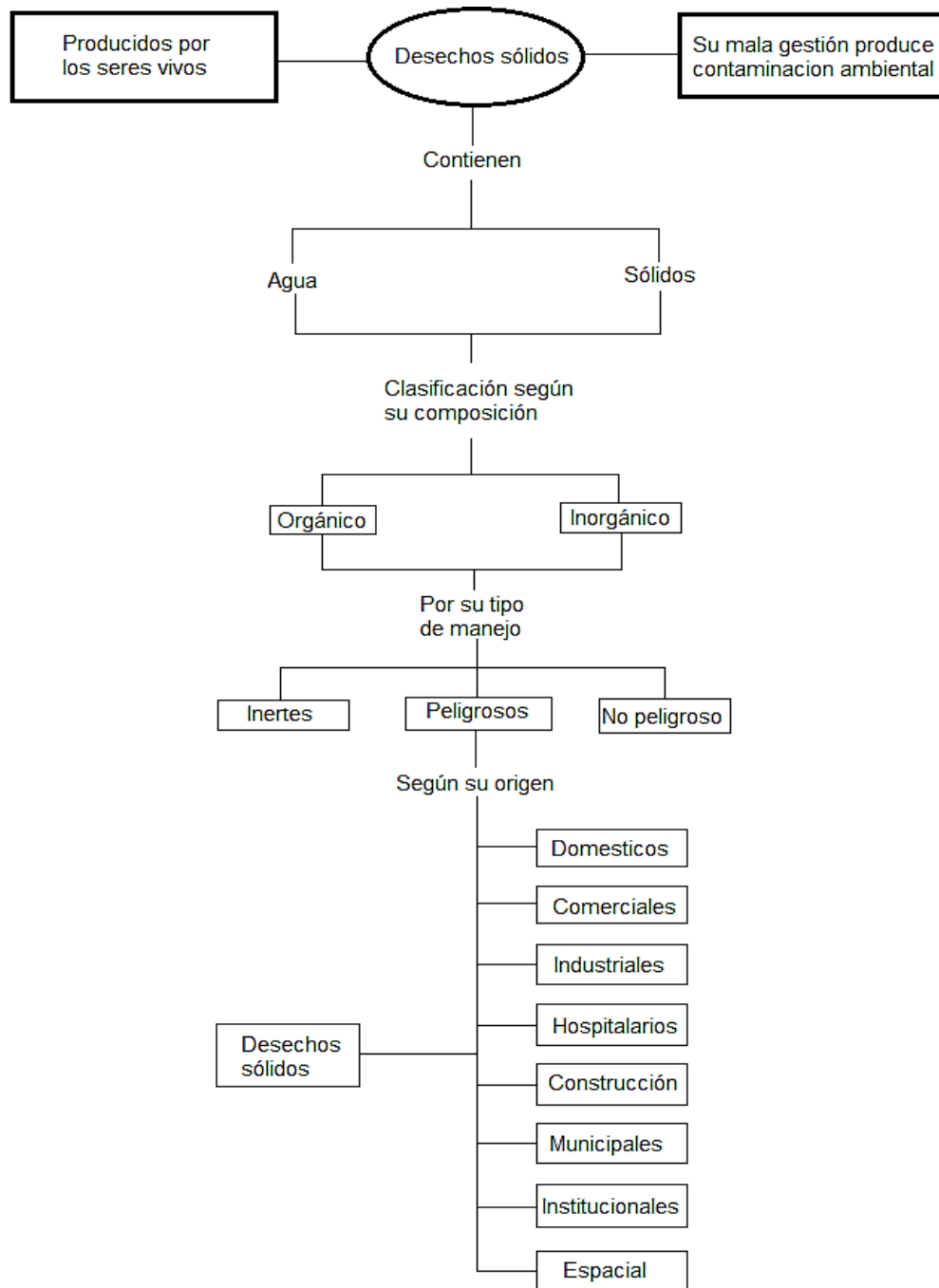
Fuente: elaboración propia, fotografía de la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825.

## Apéndice 2. Días de caracterización



Fuente: elaboración propia, fotografía en la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825.

### Apéndice 3. Mapa mental de desechos sólidos



Fuente: elaboración propia.

#### Apéndice 4. Capacitación en la escuela



Fuente: elaboración propia, fotografía en la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825.

## Apéndice 5. Hoja de datos generales impartida a docentes

### ESTUDIO DE DESECHOS SÓLIDOS EN LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA 824 y 825, CIUDAD PERONIA, VILLA NUEVA, GUATEMALA

Elaborado por: Marco Antonio González González  
Fecha: 16 de agosto de 2018

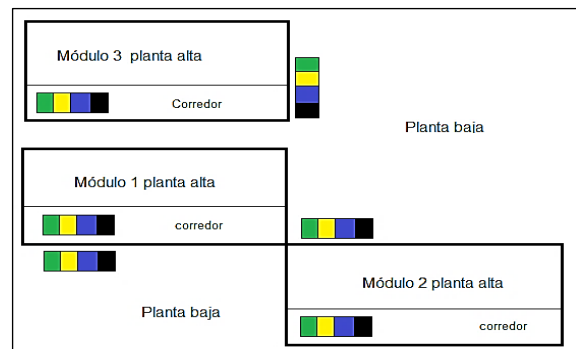
#### Datos generales:

**Generación de desechos por mes:** 1 600 kg

**Materia orgánica:** 10%

**Materia inorgánica:** 90%

Para el aprovechamiento de los desechos generados en la escuela se diseñó el siguiente plan de gestión.






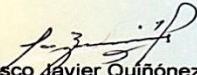

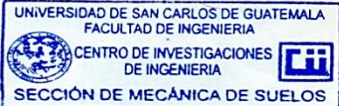
Fuente: elaboración propia.





# ANEXOS

## Anexo 1. Resultados del laboratorio

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>													
		<b>No. 13389</b>												
<b>INFORME No.:</b> 234 S.S.	<b>O.T.:</b> 38,657													
<b>INTERESADO:</b> Marco Antonio González González														
<b>PROYECTO:</b>	Trabajo de graduación "Manejo de desechos solidos en la Escuela Oficial Urbana Mixta 824 y 825 Ciudad Peronia, Villa Nueva"													
<b>UBICACIÓN:</b>	Ciudad Peronia, Villa Nueva													
<b>ASUNTO:</b>	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL													
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-265 ASTM D-2216													
<b>FECHA:</b>	miércoles, 27 de junio de 2018													
<b>RESULTADO DEL ENSAYO:</b>														
<table border="1"><thead><tr><th>Contenido de humedad (%)</th><th>Muestra</th><th>Descripcion del Material</th></tr></thead><tbody><tr><td>1,154.88</td><td>1</td><td>Desecho de Materia Orgánica</td></tr><tr><td>650.95</td><td>2</td><td>Desecho de Materia Orgánica</td></tr><tr><td>889.67</td><td>3</td><td>Desecho de Materia Orgánica</td></tr></tbody></table>	Contenido de humedad (%)	Muestra	Descripcion del Material	1,154.88	1	Desecho de Materia Orgánica	650.95	2	Desecho de Materia Orgánica	889.67	3	Desecho de Materia Orgánica		
Contenido de humedad (%)	Muestra	Descripcion del Material												
1,154.88	1	Desecho de Materia Orgánica												
650.95	2	Desecho de Materia Orgánica												
889.67	3	Desecho de Materia Orgánica												
<b>OBSERVACIONES:</b> Muestra proporcionada por el interesado. Temperatura de secado de 115.0 °C a solicitud del interesado.														
Atentamente,														
 Ing. Omar Enrique Mejarano Méndez Jefe Sección Mecánica de Suelos	 Vo. Bo. Ing. Francisco Javier Quiñonez de La Cruz DIRECTOR CII/USAC													
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA SECCIÓN DE MECÁNICA DE SUELOS														
<small>FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC— Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: <a href="http://cii.usac.edu.gt">http://cii.usac.edu.gt</a></small>														

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala.

## Anexo 2. Ensayo del laboratorio



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, laboratorio de suelos.