

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería



Guía para la evaluación del impacto ambiental de  
construcciones, Parte III

Tomo IV

Reciclaje

Trabajo de graduación presentado por Rafael Eduardo González  
Pereira y Juan Carlos Peláez Cabrera para optar al grado  
académico de Licenciados en Ingeniería Civil

Guatemala,

2012



Guía para la evaluación del impacto ambiental de  
construcciones, Parte III

Tomo IV

Reciclaje

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Guía para la evaluación del impacto ambiental de  
construcciones, Parte III

Tomo IV

Reciclaje

Trabajo de graduación presentado por Rafael Eduardo González  
Pereira y Juan Carlos Peláez Cabrera para optar al grado  
académico de Licenciados en Ingeniería Civil

Guatemala,


2012

Vo. Bo. :

(f)   
Lic. Juan Pablo Blas Arias

Tribunal Examinador:

(f)   
Lic. Juan Pablo Blas Arias

(f)   
Ing. /MBA Roberto Godo

(f)   
Arq. Maria Elena Ortiz Pineda

Fecha de aprobación: Guatemala, 21 de noviembre de 2012

## **PREFACIO**

La realización de esta investigación es la recopilación de información relacionada con el tema de reciclaje.

Deseamos agradecer Al Ing. Roberto Godo, director de carrera, por su apoyo académico durante todos los años de Universidad. El asesoramiento y guía del Arq. Juan Pablo Blas.

A la Universidad del Valle de Guatemala, por ser nuestra casa de estudio durante este tiempo de preparación académica, la cual nos dio los lineamientos y conocimientos para nuestra formación como profesionales.

A nuestra familia, por ser un eslabón importante en nuestras vidas sirviendo como un apoyo incondicional y ser forjadora de principios y valores para lograr ser la persona que somos.

# CONTENIDO

PREFACIO .....	vi
LISTADO DE ILUSTRACIONES .....	xvi
LISTADO DE TABLAS .....	xvii
RESUMEN .....	xviii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	2
A. Objetivos generales .....	2
B. Objetivos específicos .....	2
III. LA BASURA .....	3
A. Clasificación de la basura según su composición .....	3
1. Basura orgánica .....	3
2. Basura inorgánica .....	3
3. Basura peligrosa .....	3
B. Clasificación de la basura según su origen .....	4
1. Basura domiciliaria .....	4
2. Basura industrial .....	4
3. Basura hospitalaria .....	4
4. Basura comercial .....	4
5. Basura urbana .....	4
6. Basura espacial .....	4
C. Efectos de la basura .....	4
1. Efectos a largo plazo .....	5

	2.	Efectos a corto plazo .....	6
D.		Aspectos importantes de la basura .....	6
	1.	¿A dónde van las basuras? .....	6
	a.	Un vertedero .....	6
	b.	Una planta de transferencia .....	6
	c.	Una incineradora .....	7
	d.	Una planta de selección .....	7
	e.	Una planta de compostaje .....	7
	2.	¿Qué es un vertedero? ¿Cómo funciona? .....	7
	a.	Los gases .....	7
	b.	Los lixiviados .....	7
	3.	¿Qué es una incineradora? .....	8
E.		El reciclaje .....	8
	1.	¿Qué es el reciclaje? .....	8
	2.	Tipos de reciclaje .....	9
	a.	Reciclado mecánico .....	9
	b.	Reciclado químico .....	9
	c.	Reciclado energético .....	9
	d.	Contenedores de reciclaje .....	9
	3.	Objetivos del reciclaje .....	10
	4.	Proceso del reciclaje .....	10
	5.	¿Por qué reciclar? .....	10
	6.	Razones por las que vale la pena reciclar .....	11
F.		El reciclaje y el medio ambiente .....	12
	1.	¿Cómo se hace? .....	14

	a.	Reciclaje de acera /áreas de aportación .....	15
	b.	Recogida selectiva a domicilio .....	15
	c.	Recogida de voluminosos a domicilio .....	15
	d.	Punto limpio / centro de recogida .....	15
	e.	Separación de la materia orgánica en origen .....	15
	f.	Recogida de productos domésticos peligrosos .....	15
	g.	Puntos de recogida .....	16
	2.	A dónde llevar los materiales reciclables .....	16
	a.	Áreas de aportación .....	16
	b.	Puntos limpios .....	16
	c.	Si tienes un negocio .....	17
	3.	¿Cómo organizarse en casa? .....	18
G.		El preciclaje .....	19
	1.	Consejos para el preciclaje .....	19
H.		Centros de acopio y reciclaje .....	20
	1.	El uso de las 3 “R” .....	22
	a.	Reducir .....	22
	b.	Reutilizar .....	23
	c.	Reciclar .....	24
I.		Beneficios del reciclaje .....	24
	a.	Reducción del volumen de residuos .....	24
	b.	Preservación de los recursos naturales .....	25
	c.	Reducción de los recursos naturales .....	25
IV.		TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	26
	A.	Definición .....	27

B.	Generalidades .....	27
C.	Tipos residuos sólidos .....	29
	1. Biodegradación .....	29
	2. Destilación .....	30
	3. Incineración .....	30
	4. Fundición .....	31
	5. Abono químico .....	31
D.	RECOLECCIÓN .....	31
E.	CLASIFICACIÓN .....	32
F.	MANEJO .....	33
	1. Tipos de vehículos de recolección .....	34
	2. Equipos de procesamiento .....	35
	3. Embaladoras .....	35
	a. Transportadoras .....	35
	b. Trituradoras .....	36
	c. Compactadoras .....	36
	d. Trituradoras de vidrio .....	36
	e. Prensas y soplantes para latas .....	37
G.	Transferencia y transporte .....	37
	1. Tipos de estaciones de transferencia .....	37
	a. Estaciones de transferencia de carga directa .....	38
	b. Estación de transferencia de carga directa de gran capacidad sin compactación .....	38
	c. Estaciones de transferencia de carga directa de gran capacidad con compactadoras .....	39

d.	Estaciones de transferencia carga directa con capacidad media y pequeña con compactadora .....	39
e.	Estaciones de transferencia de carga directa de baja capacidad utilizadas en zonas rurales .....	39
H.	PROCESOS DE REDUCCIÓN DE RESIDUOS .....	41
1.	Reducción de residuos en la fuente de producción y punto de generación .....	41
a.	Economía .....	41
1)	Reutilización del producto .....	41
2)	Reducción del volumen de material .....	42
3)	Prolongación de la vida útil del producto .....	42
4)	Reducción del grado de consumismo existente .....	42
b.	Reducción de los residuos durante el manejo .....	42
I.	COMPOST .....	43
1.	Descripción del proceso .....	43
2.	Planta de clasificación de compost .....	44
a.	Preparación previa .....	46
1)	Recepción de la fracción orgánica de la basura .....	46
2)	Tromel .....	46
3)	Cabina de selección manual .....	46
4)	Recepción de la fracción vegetal y trituración .....	46
5)	Mezcla y homogenización .....	46
b.	Proceso de compostaje .....	47
1)	Disposición en pilas .....	47
2)	Volteado de las pilas y control de las condiciones	

	ambientales del proceso .....	47
	3) Recogida de los lixiviados y de las aguas pluviales .	47
	4) Cribado del compost maduro .....	47
	5) Compost .....	47
c.	Relleno sanitario .....	49
	1) Tipos de relleno sanitario .....	49
	a) Relleno sanitario mecanizado .....	49
	b) Relleno sanitario semi-mecanizado .....	50
	c) Relleno sanitario manual .....	51
D.	MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE RELLENO SANITARIO .....	52
	1. Método de trinchera o zanja .....	52
	2. Método de área .....	53
	3. Combinación de ambos métodos .....	54
	4. Principios básicos de un relleno sanitario .....	55
	5. Importancia de la cobertura .....	55
	6. Componentes de un relleno sanitario .....	56
	a. Infraestructura periférica .....	56
	1) Vía de acceso .....	56
	2) Drenaje perimetral .....	56
	b. Infraestructura del relleno .....	56
	1) Drenaje y manejo del lixiviado .....	56
	2) Drenaje de gases .....	57
	3) Suelo de soporte .....	57
	4) Material de cobertura .....	57
	5) Área de terreno .....	57

V.	RECICLAJE DE MATERIALES .....	58
A.	Metal .....	58
	1. Chatarra .....	58
	2. Aluminio .....	59
	3. Hojalata .....	60
	4. Acero .....	60
	a. El ciclo de reciclaje en el acero .....	61
	1) Reciclaje de las latas de acero para múltiples alternativas comerciales .....	61
	2) Usos finales alternativos para las latas de acero .....	62
	5. Otros metales .....	62
B.	Vidrio .....	62
	1. Otros tipos de vidrio .....	64
C.	Plástico .....	64
	1. ¿Qué es el plástico? .....	65
	2. ¿Cuántos tipos de plástico existen? .....	65
	3. ¿Cómo se recicla? .....	66
	4. Botellas de plástico .....	66
	5. Envoltorios plásticos .....	67
	6. Tapas y tapones .....	68
	7. Vasos y bandejas .....	69
	8. Otros artículos de plástico .....	69
D.	Papel .....	70
	1. ¿Cómo se fabrica? .....	70
	2. ¿Cómo se recicla? .....	71

3.	Papel de oficina y revistas .....	71
4.	Cajas de cartón .....	73
E.	Otros materiales reciclables .....	75
1.	La ropa .....	75
2.	El plomo .....	76
3.	Residuos domésticos peligrosos .....	76
4.	Anticongelantes .....	77
5.	Aceites lubricantes .....	77
6.	Pinturas .....	78
7.	Neumáticos .....	78
8.	Derivados del material reciclado .....	78
F.	Proyectos de reciclaje .....	78
1.	Recuperación de algunos materiales en la construcción .....	79
a.	Prácticas para el reciclaje de los escombros de demolición ..	80
1)	Prácticas en la demolición de edificios .....	80
a)	Concreto .....	80
b)	Agregados reciclados .....	81
c)	Características .....	82
d.	Resistencia a la compresión .....	82
e.	Metales de tejados .....	82
f.	Aceros y materiales no férreos .....	83
g.	Madera .....	83
h.	Papel .....	86
i.	Metales ferrosos .....	87
1)	Proceso de reciclaje de acero .....	87

	k.	Residuos de construcción y demolición .....	87
	2.	Posibilidades de reutilización de reciclaje .....	88
	a.	Asfalto .....	88
		Mezcla asfáltica reciclada .....	88
	b.	Cartón de yeso .....	88
	c.	Metales .....	89
	d.	Especificaciones para residuos de construcción y demolición recuperados .....	89
VI.		DISPOSICIÓN FINAL .....	90
	A.	De un botadero a cielo abierto, a un relleno sanitario .....	90
	1.	Botadero a cielo abierto .....	90
	2.	Clausura de un botadero a cielo abierto .....	91
	B.	Disposición final en Guatemala .....	92
	1.	Empresas y proyectos en Guatemala .....	93
	2.	NIMYB .....	94
	3.	Disposición de la basura .....	95
VII.		CONCLUSIONES .....	99
VIII.		RECOMENDACIONES .....	100
IX.		BIBLIOGRAFÍA .....	101
X.		ANEXOS .....	105

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

No.		Página
1.	Límites de funcionamiento de las plantas de compostaje .....	45
2.	Clasificación del compostaje industrial .....	45
3.	Esquema de la preparación y proceso de compostaje .....	48
4.	Relleno sanitario operado con equipo pesado .....	50
5.	Tractor agrícola adaptado para las operaciones del relleno sanitario .....	51
6.	Remolque enganchado a un tractor agrícola para la recolección de basura .....	51
7.	Método de trinchera para construir un relleno sanitario .....	52
8.	Método de área para construir un relleno sanitario .....	53
9.	Método de área para rellenar depresiones .....	54
10.	Combinación de ambos métodos para relleno sanitario .....	54
11.	Producción de agregado de concreto reciclado .....	82
12.	Usos de madera reciclada .....	84
13.	Recolección Municipal de basura en el Departamento de Guatemala .....	96
14.	Recolección Municipal de basura en la Ciudad de Guatemala .....	97
15.	Residuos y desechos generados en los departamentos, año 2009 .....	111
16.	Porcentajes de los residuos y desechos orgánicos en los departamentos, año 2009 .....	112
17.	Porcentaje de camiones ingresados al basurero municipal de la Z. 3, año 2009 .....	115
18.	Porcentaje del volumen estimado de desechos sólidos ingresado al basurero municipal Z. 3, año 2009 .....	117
19.	Destino de los residuos y desechos sólidos que ingresan al relleno sanitario de Bárcenas, Año 2009 .....	120

## LISTADO DE TABLAS

No.		Página
1.	Centros de acopio y recolección .....	20
2.	Tiempo de biodegradación para cada tipo de desecho .....	29
3.	Disposición final por departamento de la basura domiciliar .....	105
4.	Porcentajes disposición final por departamento de la basura domiciliar .....	106
5.	Tipo de desecho en la basura domiciliar por departamento .....	107
6.	Porcentajes tipo de desecho en la basura domiciliar por departamento .....	108
7.	Estimación total de las toneladas de la disposición final de la basura domiciliar en el Departamento de Guatemala .....	109
8.	Estimación total de las toneladas de la composición de la basura domiciliar en el Departamento de Guatemala .....	110
9.	Generación de residuos y desechos sólidos por sectores de la economía .....	113
10.	Número de viajes de camiones que ingresaron al basurero municipal de la zona 3, año 2009 .....	114
11.	Volumen estimado mensual de desechos sólidos ingresados al basurero municipal Z. 3 .	116
12.	Peso y composición de los residuos y desechos sólidos que ingresaron al relleno sanitario de Barcenas, Villa Nueva .....	118
13.	Peso y composición de los residuos y desechos sólidos que ingresaron al relleno sanitario de Barcenas, Villa Nueva por departamento .....	119

## **RESUMEN**

El presente trabajo muestra los distintos residuos los cuales pueden ser útiles mediante el reciclaje en procesos de construcción. Al dar un mejor uso y a la vez aprovecharlos, se deben utilizar documentos que sirvan de apoyo y guía para así darle una mejor reutilización a lo material, y así ayudar también a detener el deterioro que sufre nuestro país.

El primer volumen, los temas de recolección, manejo, clasificación y transporte de materiales reciclables, mientras que el segundo volumen, se trata de los temas de los procesos del reciclaje.

Se mostrará también los distintos usos que estos pueden tener ya que habrá un mejor aprovechamiento en los recursos de construcción y recursos naturales.

En este informe, se desarrollan los temas desde un punto de vista secuencial. Empezando por definir que es la basura, luego que es el reciclaje, tratamiento, procesos y disposición final de los desechos. Se puede tomar como una secuencia, ya que los temas se tratan en el mismo orden en el que sucede la transformación de la basura y desechos sólidos

Se analizarán las distintas empresas dedicadas a este trabajo en nuestro país y con esto lograr mostrar lo importante que es el reciclaje tanto de materiales de construcción como de los distintos desechos a los cuales se les puede dar un nuevo uso. Y para dar a conocer los distintos usos y tomar decisiones sobre el reciclado para poder así desarrollarnos como una mejor sociedad.

# I. INTRODUCCIÓN

La lista de problemas que afectan nuestro medio ambiente, es larga y variada. Entre estos podemos nombrar la destrucción de la capa de ozono, el cambio climático y el recalentamiento de la tierra, la amenaza de extinción de especies animales y vegetales, la contaminación del aire y el agua, el desgaste de los suelos, el ruido, la acumulación de desechos sólidos (domésticos, industriales, hospitalarios, etc.), entre otros.

Es importante que la gente empiece a tomar conciencia para poder cambiar el ciclo tradicional de adquirir, consumir y desechar, pero tener conciencia de la importancia de reciclar para el beneficio de nuestro medio ambiente debido a que los períodos de descomposición de los materiales no biodegradables son excesivamente largos y al no introducirlos al ciclo del reciclado estamos contribuyendo al deterioro del planeta y los recursos naturales.

En Guatemala, un país en vías de desarrollo, el ritmo de crecimiento del problema de los desechos sólidos aumenta más rápido que las soluciones con los que se combate el mismo. El acelerado proceso de urbanización, el crecimiento industrial y la modificación de los patrones de consumo han causado un acelerado incremento en la generación de residuos sólidos por habitante. Desafortunadamente, no han crecido proporcionalmente la conciencia ciudadana, el ejercicio de la responsabilidad individual, ni las capacidades financieras y administrativas para dar una solución adecuada al problema del manejo del volumen cada vez más grande de los desechos sólidos que producimos. Por eso el tema de los desechos sólidos se ha convertido en uno de los principales problemas ambientales y sociales de la era moderna.

En la última década el reciclaje de residuos ha aumentado considerablemente, y más sociedades han adoptado esta modalidad. Lo más importante es que las personas tengan conciencia que al reciclar están realizando un aporte para la sociedad y para las generaciones futuras.

Con este informe, se pretende profundizar sobre el impacto del mal manejo de los desechos sólidos en la calidad de vida de la población guatemalteca, plantear que existen propuestas efectivas para disminuir el problema objeto de estudio y proponer estrategias basadas en cambios de nuestros hábitos de consumo y producción a partir de lo cual se podrán desarrollar nuevas conductas sociales, que permitan prevenir, reducir, manejar y recuperar de manera cada vez más eficiente los desechos del metabolismo de nuestra sociedad.

## **II. OBJETIVOS**

### **A. Objetivo generales**

1. Realizar una investigación para determinar los procesos de reciclaje en el sector de la industria y la construcción en Guatemala.

### **B. Objetivos específicos**

1. Conocer y estudiar cada proceso de recolección y las distintas formas que actualmente se usan en Guatemala.
2. Analizar y determinar los procesos de clasificación y como afectan al medio ambiente.
3. Determinar qué posibilidad de reciclaje existe en la disposición final de los desechos producidos en Guatemala (Basurero Zona 3).
4. Investigar si en Guatemala se cuenta con la tecnología y los recursos para darle un tratamiento apropiado a los materiales y desechos producidos en los diferentes sectores de la industria y la construcción.

### III. LA BASURA

La basura también es conocida como residuo y se define como cualquier tipo de material generado por la actividad humana el cual está destinado a ser desechado. Es todo material, producto o elemento que después de haber sido producido, manipulado o usado no tiene valor para quien lo posee y por ello se desecha. Normalmente la basura se deposita en lugares previstos para la recolección y para así ser canalizada a vertederos y rellenos sanitarios. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

Las personas generan grandes cantidades de residuos y la mayor parte termina en un vertedero: Aproximadamente se admite que cada persona genera 1 kg por día. Muchos de todos estos residuos podrían haberse evitado con un consumo más responsable, para evitar así los embalajes superfluos, envases no retornables y productos los cuales son usados una vez. (Fischer, 2000)

#### A. Clasificación de la basura según su composición

1. **Basura orgánica.** Es todo desecho de origen biológico, es decir que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo. Por ejemplo: Hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

2. **Basura inorgánica.** Es todo desecho de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural. Por ejemplo: Plástico, telas sintéticas. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

3. **Basura peligrosa.** Todo desecho de origen biológico o no, que constituye un peligro potencial y por lo cual debe ser tratado de forma especial. Por ejemplo: Residuo radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

## B. Clasificación de la basura según su origen

1. **Basura domiciliaria.** Residuo proveniente de los hogares y/o comunidades. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

2. **Basura industrial.** Su origen es producto de la manufactura o proceso de transformación de la materia prima. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

3. **Basura hospitalaria.** Desechos que son catalogados por lo general como residuos peligrosos y pueden ser orgánicos e inorgánicos. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

4. **Basura comercial.** Desechos provenientes de ferias, oficinas, tiendas, etc., y cuya composición es orgánica, tales como restos de frutas, verduras, cartones, papeles, etc. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

5. **Basura urbana.** Correspondiente a las poblaciones, como desechos de parques y jardines, mobiliario urbano inservible. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

6. **Basura espacial.** Objetos y fragmentos artificiales de origen humano que ya no tienen ninguna utilidad y se encuentran en órbita terrestre. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

## C. Efectos de la basura

La mayoría de las actividades que el ser humano desempeña son generadoras de basura, el problema principal consiste en la gran cantidad de desechos producidos, que directamente afectarán el medio ambiente, ya sea en la calidad del aire cuando llegan a él gases provenientes de la descomposición de la basura, del suelo cuando los desechos se incorporan a él, o del agua si los residuos se vierten en ella. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

**1. Efectos a largo plazo.** El manejo de la basura se resume a un ciclo que comienza con su generación y acumulación temporal, posteriormente su recolección, transporte y termina con la acumulación final de la misma. Es a partir de la acumulación que comienzan los problemas ecológicos, puesto que los basureros se convierten en focos permanentes de contaminación. La basura causa problemas ambientales que afectan al suelo, agua y al aire. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

Uno de los efectos a largo plazo que provoca la basura es la contaminación del aire. Cuando se descomponen los residuos orgánicos se desprenden gases tipo invernadero, entre ellos están el metano proviene de la descomposición de la materia orgánica por acción de las bacterias, emana de los rellenos sanitarios, es producto de la quema de basura, la excreción de animales y del uso de estufas y calentadores; el óxido nitroso se libera por excesivo uso de fertilizantes, está presente en los desechos orgánicos de animales, llega al aire por la putrefacción y la quema de basura orgánica y también se tiene el dióxido de carbono es el gas más abundante y el más que más daños ocasiona, pues además de su toxicidad permanece en la atmósfera cerca de quinientos años, lo genera la combustión de petróleo, quema de basura, tala inmoderada y la descomposición de la materia orgánica. Estos gases contribuyen a atrapar el calor generado por los rayos solares en la atmósfera, es un proceso llamado efecto invernadero.

Este fenómeno contribuye a los cambios climáticos que se presentan en la actualidad, y no solo altera las temperaturas, también las lluvias, los vientos, la humedad e incluso los ecosistemas. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

Los gases tipo invernadero son componentes naturales de la atmósfera, el problema reside en la elevada concentración de los mismos, debido a las grandes cantidades de basura que producimos los seres humanos. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

Otro efecto de la basura es sobre el suelo, los desechos y residuos materiales que se depositan en la tierra, se descomponen y la dañan, ocasionando problemas ambientales, ya que en ella viven la mayoría de organismos, incluyendo al ser humano, tomando en cuenta que de ella se obtienen gran parte de los recursos utilizados para la alimentación. Los desechos orgánicos e inorgánicos que se arrojan en la naturaleza, modifican sus condiciones y provocan situaciones que van desde la erosión hasta la extinción de las especies. Los depósitos de basura al aire libre acaban con el hábitat natural de los organismos, sino también acaban con los integrantes de las cadenas alimentarias, en consecuencia, el ser humano tendrá menos recursos para alimentarse, se dará lugar a la creación de nuevos componentes químicos que provocarán la contaminación del medio y que permitirán que el suelo pierda muchas de sus propiedades como su friabilidad, textura, porosidad, permeabilidad y la concentración de macro y micronutrientes. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

**2. Efectos a corto plazo.** La contaminación del agua es un efecto a corto plazo, esta contaminación se debe a las actividades industriales, así como residuos domésticos, que al verterse en ella modifican su composición química, haciéndola inadecuada para el consumo, riego o para la vida de muchos organismos. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

Al depositar la basura orgánica en el agua, ésta atrae a un gran número de bacterias y protozoarios que se alimentan con estos desechos, su actividad aumenta su reproducción y con ello crece su población, en consecuencia consumen un mayor volumen de oxígeno en el agua, causando la muerte de muchos peces. La fermentación ocasiona que el agua se vuelva turbia, que despidan olores fétidos y a su vez origina la muerte de muchos peces lo cual afectará en alguna medida la economía del hombre. Las aguas negras o aguas ya utilizadas para el aseo personal o que provienen de los sanitarios, pueden ser peligrosas por los restos de excremento que contienen, lo cual provoca enfermedades como el cólera, amebiasis, tifoidea, entre otras enfermedades. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

## **D. Aspectos importantes de la basura**

Pasa el basurero. En la mayoría de los casos, nuestra preocupación es limitada a sacar la bolsa y dejarla frente a la casa o dentro de un contenedor cercano; al siguiente día este desapareció y no hace falta que nos preocupemos más por esos desechos. La mayoría de personas pocas veces se ha puesto a pensar a dónde va y que es lo que a esta le sucede cuando llega a su destino. Nuestro principal interés es deshacernos de ella. (Fischer, 2000)

**1. ¿A dónde van las basuras?** Una vez que la basura es recogida, ésta puede tener varios destinos:

**a. Un vertedero.** En nuestro país más del 65% de las basuras generadas va a un vertedero, si bien se observa que esta tendría que ir disminuyendo. Regularmente se espera que esta disminuya en un 5% los próximos 5 años. (Fischer, 2000)

**b. Una planta de transferencia.** Esta se utiliza cuando debido a la distancia, si el vertedero más cercano queda lejos y el transporte de la basura por lo tanto, resulta caro, estos desechos son llevados a una instalación en donde se centralizan los residuos de varios municipios, esta se prensa y se carga en camiones, para poder así optimizar el transporte hacia la otra instalación. (Fischer, 2000)

c. **Una incineradora.** En la actualidad, menos del 24% de los residuos municipales son quemados.

d. **Una planta de selección.** Estos son los principales centros de recuperación de materiales, es acá en donde se separan los materiales reciclables del resto de basura, se limpian y luego son compactados (se emban) y se preparan para poder así ser transportados a un lugar de reciclaje. (Fischer, 2000)

e. **Una planta de compostaje.** Esta instalación es en donde se reciclan los residuos orgánicos procedentes de la recaudación selectiva, mediante un proceso controlado de fermentación para obtener compost. (Fischer, 2000)

**2. ¿Qué es un vertedero? ¿Cómo funciona?** Generalmente estos son simplemente agujeros en el suelo, hechos específicamente para la basura; en otros casos estos se suelen aprovechar de antiguas canteras y minas, así como cañones o valles naturales. (Hudson, 1997)

Los primeros vertederos eran simple agujeros a cielo abierto que regularmente se cubrirán con tierra para lograr así tapar la basura y evitar así las moscas, ratas y los malos olores. (Hudson, 1997)

En la actualidad los nuevos vertederos o depósitos controlados tienen el fondo cubierto con un plástico. La basura es colocada en celdas y, cuando esta está llena, se le hace un recubrimiento de tierra. Cuando el vertedero está completo, se cubre en su totalidad con una capa de tierra para que pueda crecer la vegetación y poder así prevenir la erosión. Finalmente, es nivelada la superficie para que el agua de lluvia no se pueda estancar. (Hudson, 1997)

Actualmente, las condiciones para la autorización de un vertedero son muy estrictas. En el caso de los residuos municipales: la impermeabilización del vaso con plástico, lecho de gravas, tuberías para el drenaje de los lixiviados, chimenea de evacuación de gases, y otros. (Hudson, 1977) (Ladreda, 2008)

a. **Los gases.** Al descomponerse, la basura genera metano y gases sulfurosos los cuales desprenden malos olores. Además, estos gases son un grave peligro de incendio o explosión y contribuyen a crear niebla así como al calentamiento global del planeta. (Fischer, 2000)

En algunos vertederos se han colocado tuberías para poder así controlar estos gases, los cuales son extraídos y luego quemados. En otros, se trabaja en la puesta en marcha del aprovechamiento del llamado biogás para poder así producir electricidad. Igualmente es aprovechado como combustible de vehículos. (Fischer, 2000)

b. **Los lixiviados.** Regularmente en los vertederos cuando el agua de lluvia se mezcla con la basura descompuesta, se forma un líquido el cual es denominado lixiviados. (Fischer, 2000)

Este “caldo” potente el cual contiene varias sustancias químicas mezcladas, debe de ser recogido en un estanque situado al pie del vertedero, para luego pasar así a un proceso de tratamiento en una planta la cual está situada dentro del mismo vertedero. Los vertederos los cuales poseen un poco de volumen transportan periódicamente los residuos hasta una depuradora, o pasan por el vertedero de una estación depuradora móvil, para poder así ser tardado antes de poderse desechar en el alcantarillado público. (Fischer, 2000)

**3. ¿Qué es una incineradora?** Es una instalación la cual se utiliza para la combustión controlada de los residuos no reciclables los cuales se transforman en gases, cenizas y escorias. Estos son como hornos gigantes, de alta tecnología, controlados por un ordenador. (Fischer, 2000)

Son denominados también como plantas de valorización energética, ya que el calor de la combustión se puede aprovechar para hervir agua hasta convertirla en vapor, este hace girar un turbina y así generar electricidad. Además de generar electricidad, hay otro tipo de aprovechamiento posible, el cual es la utilización de agua caliente para calefacción. (Fischer, 2000)

Las incineradoras reducen la cantidad de residuos en un 75% aproximadamente. Del 25% restante, un 5% es ceniza muy tóxica. Estas cenizas pasan por un proceso de energización y después es dirigido a un vertedero de residuos especiales. El otro 20% es escoria las cuales pasan por un proceso de maduración y es aprovechada en gran parte para relleno de carreteras. También en la escoria se encuentran una gran cantidad de metales los cuales se puede reciclar. Los humos y gases también son peligrosos, ya que pueden contener hasta 27 metales pesados, gases ácidos, monóxido de carbono y dioxinas, por lo que antes de ser expulsados estos a la atmósfera son lavados y depurados. (Fischer, 2000)

## **E. Reciclaje**

**1. ¿Qué es el reciclaje?** Reciclaje es una palabra que todas las personas utilizan y que realmente nadie se preocupa por definir por lo que para cada persona tiene un diferente significado. (Calvo, 2000)

**Definición oficial.** Reciclaje engloba los conceptos de recogida selectiva, recuperación, tratamiento y aprovechamiento o de materiales que anteriormente se consideraban basura. (Fischer, 2000)

**Definición clásica.** El mismo material que se utiliza varias veces para hacer el mismo producto o uno equivalente. Esto reduce la cantidad de materias primas que se necesitan para la fabricación. Los mejores ejemplos son las latas de aluminio y las botellas de vidrio. (Fischer, 2000)

**Definición referente al plástico.** Reciclaje de un solo uso. Un envase de plástico tan sólo se utiliza una vez como tal, después el material se utiliza en un producto nuevo y diferente. Esto aparta temporalmente el material de los vertederos, pero no reduce los recursos que se utilizan para seguir fabricando el producto original. (Fischer, 2000)

Definición para los fabricantes. Si una industria utiliza el mismo material dos veces, consideran que han reciclado. La consideración es la misma para utilizar restos de materiales. (Fischer, 2000)

**Definición breve.** Reutilizar algo.

## 2. Tipos de reciclaje

**a. Reciclado mecánico.** Es el proceso de reciclado más utilizado, el cual consiste en varias etapas de separación, limpieza y molido. (Muñoz, 2011)

**b. Reciclado químico.** Para el reciclado químico, se han desarrollado distintos procesos. Dos de ellos, la metanálisis y la glicólisis, se llevan a cabo a escala industrial. Se deshace o depolimeriza: se separan las moléculas que lo componen y éstas se emplean para fabricar otra vez. Dependiendo de su pureza, este material puede usarse, incluso, para el envasado de alimentos. (Muñoz, 2011)

**c. Reciclado energético.** En cuanto al uso combustible alternativo, los envases pueden emplearse para generar energía ya que este material tiene un poder calorífico de 6.3 kcal/kg. y puede realizar una combustión eficiente. Esto es posible ya que durante su fabricación se emplean aditivos ni modificadores, lo cual permite que las emisiones de la combustión no sean tóxicas, obteniéndose tan sólo dióxido de carbono y vapor de agua. (Muñoz, 2011)

**d. Contenedores de reciclaje.** Para la separación en origen doméstico se usan contenedores de distintos colores ubicados en entornos urbanos o rurales: (Muñoz, 2011)

- Contenedor amarillo (envases). En éste se deben depositar todo tipo de envases ligeros como los envases de plástico (botellas, bolsas, bandejas), y latas (bebidas conservadas, bebidas carbonatadas).
- Contenedor azul (papel y carbón). En este contenedor se deben depositar los envases de cartón (cajas, bandejas, entre otros, así como los periódicos, revistas, papeles de envolver, propaganda. Es aconsejable plegar las cajas de manera que ocupen el mínimo espacio dentro del contenedor.

- Contenedor verde claro (vidrio). En este contenedor se deposita vidrio. Tienen cabida en los grupos anteriores, fundamentalmente materia biodegradable.

### 3. **Objetivos del reciclaje**

- a. Disminución del volumen de residuos ya que lo que se recicla puede ser reutilizado.
- b. A mayor reciclaje, menos residuos a eliminar.
- c. Ahorrar energía mediante la utilización de residuos desechables para crearla.
- d. Frenar la contaminación: cuanto menos combustible fósil se utilice menor será la contaminación.
- e. Reducir el consumo de recursos naturales, los cuales se están despilfarrando de forma continuada en los procesos de producción.

**4. Proceso de reciclaje.** Es un procedimiento que consiste en la separación inicial de los residuos, la recogida de los contenedores donde se depositan y la separación para su futura reutilización.

Este proceso también recibe el nombre de reciclado y se lleva a cabo en las distintas plantas de reciclaje existentes. Es una medida ecológica para favorecer la reutilización que lleva consigo la disminución de residuos y la reducción del consumo de recursos naturales.

**5. ¿Por qué reciclar?** Simplemente todas las personas debemos hacer algo con la basura que generamos: los vertederos cada vez se llenan más y lo que se recicla ahorra espacio en los vertederos. (Calvo, 2000)

La recolecta selectiva es la principal herramienta para que no acaben en el vertedero o la incineradora aquellas fracciones de residuos que podemos reutilizar y poder así ser aprovechadas y recicladas, ni los residuos de especial toxicidad y peligrosidad. La recolecta selectiva nos permite que todos aquellos residuos que no hemos podido evitar dejen, al menos, de ser un problema para nuestro medio ambiente. (Calvo, 2000)

La recolecta selectiva es la principal herramienta para que no acaben en el vertedero o la incineradora aquellas fracciones de residuos que podemos reutilizar y poder así ser aprovechadas y recicladas, ni los residuos de especial toxicidad y peligrosidad. La recolecta selectiva nos permite que todos aquellos residuos que no hemos podido evitar dejen, al menos, de ser un problema para nuestro medio ambiente. (Calvo, 2000)

## 6. Razones por las que vale la pena reciclar:

**La excesiva cantidad de basura.** Con la cantidad de basura que se produce en una ciudad como Guatemala se podrían llenar un campo de fútbol hasta una altura de 300 metros. (Fischer, 2000)

En el transcurso de la vida, un ciudadano medio tira 300 veces su peso en basura. Lo que equivale a decir que una persona que pese 75 kg dejará a sus hijos una herencia de 22,500 kg de basura. (Fischer, 2000)

**No queda espacio.** Tradicionalmente, hemos enterrado gran parte de las basuras en vertederos, pero estos se están llenando, mucho se han cerrado y no es fácil encontrar nuevos espacios, debido a que hay que considerar la idoneidad del lugar y el rechazo de la población. (Fischer, 2000)

**Primero, la seguridad.** Simplemente aunque existieran la suficiente cantidad de vertederos, siempre existirían peligros para la salud y la seguridad de todas las personas. (Fischer, 2000)

**El tema de la incineración.** Las incineradoras pueden ser una gran fuente importante de contaminación si éstas expulsan los gases los cuales ayudan a generar la lluvia ácida, metales pesados tóxicos y dioxinas. Evitar que esta gran cantidad de gases sean expulsados a la atmosfera tiene un precio económico demasiado alto. (Fischer, 2000)

**Es de sentido común.** A diferencia de los vertederos, los cuales se limitan a amontonar las basuras, o la incineración, la cual se encarga de expulsar gases perjudiciales y la cual deja cenizas tóxicas, el reciclaje elimina totalmente estos residuos y los puede convertir así en productos útiles. (Fischer, 2000)

**Es rápido.** Absorbe menos tiempo que el todas las personas creen. Un estudio realizado en Estados Unidos demostraba que el tiempo utilizado por una persona es de tan sólo 73 minutos al mes, poco más de dos minutos al día. (Fischer, 2000)

**Es barato.** El reciclaje es más barato que los vertederos o la misma incineración, e incluso de este podemos obtener una gran cantidad de beneficios. El reciclaje el cual se hace en las ciudades hace que los consumidores ahorren. Cuanto menos basura haya, menos habrá que pagar por deshacerse de ella. (Fischer, 2000)

**Puede salvar los recursos naturales.** Se puede lograr hacer aluminio a partir de las latas de aluminio, o así mismo de un mineral llamado bauxita. Con la cantidad de este mineral que utilizamos, desaparecerá la Tierra en 200 ó 300 años. (Fischer, 2000)

Podemos utilizar también el papel viejo para fabricar así uno nuevo, o podemos seguir cortando árboles y destruir así nuestro medio ambiente, paisajes, bosques, etc. En América cada día se cortan dos millones de árboles y se tiran unos 42 millones de periódicos. (Fischer, 2000)

También podemos refinar el aceite lubricante usado, o también podemos continuar utilizando aceite virgen para producirlo. Con el petróleo que utilizamos, esta estimado que las reservas del mundo solo podrán durar tan solo unos 35 años. (Fischer, 2000)

**Ahorra energía.** Unos de los beneficios más directos que logramos con el reciclaje es el ahorro de energía. Por ejemplo:

En Estados Unidos, con el reciclaje de acero se ahorra cada año la energía suficiente para suministrar la electricidad a Los Ángeles para un período de 10 años. Para logra fabricar una tonelada de papel reciclado se utiliza tan sólo el 60% de la energía la cual se necesita para poder así fabricar una tonelada de papel virgen. Simplemente con el reciclaje de una sola lata de aluminio se ahorra energía suficiente par poder hacer funcionar un televisor durante unas tres horas. El reciclaje de vidrio reduce la temperatura de fusión del vidrio nuevo y hace un ahorro del 32% de la energía necesaria para su producción. (Fischer, 2000)

## **F. Reciclaje y el medio ambiente**

Problema: **Efecto invernadero**

La Tierra se está calentando. Uno de los motivos principales es el efecto invernadero que se produce cuando gases como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano son expulsados a la atmósfera. Estos gases pueden actuar como las paredes de un invernadero: los rayos del sol entran, pero debido a las paredes, el calor no puede salir. (Ladreda, 2008)

Causas

El dióxido de carbono es expulsado cuando se quema carbón, petróleo y gas natural. El gas metano se forma al descomponerse la basura en los vertederos a los que se lleva la basura. (Ladreda, 2008)

### Conexión

El reciclaje nos ayuda a ahorrar energía durante el proceso de su fabricación; (una tonelada de aluminio reciclado ahorra el 95% de la energía que se necesita para la fabricación de aluminio nuevo); por tanto, se expulsa una menor cantidad de dióxido de carbono. El reciclaje definitivamente ayuda a disminuir la cantidad de basura en los vertederos. Por lo que cuanto menos basura hay, menos gases esta genera. (Fischer, 2000; Ladreda, 2008)

### Problema: **La contaminación del agua**

La mayoría de las personas utilizan las aguas subterráneas como agua potable, pero estas aguas se pueden llegar a contaminar. (Ladreda, 2008)

### Causas

Las sustancias químicas peligrosas que las fabricas desechan; aceite, lubricante usado; anticongelantes; pinturas; lixiviados de los vertederos mezclados con la lluvia, y otra gran cantidad de desechos. (Ladreda, 2008)

### Conexión

El reciclaje de una gran cantidad de productos peligrosos evita que estos puedan llegar a las aguas subterráneas. (Ladreda, 2008)

El reciclaje además supone menos lixiviados que contaminan las aguas. El reciclaje significa simplemente disminución de residuos industriales en el agua (si se recicla un tonelada de papel de oficina se evita la utilización de 26,000 litros agua en el proceso de fabricación del papel y se reducen así los productos blanqueadores, lo cual muestra una disminución importante en dioxinas en el agua). (Fischer, 2000)

### Problema: **La disminución del ozono**

Por encima de nuestro planeta Tierra se encuentra una capa de gas de ozono la cual se encarga de protegernos de los peligrosos rayos ultravioletas. Esta capa se está destruyendo debido a la gran cantidad de gases producidos por el hombre y los denominados clorofluorocarbonos (CFCs y HCFCs). Esto es una gran amenaza para la salud humana, para las cosechas y la fauna salvaje. (Ladreda, 2008)

### Causas

Los aparatos de aire acondicionado y refrigeradores son los principales productos con CFCs y HCFCs. (Ladreda, 2008)

### Conexión

Simplemente si se reciclarán los frigoríficos y los aparatos de aire acondicionado de los distintos lugares incluyendo automóviles, se recuperan los CFCs y se evita que estos se expulsen a la atmósfera. (Fischer, 2000)

Además también se necesitan más disolventes para poder así procesar materia primas que recicladas. Por consiguiente, cuantos menos productos fabriquemos a partir de materiales vírgenes, menos disolventes utilizaremos y, en consecuencia, menos CFCs. (Ladreda, 2008)

### Problema: **La erosión del suelo**

Está estimado que en Estados Unidos se pierde cada año tierra suficiente como para llenar 50 millones de vagones. Cuando esta tierra a parar al agua, perjudica a los peces y contamina así el agua potable. (Fischer, 2000)

### Causas

Al momento de podar un bosque, los árboles que sostenían la tierra en su lugar ya no están y la erosión hace que esta tierra termine en los ríos y lagos. (Fischer, 2000)

### Conexión

Con la reutilización del papel y los productos hechos a base de madera se cortan menos árboles y así la tierra se conservará. (Fischer, 2000)

### Problema: **La lluvia ácida**

Los gases los cuales denominamos óxido de azufre y óxido de nitrógeno se mezclan con las gotas de humedad que hay en la atmósfera. Cuando la humedad cae en forma de lluvia o nieve, los gases ácidos caen con ella y esto perjudica a la fauna y a la flora de la Tierra. Se ha determinado que en algunos lugares, la lluvia es tan ácida como el zumo del limón. (Ladreda, 2008)

### Causas

Los gases emitidos por los automóviles, las distintas fábricas y las centrales energéticas al quemar los combustibles fósiles. (Ladreda, 2008)

### Conexión

El reciclaje utiliza menos energía en los proceso de fabricación, por lo tanto, al quemar una menor cantidad de combustibles fósiles, reduce la lluvia ácida. (Ladreda, 2008)

**1. ¿Cómo se hace?** Cuando se menciona la palabra reciclaje empleada por las personas que se dedican al mismo en la mayoría de casos se refieren a diferentes servicios de recogidas, regularmente utilizan términos que gran cantidad de personas no conocen. A continuación algunos de los términos y su significado: (Fischer, 2000)

**a. Reciclaje de acera / Áreas de aportación.** Este es e que regularmente se utiliza en nuestro medio, ya que se refiere a que simplemente recogen los artículos reciclables en la calle, al igual que lo hace un basurero. Es un método muy cómodo y se estima que lo utilizan alrededor del 50% de las personas que lo tienen a su alcance. La recolección de artículos reciclables en la calle n o es para ganar dinero, en teoría tendría que ser un servicio municipal el cual tiene un costo económico. La mayoría de los programas encargados de recolección regularmente trabajan en la extracción de productos básicos como lo son papel y cartón, envases de vidrio y envases ligeros (plástico, metal). Y muy pocos se encargan de la recolección de materia orgánica. (Fischer, 2000)

**b. Recogida selectiva a domicilio.** En nuestro país no se cuenta con este tipo de servicios, pero hay países en donde por sus avances en el tema, ya cuentan con dicho servicio. Este consiste en la implementación en la cual cada persona recibirá una bolsa y su respectivo bote para poner allí sus artículos de reciclaje. A las personas que viven en apartamentos se les entregarán botes de menor tamaño para poder vaciarlos en un contenedor más grande situado en el espacio destinado por la comunidad de apartamentos. Luego los artículos son recogidos y van a un almacén central en donde se preparar para enviarlos a sus respectivos lugares en donde van a ser reciclados. (Fischer 2000)

**c. Recogida de voluminosos a domicilio.** En muchos lugares se cuenta con un servicio de recogida a domicilio para artículos voluminosos. En nuestro país no se cuenta con este servicio, por parte de organismos municipales, pero existen empresas las cuales prestan ese servicio. (Fischer, 2000)

**d. Punto limpio / Centro de recogida.** Este es el lugar en donde se permite hacer una recolección selectiva de aquellas fracciones de los residuos municipales para los cuales no se cuenta con un sistema de recolección domiciliaria o unos contenedores específicos en la calle. Este es un servicio que se considera un sistema de recolección selectiva, en donde las personas mismas pueden clasificar los diferentes tipos de residuos domésticos. (Fischer, 2000)

**e. Separación de la materia orgánica en origen.** Este sistema se basa en la obtención de dos recipientes por casa: uno para los residuos orgánicos y otro para el resto de los residuos que no reclaman la empresas recicladoras. Por lo que las bolsas que contienen los desechos, tanto reciclables con los que no, se dejan por separado en contenedores específicos, que luego serán recogidos también por distintos camiones y con diferentes destinos. (Fischer, 2000)

**f. Recogida de productos domésticos peligrosos.** Se trata de la recolección de productos tóxicos como pinturas, disolventes, detergentes. Estos son envasados y luego son enviados a plantas las cuales se encargan de reciclar este tipo de desechos. (Fischer, 2000)

**g. Puntos de recogida.** Son aquellos lugares en donde se pueden dejar materiales reciclables si obtener dinero a cambio. Regularmente estos tendrían que estar situados en lugares comerciales. (Fischer, 2000)

Venta de material reciclable. Este es el que más se aplica en nuestro medio ya que se puede obtener dinero por los materiales reciclables, acudiendo a chatarreros. Ya que no todos compran lo mismo regularmente los reciclables que son más fáciles de vender son el papel, aluminio, las botellas de vidrio y los botes plásticos. (Fischer, 2000)

## **2. A dónde llevar los materiales reciclables**

**a. Áreas de aportación.** El principal sistema de recogida selectiva son los contenedores situados en la calle, regularmente no contamos con estos contenedores ni con servicios de recolección de residuos:

- Para envases de vidrio (generalmente de color verde): botella y botes de vidrio, sin diferenciar colores. En estos no se tendrían que admitir: tapones, bombillas, fluorescentes, cerámica, espejos, cristales de ventanas, Pyrex. (Fischer, 2000)
- Para papel y cartón: papel y cartón en general. Se evita poner papel encerado, plástico de ventanillas de los sobres, etc.
- Para envases ligeros: envases de plástico, de metal, tetra brik.

En general, los materiales recogidos selectivamente requieren un trabajo de selección y preparación previo a su reciclaje o valorización. Este trabajo consiste en tratamientos para la extracción de elementos impropios, la separación de materiales, colores, calidades según los destinos de estos, y la compactación para poder así almacenarlos y luego transportarlos. (Fischer, 2000)

Para algunos materiales como el aluminio, acero, papel, cartón, vidrio. El ciclo del reciclaje es generalmente competitivo debido a que tiene un buen mercado, mientras que para otros como el plástico su viabilidad no es tan clara. (Fischer, 2000)

**b. Puntos limpios.** El principal objetivo de estos puntos es la correcta gestión de los residuos, es decir, la minimización, valorización y disposición correcta del rechazo. Estos centros deberían depender de ayuntamiento o mancomunidad de municipios pero en Guatemala no se cuenta con este tipo de servicios. (Fischer, 2000)

En caso que alguna municipalidad cuente con este servicio, está tendría que establecer un reglamento respecto a las condiciones de entrega de los residuos pudiendo con esto limitar la admisión de algunos de ellos en caso que se disponga de otro sistema de recolección adecuado para cierto tipo de residuos. (Fischer, 2000)

**Residuos especiales:** fluorescentes y luces de mercurio, neumáticos, baterías, disolventes, pinturas y barnices, aerosoles, radiografías, productos de laboratorios, productos de fotografías, objetos que contienen mercurio, pilas, frigoríficos, y electrodomésticos con CFC, aceites usados minerales (automóviles) y vegetales de procedencia particulares, productos de limpieza e insecticidas. (Fischer, 2000)

**Residuos municipales:** papel y cartón, vidrio y plásticos, chatarra y metales, maderas, textiles y otros electrodomésticos. (Fischer, 2000)

**Otros residuos:** escombros y restos de obras menores, muebles, vidrios, planos y espejos, restos de jardinería, residuos voluminosos. (Fischer, 2000)

**c. Si tienes un negocio.** Si por el tipo de negocio tiene mucho material que se puede reciclar, vale la pena buscar a alguien que lo recoja y quizá puedas obtener algún dinero. Si no tienes mucho material, puedes ponerte de acuerdo con otros negocios pequeños y agrupar así los materiales para aumentar el interés por recogerlos. (Fischer, 2000)

Cuando localices un punto o centro de recolección de residuos a donde llevar los materiales para reciclar, será de mucha ayuda si te informas sobre algunas cuestiones para aprovechar así al máximo los servicios de los que puedes disponer. Debes preguntar:

¿Qué horario tienen? Esto es de suma importancia ya que pueden abrir solo unas horas o días determinados.

¿Qué materiales aceptan? Esto es importante porque no en todos los lugares de recolección aceptan lo mismos materiales.

¿Cómo quieren los materiales, clasificados o empaquetados? En este caso cada centro puede tener su propia organización, en función de las exigencias de las empresas a las cuales estos venden los materiales así mismo del material como de los medios que estos dispongan.

¿Cuánto pagan por cada material? Regularmente en Guatemala los chatarreros son los que pagan por los materiales. (Fischer, 2000)

**3. Cómo organizarse en casa.** Lo más importante cuando se prepara un programa de reciclaje en casa es que sea duradero. Con esto no se debe pretender reciclar muchas cosas desde el principio, es mejor ampliar esta recolección gradualmente. El sistema que se tiene que adoptar tiene que ser fácil y cómodo, para asegurar así su continuidad. (Fischer, 2000)

Este proceso funcionará de una mejor manera si todos en la casa cooperan. En caso que existan niños menores estos pueden empezar decorando las cajas para guardar lo materiales y sugerir lo lugares más apropiados para colocarlas. (Fischer, 2000)

Es importante también decidirte cuántas veces visitarás el centro de recolección o al chatarrero. Con esto lograrás a calcular el espacio que necesitas para guardar así los materiales que estas reciclando. Se tiene que tomar en cuenta que tu plan tiene que ser realista y esto ayudará a su continuidad. Lo que se requiere con esto es que después de cierto tiempo, el reciclaje se convierta en una costumbre y hacerlo así sin que te des cuenta. (Fischer, 2000)

Si tienes varios materiales busca uno o varios lugares apropiados para guardar los materiales para reciclar. No es necesario con esto que todos estén en el mismo lugar, pero se tiene que procurar mantener siempre el mismo lugar para cada cosa y con esto se te facilitará la labor de las personas que viven en la casa. Y así probablemente una vez organizado, el espacio que se necesite será menor al que creías al principio. (Fischer, 2000)

En dado caso cuente con poco espacio, en casa se pueden tener cajas pequeñas y, periódicamente, vaciarlas en cajas mas grandes las cuales pueden estar situadas fuera de la casa. Estos pueden ser contenedores o cajas grandes las cuales puedan ser de uso común entre varias familias. Se tiene que tomar en cuenta que el hecho que hayas escogido las cajas apropiadas para guardar cada material puede facilitar la tarea y ahorrar espacio. Se puede considerar la posibilidad de invertir en algunos artículos que nos ayuden en este sentido, como por ejemplo un aplastador de latas. (Fischer, 2000)

Si en el lugar en donde vives se cuenta con un programa de recolección selectiva, seguramente ya contarás con contenedores especiales para los materiales si no necesitarás un sistema apropiado al espacio del que tengas disponible. Esto puede ser tan fácil como una bolsa de papel o tan elaborado como una sección de estanterías. Todos los recipientes con los que cuentas tienen que poder ser reemplazables con facilidad o deben ser lavables para poder así mantener el lugar limpio. (Fischer, 2000)

Algunas ideas de posibles recipientes que puedes utilizar:

- Cajas de cartón resistentes
- Cajas de madera

- Cubos de plástico para la ropa
- Cubos de plástico para la basura, con tapadera
- Sacos de ropa
- Estanterías o armarios con distintos compartimientos
- Cubos de plástico apilables
- Cajas de cartón sencillas (Fischer, 2000)

## **G. El preciclaje**

Este surgió en el año 1989, cuando el ayuntamiento de Berkeley, California, inició una campaña para animar a los consumidores a comprar comida envasada con materiales reciclados. A esto se le denominó PRECICLAJE. (Fischer, 2000)

Todo esto surgió debido a que se reciclaban los artículos una vez comprados. Y lo que nosotros como consumidores tiene una relación directa con lo que deseamos, de modo que se empezó a analizar qué es lo que realmente llevamos a casa. Para todo esto, ¿por qué no reducir los residuos dejando de comprar ciertas cosas? Ésta es la forma más fácil de poder salvar el planeta. Simplemente escogiendo correctamente lo que tenemos que comprar. Con el preciclaje se evitan materiales perjudiciales y poco apropiados que terminen en la basura. (Fischer, 2000)

Entonces fue una buena idea y hoy lo continúa siendo. No tan sólo en los supermercados, sino en cualquier lugar donde compremos, los embalajes son un tercera parte de lo que deseamos, y es un lujo que no nos podemos permitir ya que solo estamos dañando nuestro entorno. El preciclaje es una parte importante del reciclaje. (Fischer, 2000)

**1. Consejos para el preciclaje.** La clave está en el futuro. Antes de comprar un producto y el correspondiente embalaje, piensa en lo que vas a desechar a la basura. (Fischer, 2000)

Piensa en el embalaje como parte del producto. Pagas lo que te llevas, por lo tanto, si estás pensado tirar el envoltorio inmediatamente, lo que compras con tu dinero es basura bien presentada. Busca recipiente que se puedan volver a utilizar o que se puedan reciclar como el vidrio o el aluminio, o otros que puedan servir de compost en el caso del papel. (Fischer, 2000)

- Compra todo lo que puedas si empaquetar.

- Evita comprar artículos que se tiran después de utilizarlos unas pocas veces, esto en el caso de las hojas de afeitar, encendedores, linternas, etc. Compra productos que se puedan utilizar muchas veces, por ejemplo, pilas recargables. (Fischer, 2000)
- Evitar comprar productos que contengan sustancias tóxicas, pues son difíciles de desechar sin que puedan provocar algún peligro. Utiliza bolsas de tela para comprar. (Fischer, 2000)

Para lograr que las personas compren pensando en el medio ambiente, la participación de los individuos de la comunidad, país, etc., es de suma importancia. Las industrias gastan mucho dinero en publicidad, en la mayoría de los casos para conseguir sólo un pequeño incremento de su mercado, por lo que tendrán que tomar en cuenta lo que el consumidor opine. (Fischer, 2000)

Si no se esta conforme con el tipo de embalaje que se observa en los productos que vas a comprar, vete en la necesidad de hablar con el encargado o con quien corresponda. Pregunta según el caso si dicho proveedor cuenta con productos empaquetados con materiales reciclables. Sugiere a la empresa iniciar campañas a favor al reciclaje. Utiliza los buzones de sugerencias para pedir a los supermercados solo productos con un embalaje mínimo y ecológico. (Fischer, 2000)

## H. Centros de acopio y reciclaje

A continuación, se presentan algunos de los centros de reciclaje ubicados en la ciudad de Guatemala.

**Tabla 1.** Centros de acopio y recolección

No.	Empresa	Tipo de reciclaje
1	RECICLADO DE CENTRO AMERICA, S.A. AV PETAPA Y 56 C Z-12 Guatemala - Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 23265688 Fax : (502) 23265687	Plástico
2	AMIGOS DE LA NATURALEZA 9 c d 13-82 z-8 Mixco Granjas de San Cristóbal Guatemala - Guatemala, Guatemala Celular : (502) 44722180	Botellas de plástico y vidrio
3	BIOTRASH 9 C 11-39 Z-5 Villa Nueva Paraíso del Frutal Guatemala - Guatemala, Villa Nueva Teléfono(s) : (502) 66434500	Latas de aluminio
4	BODEGAS DE RECICLAJE EL TREBOL	Latas de aluminio y

	Diag. 2 0-68 Z-1 a 2 cuadras del Parque Bolívar Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 55322718	plásticos
5	CLAPSA 15 Av. 42-19 Z-8 Guatemala-Guatemala, Guatemala Celular : (502) 50309546	Papel y cartón
6	CMC, S.A. 4 C 3-48 Z-13 Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 24751147	Botellas de vidrio y envases
7	COMERCIAL MIRANDA Boulevard El Milagro 32-27, Lo de bran 1, Zona 6 de Mixco Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 24365463	Papel y cartón
8	DISPEL 3 Av. 22-50 Z-12 La Reformita Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 24732869	Latas de aluminio
9	ECOLINSA 5 Av. B 5-41 Z-12 Col. Guajitos Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 52036163	Baterías
10	ECO-TONER 20 c 26-30 Z-10 Centro Empresarial Pradera No. 8 Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 23263333	Papel y cartón
11	ECOLOGIA INDUSTRIAL 3 C 2-71 Z-13 Guatemala - Guatemala, Guatemala Teléfono : (502) 24751429	Desechos industriales y hospitalarios
12	ECOPLAST 13 C 3-92 Z-7 Col Landivar, Parque Eco-Industrial Guatemala - Guatemala, Villa Nueva Teléfono(s) : (502) 24755756	Plástico
13	FUNDACION DEL MEDIO AMBIENTE 8 C 13-67 Z-8 MIXCO GRANJAS DE SAN CRISTOBAL Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 24781502	Latas de aluminio y plásticos
14	MAQUIPLASTIC	Plástico

	6 C "A" 8-79 Z-7 Col Quinta Samayoa Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono : (502) 24710864	
15	RECICLADORA NACIONAL 15 C B 3-40 Z-3 Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 22305107	Plástico
16	RECUPERADORA DE CARTON, S.A. Carretera al Salvador Km. 16.5 Campo Verde No. 57 Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 56061827	Papel y cartón
17	RECICLADORA FARES 8 Av. 19-77 Z-12 Col Reformita Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 59174169	Latas de aluminio
18	RECICLADORA CENTROAMERICANA Ruta 7 6-72 Z-4 Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 23325503	Plástico
19	PLASTICA ORION S.A. 45 C 15-02 Z-12 Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 24850234	Plástico
20	SERVICIOS RECICLABES DE GUATEMALA 40 C 6-10 Z-3 Guatemala-Guatemala, Guatemala Teléfono(s) : (502) 24751733	General

**1. El uso de las 3 “R”.** El término reciclar, se refiere al proceso al que se someten algunos materiales, por ejemplo el aluminio, el papel, el vidrio, etc. tras el cual pueden volver a ser utilizados. (Canellis 2003)

Según estudio de Guerrero (2008), una de las claves para reducir la cantidad de residuos generados es aplicar esta sencilla regla, que corresponde a las iniciales de “Reducir”, “Reutilizar” y “Reciclar”, que deben establecerse en este orden a la hora de gestionar los residuos.

**a. Reducir.** Es la forma de prevenir la generación de residuos y reducir su peligrosidad, disminuyendo así su impacto en el medio. Consiste simplemente en evitar que se genere basura innecesaria, evitando comprar productos con embalajes y envases innecesarios y usando los productos de manera adecuada. Son muchas las formas posibles de reducir la cantidad y peligrosidad de la basura que generamos.

Muchas veces se adquieren cosas que no son necesarias, o no se toma en cuenta el hecho que para su fabricación se precisaron materias primas que no se deben derrochar (como el petróleo o el agua). Se debe tomar en cuenta también la cantidad de basura que se genera por el exceso de envoltorios de todas las cosas que se compran. (Carmona, 2008)

Para reducir se debe medir la utilización de productos de uso diario desechables como: el papel de cocina o pañuelos de papel, las bolsas de plástico para la compra, el consumo de energía (se puede, por ejemplo: utilizar el transporte público, o apagar las luces cuando no se necesiten), y el consumo de agua, entre otros. (Carmona, 2008)

Éstas son algunas recomendaciones:

- Siempre que se pueda comprar productos a granel o en paquetes grandes. Evitar los productos individuales y evitar los artículos que se utilizan y se tiran como (platos, cubiertos, servilletas...).
- Evitar el uso de productos peligrosos sustituyéndolos por otros menos dañinos (baterías recargables, tintas basadas en vegetales o en agua, limpiadores ecológicos, etc.). En caso de ser imprescindibles asegurarse de usar sólo lo necesario.

**b. Reutilizar.** Todo aquello que no podamos evitar utilizar debe ser utilizado tantas veces como nos sea posible, alargando así su vida útil y evitando al mismo tiempo generar nuevos residuos. Nuevamente las posibilidades son infinitas. Algunas recomendaciones que se pueden tener en cuenta son las siguientes:

- No utilizar productos que se utilizan y se tiran, elegir elementos más perdurables (pañuelos de tela, cubiertos de metal, platos de cristal, carritos de la compra...). Si no se puede evitar, comprarlos y darle varios usos: rellena las botellas, lava los cubiertos y platos, reutiliza las bolsas de la compra, etc.
- Dar nuevas utilidades a objetos que normalmente se tiran a la basura: por ejemplo: usar como trapos la ropa que no se puede donar, aprovechar las tazas de cristal para envasar otros productos, usar las bolsas de la compra para la basura en lugar de comprar otras bolsas para ello, etc.
- Donar o entregar todo aquello que todavía pueda serle útil a otra persona.

Existen asociaciones que recogen ropa, ordenadores, mobiliario, juguetes, libros entre otros y se encargan de hacerlos llegar a las personas que los necesitan.

Lamentablemente, muchas veces la reutilización de productos de “segundo uso” está estrechamente vinculada a la existencia de mercados donde sea posible adquirir dichos productos. Como mala experiencia en este campo, está el ejemplo de los envases de vidrio en la que la opción de “romper para reciclar” extinguió la cultura del retorno, haciendo que desapareciera la red de plantas de lavado de dichos envases, y con ello los hábitos de reutilización de los mismos. Por ello, es necesario fomentar y apoyar cada vez más escasas posibilidades de encontrar productos recuperados a los que es posible dar un “segundo uso”.

**c. Reciclar.** El proceso de reciclaje implica dar un nuevo uso a materiales y objetos que no pueden usarse para su objetivo inicial. A pesar de que el reciclaje de la mayoría de los materiales necesita de procesos que no se pueden hacer en casa, algunos productos sí son reciclables de forma casera:

- Jabón a partir de aceite vegetal.
- Papel reciclado.
- Compostaje: técnica para reciclar los residuos orgánicos.
- Manualidades y otras ideas creativas.

Aunque apliquemos el uso de las 3 R’s a nuestros residuos, existen materiales que no podemos reutilizar o reciclar en casa, sino que dependen de una gestión externa. Pero aunque esta gestión no se desarrolla en nuestras casas, puede hacerse mucho más sencilla gracias a una acción que sí podemos hacer en nuestros hogares: la correcta separación de los residuos, que es imprescindible para que los residuos puedan ser posteriormente reciclados. Separando los residuos según su tipología estamos por tanto facilitando el reciclaje.

Del mismo modo que cualquier materia prima pierde parte de su valor cuando no se encuentra pura, cuando los materiales que por sí mismos tienen un valor interesante, como el plástico, papel o metales usados, aparecen mezclados con restos de comida, materiales no reciclables o residuos peligrosos, su valor disminuye o puede llegar a desaparecer, haciendo que estos materiales potencialmente valiosos se transformen en un problema que afecte el medio ambiente.

## **I. Beneficios del reciclaje**

El reciclaje tiene tres beneficios ecológicos principales: (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

- a. Reducción del volumen de residuos, y por lo tanto de la contaminación que causarían (algunas materias tardan decenas de años e incluso siglos en degradarse).
- b. Preservación de los recursos naturales, pues la materia reciclada se reutiliza.
- c. Reducción de costes asociados a la producción de nuevos bienes, ya que muchas veces el empleo de material reciclado reporta a un coste menor que el material virgen (como el HDPE reciclado o el cartón ondulado reciclado).

## IV. Tratamiento de los residuos sólidos

En 1970, la aprobación del Acta del Aire Limpio estableció la autoridad federal competente para combatir el “smog” y la contaminación atmosférica, produciéndose así el cierre de muchas incineradoras de residuos sólidos y la eliminación de la quema a cielo abierto. Precisamente ese año inició la celebración del día de la tierra, el 22 de abril, lo que era un indicativo de mayor concienciación ambiental en el mundo. Y en Estados Unidos, el Estado de Oregon fue el primero en aprobar una ley sobre botellas, creándose un precedente para regulación gubernamental sobre reutilización y reciclaje de partes específicas del flujo de residuos en tiempos de paz, sin el imperativo de una economía de guerra. (Lund 2004)

El Acta de Recuperación y Conservación de Recursos de 1976 (RCRA, por sus siglas en inglés) fue la que creó el primer papel verdaderamente significativo del Gobierno Federal, en la gestión de residuos sólidos. La misma enfatizó la conservación de los recursos, especialmente la conservación de la energía y el reciclaje como alternativas para la gestión de residuos sólidos. Reconocía también el efecto perjudicial de los residuos peligrosos tanto para las alternativas de gestión de residuos sólidos, como para el ambiente en general.

(Lund, H. 2004)

La crisis sobre evacuación provocada por la siempre creciente falta de una capacidad aceptable de evacuación, está ejemplificada por la estimación de EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, por sus siglas en inglés), en la que contempla que más de 10,000 vertederos (el 70% del total), cerraron entre 1978 y 1988. Todas estas consideraciones han provocado una demanda pública y legislativa dirigida hacia el reciclaje como estrategia preferente en la gestión de residuos sólidos, en la actualidad y para el futuro.

(Lund, H. 2004)

La disponibilidad del Gobierno estadounidense para obligar y subvencionar el reciclaje cuando éste sea necesario, ha crecido hasta proporciones enormes, tanto que el tema dominante del Día de la tierra en 1990, fue este mismo: el reciclaje. (Lund, H. 2004)

## **A. Definición**

Los desechos sólidos pueden definirse como “parte o porción que queda o que resulta de un proceso de descomposición o destrucción de cualquier material”. Estos desechos se dividen en orgánicos e inorgánicos. (Canellis 2003)

Los residuos y desechos, o las llamadas basuras, especialmente las urbanas, son un problema como contaminantes del suelo, del agua y del aire. Acarrean grandes gastos y desastres sanitarios, como epidemias, debido a la falta de una adecuada educación y utilización económica como materia prima para diversas clases de industrias. (Prieto 2003)

El problema de las basuras es imposible de resolver apropiadamente, si se tiran en botaderos, donde se exponen a rebuscadores, o esconden y apisonan sin clasificar dentro del suelo, donde no sólo se demora la fermentación de la parte orgánica, sino que se destruye la composición del suelo, se matan gérmenes, y las lluvias y aguas de infiltración aceleran las reacciones químicas, produciendo y aumentando los lixiviados tóxicos. (Prieto 2003)

## **B. Generalidades**

Reciclaje es el proceso al que se someten los materiales para convertirlos en productos nuevos que pueden tener semejanza al material original o ser de otra clase. El reciclaje reduce la cantidad de desperdicios, agua y materias consumidas. También puede generar nuevos empleos y oportunidades para empresas pequeñas, así como reducir la dependencia de los mercados de materias vírgenes. Sin embargo el reciclaje es un método que se debe saber aplicar, pues si los desechos no se manejan en la forma adecuada, pueden causar contaminación al aire y al agua. Por ejemplo, si se recicla papel con alto contenido de tintas o adhesivos que son contaminantes, se deben tomar medidas para el tratamiento de aguas (filtros, sedimentación, flotación, otros), antes de que escapen los contaminantes dañinos a las tuberías. (Canellis 2003)

El reciclar una gran cantidad de materiales resulta muy ventajoso para las grandes industrias, pues esto economiza materias primas y costo en el proceso de materiales. También reduce la cantidad de energía y agua utilizada, disminuye los costos de control de contaminación y resuelve los problemas del manejo de desechos. (Canellis 2003)

A través del reciclaje de desechos se contribuye a mantener el equilibrio ecológico y evitar mayores daños por la acumulación de los desechos en los ríos, pozos, lagos, mares, llanos y toda superficie terrestre. Entre otros beneficios, el reciclaje facilita el proceso de producción y de manera sustancial, produce un ahorro de energía y de materias vírgenes. En el proceso de reciclaje de papel se ahorra un 60%

de energía, al reciclar vidrio se reduce la temperatura de fundición y se ahorra un 32% de la energía utilizada regularmente. (Canellis 2003)

Según el Webster's New Collegiate Dictionary, concienciación significa tener o mostrar capacidad de realización, percepción o conocimiento. Para conseguir la participación en los programas de reciclaje se debe incrementar la concienciación respecto a otros aspectos interrelacionados de la gestión de residuos sólidos. Además la concienciación es el primer paso necesario que llevará a la aceptación o al rechazo de un servicio de reciclaje. Aunque el verdadero desafío en una campaña de concienciación es realizar un plan que implique a todos los segmentos de la comunidad. El objetivo es conseguir que la comunidad asuma la propiedad de su programa de reciclaje. (Lund 2004)

Boone y Kurtz citados por Lund, fraccionan el "proceso de captación del consumidor" en cinco etapas:

- Información
- Interés
- Evaluación
- Prueba
- Adopción o rechazo.

Y los autores de este proceso enfatizan que un programa de reciclaje depende sobre todo de que sea adoptado por toda la comunidad, para que se lleve a cabo con éxito. Asimismo aunque un programa despierte interés, debe ser continuo. Más que resaltar la necesidad de proteger el medio ambiente hay que enseñar a la comunidad lo que puede hacer para colaborar y motivarla a actuar.(Lund 2004)

En los últimos años, se han desarrollado estudios sobre la separación de desechos, y el incremento de la reutilización de desechos; y se ha demostrado que dependen en gran parte, de la existencia de mercados para los materiales secundarios, es decir si no se pueden vender los materiales reciclados, no tendrá valor práctico desarrollar nuevas formas de clasificar desechos, pero afortunadamente éstas nuevas maneras sí existen. (Canellis 2003) El Stanford Research Institute de California ha desarrollado un proceso de "clasificación de aire" para clasificar y separar los desperdicios en grupos homogéneos, para su posterior reciclaje y utilización. En este proceso los materiales de desecho son separados por una corriente de aire a gran velocidad, que pasa verticalmente por una columna en forma de zigzag. Las partículas de la mezcla son separadas según su densidad, tamaño y propiedades aerodinámicas. (Canellis 2003)

Se creía y aún persiste la idea de que reciclar residuos sólidos, como combustible para generar energía es convertir una parte significativa de los residuos en producto útil. Este punto de vista todavía está apoyado por una demanda continua de energía eléctrica. Sin embargo, para otros, como el estado de la Florida, la quema y recuperación de energía a partir de residuos sólidos no se puede considerar reciclaje. Hoy en día, el debate continúa, con posiciones de ambos lados, con la controversia de si se puede considerar o no la producción de energía a partir de residuos sólidos como un reciclaje legítimo. (Lund 2004)

## C. Tipos de residuos sólidos

**1. Biodegradación.** Según la Municipalidad de Guatemala (2005), se refiere al proceso químico mediante el cual la materia con el tiempo y bajo ciertos factores específicos como: luz, calor, agua, etc., se descompone por el trabajo que realizan las bacterias y hongos de la naturaleza. Los desechos pueden tardar muchos años en biodegradarse, dependiendo de las condiciones a las que estén expuestos y su composición. (Fernández 1995)

Todas las sustancias o productos existentes en la Tierra son degradables, lo que ocurre es que unas tardan más que otras. Una forma de degradarse es la biodegradación que es cuando algo es deshecho por organismos vivos, principalmente bacterias, hongos o incluso por gusanos e insectos. Luego de degradarse químicamente se reintegran en su ciclo natural. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

Los productos biodegradables son menos contaminantes y menos antiecológicos que el resto, de ahí la importancia de los mismos. (Catalán Marroquín, *et al.*, 2010)

**Tabla 2.** Tiempo de biodegradación para cada tipo de desecho

No.	Tipo de desecho	Tiempo para biodegradarse
1	Desechos orgánicos	1 - 4 meses
2	Ropa o género de algodón y/o lino	1 - 5 meses
3	Medias de lana	1 año

Continuación Tabla 2. Tiempo de biodegradación para cada tipo de desecho		
4	Zapatos de cuero	3 - 5 años
5	Papel	1 - 2 meses
6	Celofán	1 - 2 años
7	Trapo de tela	2 - 3 meses
8	Estaca de madera	2 - 3 años
9	Estaca de madera pintada	2 - 3 años
10	Bambú	1 - 3 años
11	Envase de lata	10 - 100 años
12	Envase de aluminio	350 - 400 años
13	Materiales de plástico	500 años
14	Vidrio	Indefinido

**2. Destilación.** Es una operación de transferencia de masa que se utiliza para separar los componentes de una solución, depende de las distribuciones de las sustancias entre una fase gaseosa y una líquida. (Madrid 2001)

Núñez define el término como, una operación de separación de gran uso en ingeniería química, en la cual una mezcla líquida o de vapores de dos o más sustancias es separada en sus fracciones componentes, a la pureza deseada mediante la aplicación de calor. Este término se utiliza para el reciclaje de aceites y petróleo. (Madrid 2001)

**3. Incineración.** Método para la destrucción de desperdicios sólidos mediante la quema de partes combustibles. Esto reduce el volumen de los desechos sólidos y elimina la posibilidad de contaminación de aguas subterráneas con desperdicios orgánicos que llegan a podrirse; además, el residuo puede ser utilizado como abonos o material de relleno. Una de sus ventajas es la eliminación de las emisiones de olores desagradables, de vapores o productos de fermentación. De igual manera desinfecta, por medio de elevadas temperaturas, los productos contaminados por bacterias. (Madrid 2001)

**4. Fundición.** Es el proceso en donde se derriten y licuan metales, minerales y algunos otros cuerpos sólidos como el plástico. Estos líquidos son introducidos en un molde, donde se solidifican y se convierten en diferentes piezas. Este término se aplica al reciclaje de metales y plásticos. (Madrid 2001)

La fundición se da porque la incineración no es la mejor manera de eliminar estos desechos. Sin embargo, es útil aún para la generación de energía por medio del calor. (Madrid 2001)

**5. Abono químico.** Este método consiste en juntar en una bolsa negra, o cajón de madera o plástico la basura orgánica de casa, de preferencia picada o machacada. Luego se coloca una capa de tierra húmeda, una capa de desechos orgánicos, otra capa de tierra, otra de desechos sólidos y así consecutivamente. Cuando se haya terminado se coloca una pequeña porción de cal. Finalmente, se debe ubicar la caja o bolsa en un lugar soleado de 6 a 8 semanas, se mezcla y el resultado es un fertilizante para las plantas. (Madrid, 2001)

## **D. Recolección**

Sin lugar a dudas, la disposición de la basura es un tópico relacionado al medio ambiente y calidad de vida de la población. Por lo tanto, para combatir la contaminación es necesario aplicar criterios de clasificación de desechos con vistas al reciclaje, evitando el colapso de los sitios destinados al almacenamiento de basura como basureros. Por ejemplo, antes de la aparición del plástico y sus innumerables derivados, los desechos domiciliarios eran principalmente materias orgánicas que facilitaban su traslado, almacenamiento y posterior descomposición. Pero actualmente, debido al creciente volumen de basura que produce la población, resulta necesario planificar una estrategia de manejo racional de los desechos a partir de su origen. (García 2001)

La recogida y eliminación de los desechos, que la actividad urbana genera en forma de aguas residuales, desechos sólidos y elementos contaminantes del aire, aumentan con el nivel de vida y la introducción de nuevos productos al mercado. Esto constituye una amenaza en la vida de las ciudades y un problema que de forma primordial se debe abordar. Para ello, se hace necesario buscar las formas más prácticas y económicas de dar solución, con base en un buen manejo y eliminación por medio de la transformación, a fin de lograr un buen aprovechamiento y mantenimiento de un ciclo continuo de transformación. (Prieto 2003; Gamero 2005)

El problema de la recolección de basuras sólidas urbanas comprende, no sólo su recolección a través de toda una ciudad, sino su transporte a donde debe descargarse para su transformación. Aunque

existen algunos grupos que se dedican a recoger papel, plástico, vidrio, latas y desechos orgánicos, las personas no siempre buscan sus servicios. (Prieto 2003; Gamero 2005)

Los materiales naturales o más bien los productos o sustancias que se presentan en la naturaleza, generalmente son menos contaminantes y se relacionan mejor con el ambiente y nuestro cuerpo, que los materiales sintéticos altamente procesados. Pero en la recolección de basura debe darse prioridad a los desperdicios orgánicos, ya que estos entran en descomposición a las pocas horas, especialmente en épocas calurosas, desprendiendo gases de olores malsanos, atrayendo moscas y otros insectos, así como también animales como ratas y perros. (Prieto 2003)

## **E. Clasificación**

Existen cada vez más desechos por el aumento de la población, el proceso de urbanización y la demanda creciente de bienes de consumo. Estos tres factores determinan un aumento del peso y volumen en los desechos producidos. Por ello se hace necesario volver a métodos que trabajen con los ciclos naturales, como separar lo orgánico de lo inorgánico, para ser reutilizado y evitar la contaminación. Para ello debe establecerse y mantener el ciclo de transformación de la basura y desechos orgánicos sin obstáculos de detención, como el apelmazamiento, el exceso de humedad, la falta de aireación y la presentación de materiales de difícil descomposición, como los desechos inorgánicos. (Prieto 2003; García 2001)

La clasificación de los desechos se ha establecido en base a su período de deterioro en el ambiente, pues mientras el papel, las cáscaras o residuos de tela no llevarían más de tres meses en deshacerse, el cuero y la madera tardarían cinco años y el vidrio, plástico y aluminio, quinientos años. Por lo que es importante clasificar los desechos para poder darles un tratamiento adecuado y no cometer el abuso social de poner en peligro al ser humano con el manejo de algunos desechos que por su composición química perjudican la salud del hombre o cualquier ser vivo. (Canellis 2003)

El principal obstáculo para la utilización de los desperdicios sólidos es el costo y dificultad de la clasificación de los mismos. Para utilizar los desechos, se pueden separar los materiales en el lugar donde se originan y desarrollar y mejorar las técnicas de separación. Para separar los desechos en los lugares donde se originan se requiere de la cooperación de las personas que viven en la comunidad. En la misma se colocarían contenedores para diferentes categorías como: papel, vidrio, aluminio y desechos orgánicos, entre otros. Esta opción puede llevar a un aumento de costos de recolección de basura, debido a la necesidad de mantener los diferentes tipos de desechos por separado. (Canellis 2003)

## F. Manejo

Sobre el manejo de desechos sólidos existen recomendaciones hechas por los expertos en problemas ambientales, cuyas sugerencias enmarcan la participación de toda la población; se puede participar desde el hogar, centros de estudio, centros de trabajo y otros. En otras ciudades, el manejo de los desechos, es algo que se impone, especialmente en ciudades donde las personas se ahogan en sus propios desechos y las autoridades tienen que resolver grandes y costosos problemas de sanidad, transporte y reutilización de basura. (Prieto 2003; Canellis 2003)

Los desechos sólidos no tienen un manejo adecuado, por lo que lo común para su eliminación es dejar que se acumulen al aire libre o incinerarlos, lo que ocasiona efectos negativos para el ambiente, problemas de orden higiénico, siendo un foco de infección y un medio propicio para el desarrollo de insectos, roedores y vectores de enfermedades. (Canellis 2003)

El método más común para manejar los desechos sólidos es el reciclaje. En él, los materiales recopilados son vendidos a empresas, que los utilizan en procesos como parte de la materia prima para generar productos nuevos. Empresas intermediarias se dedican a la compra de materiales específicos debidamente clasificados para posteriormente venderlos a otras. Estas actividades se realizan movidas por la obtención de un beneficio económico y no con fines propios de protección al medio ambiente. Es importante destacar que también existen personas y organizaciones privadas que orientan sus esfuerzos de realizar proyectos específicos de reciclaje promovidos a través de campañas educativas. (Canellis 2003)

La ciudad de Guatemala se caracteriza por poseer áreas formadas por barrancos que alcanzan profundidades hasta de 250 metros. Debido a estos barrancos, la recolección de desechos sólidos y su disposición en un trabajo realmente complicado, ya que algunas personas acostumbran a arrojar los desechos en estos lugares. (Canellis 2003)

Según la Municipalidad de la ciudad de Guatemala, la basura se puede clasificar por: procedencia, grado de contaminación y manejo. Cualquiera que sea su procedencia no posee ningún control, ni separación y el tipo de recolección no permite su clasificación para el aprovechamiento de algunos residuos para luego reciclarlos. La generación de desechos inorgánicos, no degradables, aumenta con la industrialización, por lo que requiere de un control más efectivo para su disposición final. (Canellis 2003)

Según el grado de contaminación que implican los desechos, pueden dividirse en: desechos de manejo de bajo peligro, desechos de incineración inmediata y de alto peligro en su manejo. Los de bajo peligro en su manejo son desechos producidos en mercados, viviendas y vías públicas. Los de incineración inmediata, son los desperdicios orgánicos contaminantes, producidos en rastros y hospitales. Los de alto peligro en su manejo son aquellos residuos que contienen elementos incompatibles que pueden provocar reacciones violentas, todos aquellos que provocan contaminación inmediata o bien reacciones químicas o

biológicas, como los generados en industrias, laboratorios, hospitales o instituciones que trabajen con material radioactivo. (Canellis 2003)

El manejo de los desechos sólidos conforma un ciclo, en el cual se encuentran estrechamente vinculados la producción de artículos de consumo, el almacenamiento, recolección, tratamiento en algunos casos y disposición final. (Canellis 2003)

La generación consiste en la producción de desechos sólidos orgánicos e inorgánicos que son desechados durante la realización de diferentes actividades. El almacenamiento es la etapa que se refiere a la acción de retener los desechos en un recipiente seguro y adecuado en espera de ser recolectado por el servicio de limpieza de la localidad. Mediante el barrido manual y mecánico, los desechos son recolectados y transportados para su disposición final. Los desechos sólidos son depositados en lugares específicos y muchas veces no adecuados, a efecto de concentrarlos o aislarlos, para su posterior degradación. (Canellis 2003)

**1. Tipos de vehículos de recolección.** Existen tres tipos genéricos de vehículos de dedicados a la recolección en acera de múltiples materiales reciclables: remolque, camiones abiertos con cubos y camiones cerrados. Se puede utilizar cualquier otro tipo de camión en los programas en acera, pero estos tres tipos de vehículos son los más comunes. (Lund, 1996)

**Remolques.** Muchos de los programas en acera, especialmente en la etapa de prueba, comienzan utilizando un remolque para la recolección de los reciclables. Su ventaja principal es el coste relativamente bajo si se compara con un camión. Los remolques cuestan entre 11,000 y 12,000 dólares, y pueden ser arrastrados por un tractor o similar, de uso común en un municipio. Las principales desventajas de los remolques son la falta de maniobrabilidad y capacidad. Pueden encontrarse muchos diseños diferentes de remolques, incluyendo unidades con compartimientos que descargan por el fondo, por un lateral o que llevan cubos móviles movidos hidráulicamente para descargar materiales. (Lund, 1996)

**Camiones con cubos.** Estos camiones tienen entre dos y cuatro cubos individuales para reciclables que se descargan de forma manual, desde arriba o lateralmente. El operador cuenta con alguna flexibilidad a la hora de establecer el tamaño de los cubos, y éstos presentan montacargas hidráulicos que les permiten descargar por un lado o por la parte trasera. Estos vehículos varían en capacidad, entre 8.4 y 21.3 m<sup>3</sup>, en precio, entre \$35,000 y \$60,000. (Lund, 1996)

**Camiones cerrados.** La versión del vehículo que emplea carga manual está formada por una carrocería cerrada y con compartimientos, que normalmente se carga por los laterales y se descarga por la parte trasera. Unos diversos interiores y móviles, con bisagras en la parte superior, crean los compartimientos que separan los materiales. Mediante la apertura de los sucesivos divisores y la inclinación de la carrocería, pueden descargarse los distintos segmentos. La capacidad máxima del camión es de 23.7 m<sup>3</sup>, y el precio se encuentra entre los \$50,000 y \$65,000 dólares. (Lund, 1996)

**2. Equipos de procesamiento.** El equipo de reciclaje, actualmente, sirve a múltiples instalaciones: fábricas y centros de distribución que comprimen y embalan papeles residuales, algunos centros comerciales tienen puntos de recolección para las latas de aluminio, fabricantes de automóviles que incorporan sus propios centros de reciclaje. También, cada vez más instalaciones de reciclaje cuentan con varios tipos de equipo. Estos centros procesan diversos materiales a la vez. (Lund, 1996)

Con el paso de los años, las innovaciones técnicas han mejorado el equipo de procesamiento, confiriéndoles más exactitud, mejores características de seguridad, un uso energético más rentable y una mayor velocidad. Esto ha llevado al desarrollo de un equipo periférico. Las trituradoras trituran y realizan un primer tratamiento de los materiales antes del embalaje o compactación. Las transportadoras mueven el material más rápidamente a través de todo el proceso de reciclaje. Además se han desarrollado tecnologías específicas para responder a los distintos mercados de materiales. Por ejemplo, las planchas de latas surgieron por la necesidades de comprimir las latas de bebidas para su transporte. Las trituradoras de vidrio son populares porque producen una forma de vidrio llamado calcín, material similar a pequeñas piedrecitas de vidrio. (Lund, 1996)

**3. Embaladoras.** Embaladoras verticales. Son las unidades de embalaje más comunes en el mercado actual. Normalmente, una embaladora vertical tiene un pistón que se mueve verticalmente hacia abajo, pasando desde la zona de tolva hasta la cámara de embalaje. Este pistón está conducido desde arriba por un cilindro hidráulico, que tira del pistón hacia abajo hasta la cámara de compresión. (Lund, 1996)

El operario alimenta los materiales en la tolva a través de una ventanilla de seguridad. Esta ventanilla evita que la máquina funcione mientras está abierta. Una vez la tolva está llena, el operario cierra la ventanilla y pulsa el botón para iniciar el ciclo de compresión. Después de la compresión, el pistón sube y la ventanilla de seguridad se abre para aceptar otra carga de material. Este proceso continúa hasta que se forma una bala de cierta densidad. (Lund, 1996)

**Embaladora de carrera ascendente.** Su característica más llamativa es su cámara alimentadora subterránea. La instalación de una unidad de carrera ascendente requiere cimientos y un pozo construido por debajo del nivel del suelo. El material reciclable se empuja por el suelo hasta la cámara de embalaje, normalmente a una profundidad entre 4 y 6 m. Después de cerrar las puertas de la embaladora, el pistón sube por encima del nivel del suelo y entra en la sección de compresión de la embaladora. (Lund, 1996)

Embaladoras horizontales. Como su nombre lo indica, las embaladoras horizontales comprimen los materiales de forma horizontal. Estas embaladoras pueden procesar los mismos materiales que las verticales, aunque con posibilidades de rendimiento mayores. (Lund, 1996)

**a. Transportadoras.** Las transportadoras controlan el ritmo en la mayoría de los centros de procesamiento. Mueven los reciclables de un punto a otro, facilitando el flujo de descarga, selección, procesamiento, embalaje, y finalmente transporte o almacenamiento. (Lund, 1996)

**Transportadoras correderas.** Es una cinta que recorre cierta distancia, desde pocos metros hasta cientos de metros, entre dos poleas. El material reciclable se sitúa encima de la cinta, que se mueve cuando las poleas giran. (Lund, 1996)

**Transportadoras de transmisión directa.** Estas son excelentes para la movilización de cargas pesadas en grandes cantidades; las transportadoras correderas mueven cientos de kilos a la hora, pero las unidades de transmisión directa mueven miles de kilos. Estas son ideales para las grandes instalaciones de reciclaje y estaciones de transferencia, especialmente a la hora de transportar el material hacia arriba y alimentar grandes compactadoras y embaladoras. (Lund, 1996)

**b. Trituradoras.** Como su propio nombre lo indica, trituran una amplia gama de objetos en trozos mucho más pequeños. Estos objetos incluyen: chatarra metálica, plástico, aluminio y madera. Las trituradoras se presentan en diversas formas y tamaños, desde las pequeñas trituradoras de papel hasta las enormes trituradoras que devoran automóviles aplastados a una velocidad de uno por minuto. Una de sus ventajas es que sus productos secundarios cubren otras necesidades, como papel periódico triturado el cual se utiliza para lechos de animales. (Lund, 1996)

**Trituradoras de alta velocidad con motor bajo momento de torsión.** Esta clase de trituradoras incorporan un eje único con cuchillos, fijos u oscilantes, y martillos que giran a velocidades muy altas. (Lund, 1996)

**Trituradoras de baja velocidad con motor de fuerte momento de torsión.** Estas utilizan dos o más ejes con dientes protuberantes. Los ejes giran en sentidos contrarios y requieren menos potencia para triturar porque aplican una mayor torsión a los ejes mediante la reducción de las marchas. (Lund, 1996)

**c. Compactadoras.**

**Compactadoras estacionarias.** Las primeras compactadoras estacionarias comprimían material en los contenedores corredizos, grandes estructuras metálicas que miden 2.5 x 2.5 x 7.0 m. (Lund, 1996)

**Compactadoras verticales.** Este tipo de compactadora es ideal para aplicaciones de bajo volumen y también cuando el espacio es limitado. (Lund, 1996)

**d. Trituradoras de vidrio.** Las trituradoras de vidrio pulverizan todo tipo de vidrio, normalmente envases, en pequeños trozos, denominados calcín. El calcín es la forma preferida por los recicladores de vidrio, ya que se trata de un material más denso. Esta forma fluida simplifica el transporte y se presenta lista para el horno. (Lund, 1996)

e. **Prensas y soplantes para latas.** Estas ofrecen un método de aplanar las latas de bebida con el fin de facilitar su manipulación y transporte. La mayoría de las máquinas se diseñan para aplanar latas de aluminio porque este metal tiene un gran valor en el mercado. Las planchas para latas se alimentan con cintas transportadoras y utilizan magnetismo para separar las latas de acero o las bimetálicas. El imán está contenido en la polea motriz, lo férreo se queda sobre la cinta. Las latas de aluminio, que no son atraídas magnéticamente, caen en el dispositivo aplanador. Después de pasar por la polea motriz, las otras latas caen en el conducto de rechazos localizado debajo de cinta. (Lund, 1996)

## G. Transferencia y transporte

En el campo de la gestión de residuos sólidos, el elemento funcional transferencia y transporte se refiere a los medios, instalaciones y accesorios utilizados para efectuar la transferencia de residuos desde un lugar a otro, normalmente más distante. En general, los contenidos de vehículos de recogida relativamente pequeños se transfieren a vehículos más grandes, que se utilizan para transportar residuos a distancias más largas, o hasta las IRM o hasta las zonas de evacuación. Las operaciones de transferencia y transporte también se utilizan conjuntamente con IRM para transportar materiales recuperados al mercado, o a instalaciones residuos-energía, y para transportar materiales residuales a vertederos. (Tchobanoglous G. , 1994)

Las operaciones de transferencia y transporte llegan a ser necesarias cuando las distancias de transporte a centros de procesamiento o a las zonas de evacuación disponibles se incrementan tanto que el transporte directo ya no es económicamente factible. También llegan a ser necesarias cuando los centros de procesamiento o las zonas de evacuación están situados en lugares alejados, donde no se puede llegar directamente por carretera. Las operaciones de transferencia son una parte integral de todos los tipos de IRMs. Las estaciones de transferencia también son una parte integral de las grande IT/Rm integradas. Por razones de seguridad pública, está fallando en popularidad la utilización de pequeñas estaciones de transferencia, por parte de particulares que llevan residuos en automóviles o camionetas, y por parte de otros transportistas no comerciales. (Tchobanoglous G. , 1994)

**1. Tipos de estaciones de transferencia.** Se utilizan las estaciones de transferencia para transferir residuos sólidos desde los vehículos de recogida y otros vehículos pequeños a equipos de transporte más grandes. Según el método utilizado para cargar los vehículos de transporte, se pueden clasificar las estaciones de transferencia en tres tipos generales:

- a. Carga directa
- b. Almacenamiento y carga
- c. Combinadas carga directa y descarga-carga.

Las estaciones de transferencia pueden clasificarse también según su capacidad de rendimiento de la siguiente forma: bajo, menos de 100 t/d, entre 100 y 500 t/d, más de 500 t/d. (Tchobanoglous G. , 1994)

**a. Estaciones de transferencia de carga directa.** En las estaciones de transferencia de carga directa los residuos en vehículos de recogida se vacían directamente en el vehículo utilizado para transportarlos a un lugar de evacuación final, o en instalaciones para compactar residuos en vehículos de transporte o en balas de residuos que se transportan al lugar de evacuación. En algunos casos se pueden descargar los residuos en un muelle de descarga y entonces se empujan dentro del vehículo de transferencia, después de separar los materiales reciclables. El volumen de residuos que se puede almacenar temporalmente sobre el muelle de descarga a menudo se define como capacidad de punta o capacidad de almacenamiento de emergencia de la estación. (Tchobanoglous G. , 1994)

**b. Estación de transferencia de carga directa de gran capacidad sin compactación.** En una estación de transferencia de carga directa de gran capacidad, normalmente se vacían los residuos que están en los vehículos de recogida directamente en el vehículo de transporte. Para conseguir esto, normalmente las estaciones de transferencia se construyen en dos niveles. El muelle de descarga, desde el que se descargan los residuos que están en los vehículos de recogida sobre los grandes remolques de transporte, suele estar elevado, o bien los remolques de transporte suelen situarse en rampas. En algunas estaciones de transferencia de carga directa se pueden vaciar temporalmente los contenidos de los vehículos de recogida en un muelle de descarga si los remolques están llenos o en ruta hacia lugares de evacuación. Después los residuos serán empujados a los remolques de transporte. (Tchobanoglous G. , 1994)

Al llegar a la estación de transferencia, todos los vehículos con residuos son pesados por el jefe de pesaje, quien procede a indicar dónde se deberán descargar los residuos, dando a cada conductor un número de estacionamiento. Después de que son descargados, los vehículos de recogida se pesan de nuevo y se determina la tarifa de descarga. Los vehículos comerciales que utilizan regularmente la estación de transferencia reciben tarjetas de crédito que muestran el nombre de la compañía y el peso tara del camión, eliminando así el segundo pesaje de estos vehículos. Mientras se cargan los remolques, los residuos se mueven y compactan con una bivalva montada en un tractor con cubiertas macizas de goma. Cuando los remolques están llenos o se ha depositado el tonelaje máximo permitido, indicado por el jefe de pesaje, se llevan aparte y se preparan para la operación de transporte. El volumen y peso de los remolques son las variables que tienen que ser comprobadas por el operador antes de despachar los remolques cargados. (Tchobanoglous G. , 1994)

**c. Estaciones de transferencia de carga directa de gran capacidad con compactadoras.** Una variante popular de la estación de transferencia de carga directa anteriormente descrita es el cambio de los vehículos de transferencia abiertos, donde los residuos no son compactados, por vehículos con dispositivo de compactación. El dispositivo de compactación puede utilizarse para compactar residuos directamente en los remolques de transporte o para producir las balas de residuos. El funcionamiento de una estación de transferencia de carga directa con instalaciones de compactación es esencialmente el mismo que una estación de transferencia de carga directa con remolques abiertos, exceptuando el hecho de que los residuos son compactados en grandes remolques de transferencia utilizando compactadoras estacionarias. En algunos casos, una transportadora lleva los residuos hasta las instalaciones de compactación. (Tchobanoglous G. , 1994)

En la estación de transferencia de carga directa con instalaciones para compactación que producen grandes balas de residuos, se descargan los residuos desde los vehículos de recogida directamente sobre la plataforma de descarga, o directamente sobre la tolva del foso de compactación. Después de separar los materiales reciclables se utiliza un vehículo con cubiertas macizas de goma para empujar los residuos descargados en la plataforma de descarga en la compactadora. La bala de residuos compactados se carga en el semirremolque para su transporte al lugar de evaluación. Se puede minimizar el coste de transferencia produciendo una bala que, después de una expansión parcial, sea más pequeña que las dimensiones internas del vehículo de transporte semirremolque a prueba de fugas, (Tchobanoglous G. , 1994)

**d. Estaciones de transferencia carga directa con capacidad media y pequeña con compactadora.** Operacionalmente, después de pesar los camiones, éstos entran en la estación de transferencia, donde son dirigidos a un lugar de descarga. El lugar de descarga puede ser una de las tolvas individuales que alimentan una compactadora o una de las fosas rectangulares para recibir residuos. Cada fosa está equipada con una placa hidráulica, que se utiliza para empujar los residuos acumulados a la tolva de la compactadora localizada en el fondo contrario de la fosa. Si no hay semirremolques que cargar, se descargan los residuos temporalmente en la plataforma de descarga, desde donde son cargados a las tolvas de las compactadoras con un pala frontal con cubiertas macizas de goma. (Tchobanoglous G. , 1994)

**e. Estaciones de transferencia de carga directa de baja capacidad utilizadas en zonas rurales.** Utilizadas en zonas rurales y de recreo, las estaciones de transferencia de carga directa de baja capacidad, están diseñadas para que se vacíen los contenedores cargados en el vehículo de recogida para su transporte al lugar de evacuación. En el diseño y trazado de tales estaciones, que normalmente no tienen plantilla, la consideración clave es la sencillez. Los sistemas mecánicos complejos no tienen lugar en estas localizaciones. El número de contenedores utilizados depende de la zona servida y de la frecuencia de recogida que se puede proporcionar. Para facilitar la descarga, la parte superior de los contenedores se puede fijar aproximadamente en un por encima de la plataforma de la zona de descarga. Alternativamente,

la parte superior de los contenedores se puede fijar al mismo nivel de la zona de descarga, y la zona posterior de los contenedores se puede excavar para proporcionar espacio para las maniobras de los vehículos de recogida, cuando se vacían los contenedores. (Tchobanoglous G. , 1994)

El proceso de tratamiento de residuos sólidos se presenta como una alternativa frente al uso exclusivo de la disposición final, debido a:

- El incremento de los costos de disposición final, ocasionada por la poca disponibilidad de sitios adecuados, elevando los costos de adquisición y transporte.
- La degradación y escasez de los recursos naturales, así como el incremento de los costos de ciertas materias primas y energéticas necesarias para la fabricación de diversos productos.
- El interés económico (valor de recuperación) en los materiales de recuperar.

El tratamiento de los residuos es un conjunto de técnicas y métodos de procesos físicos, químicos y biológicos, que se aplican a los residuos con la finalidad de modificar sus características.

En este sentido, se procura mejorar la eficiencia de los sistemas de aseo urbano mediante un acondicionamiento de los residuos sólidos a través de una estabilización química, una compactación, embalaje o cualquier procedimiento que facilite el almacenamiento, transporte y disposición final de los residuos.

El tratamiento permite la recuperación de materiales utilizables, tales como papel, cartón, plástico, etc. Debido al valor de recuperación de estos materiales, se han desarrollado una variedad de técnicas para el aprovechamiento de cada componente.

Los residuos orgánicos combustibles pueden convertirse en productos intermedios y, finalmente, en energía mediante una incineración, digestión anaerobia o pirolisis. Sin embargo, existen ciertos condicionantes para que estos procesos se lleven a cabo. El tratamiento que sea aplicable a los residuos sólidos dependerá de ciertas características en la composición de los mismos. Por ejemplo, para llevar a cabo la incineración es necesario conocer el poder calorífico, el contenido de materias combustibles y el porcentaje de humedad. Del mismo modo, para la obtención de composta se requiere los datos acerca del contenido de materias fermentables, minerales y contenido de agua.

El tratamiento logra un control de la contaminación ambiental mediante una reducción de residuos sólidos y del potencial contaminante.

Cuando se analiza la posibilidad de introducir algún proceso de tratamiento en el sistema de aseo urbano, es necesario considerar las características de los residuos, la cantidad generada, el destino de los productos resultantes (disponibilidad en el mercado y comercialización), costos de inversión, controles

ambientales, disponibilidad de personal calificado en operación, mantenimiento y accesibilidad de repuestos.

## H. Procesos de reducción de residuos

Existen dos tipos de reducción de residuos:

**1. Reducción de residuos en la fuente de producción y punto de generación.** La Agencia de Protección Ambiental (EPA, 1989), define la reducción en la producción de residuos como:

<<El diseño, manufactura y uso de productos con el fin de reducir la cantidad y toxicidad de los desechos producidos cuando los productos han alcanzado el final de su vida útil.>>

No se puede considerar como un manejo de residuos sólidos la reducción en si, la misma tiene un impacto de consideración en todos los procesos y particularmente en la disposición final de los desechos. Es una herramienta que se puede usar para efectuar las decisiones que sean necesarias acerca de como deben ser fabricados ciertos productos y que materia prima están utilizando para fabricarlos. (Mendizábal Acevedo, 1994)

**a. Economía.** El concepto de reducir los desechos sólidos tiene beneficios evidentes dentro de un sistema de aseo urbano, logrando una menor cantidad de residuos a ser manejados y/o tratados. A simple vista, el solo hecho de tener menos residuos que manejar y/o tratar implica una reducción en desechos que llegan a la disposición final (relleno sanitario), disminuyendo los costos de manejo y prolongando la vida útil del sitio de relleno. (Mendizábal Acevedo, 1994)

Una política de reducción implica la integración de esfuerzos de parte de los distintos establecimientos comerciales, industrias, y sobre todo, del gobierno. (Mendizábal Acevedo, 1994)

Para lograr un efecto en la economía aprovechando el reciclaje, se pueden utilizar los siguientes pasos o métodos:

**1) Reutilización del producto.** Se refiere a emplear productos reutilizables, en vez de su equivalente descartable o desechable. El empleo de bolsas de supermercado que se puedan utilizar varias veces es un ejemplo. Esto se puede lograr mediante el cobro de la bolsa de plástico, de modo que la persona tenga un incentivo económico para reutilizar el producto (Mendizábal Acevedo, 1994)

**2) Reducción del volumen de material.** Se puede lograr una reducción en el volumen de empaques mediante el empleo de envases grandes de comida, usando envases retornables de vidrio, disminuir los envases superfluos (como lo es la caja de cartón en la pasta dental), emplear envases tetra pack, fomentar el uso de productos concentrados (Mendizábal Acevedo, 1994)

**3) Prolongación de la vida útil del producto.** La industria está en la capacidad de implementar técnicas que puedan llevar a que un producto tenga una mayor durabilidad o que permita un mantenimiento y reparación para que el producto no sea descartado. Un ejemplo puede ser el de las llantas, cuyo material es difícil de tratar. El reencauche permite añadir algún tiempo de vida útil a los neumáticos y, existen técnicas para producir llantas que tengan una mayor duración. (Mendizábal Acevedo, 1994)

**4) Reducción del grado de consumismo existente.** Los consumidores deben tomar conciencia del tipo de productos que están adquiriendo y en la cantidad de desechos que generan; los efectos adversos que pueden producir ciertos productos en el medio ambiente. (Mendizábal Acevedo, 1994)

Los valores sociales y culturales que los pueblos de los países en vías de desarrollo están heredando de los países industrializados, lleva a la tendencia de buscar siempre lo más rápido, conveniente y nuevo en cualquier producto que se consuma.

El mejor incentivo para disminuir la cantidad de residuos generados, lo constituye el cobro por volumen de desechos recolectados a los usuarios. Si se tiene que pagar “extra” en el servicio de recolección por una mayor cantidad de residuos generados, el consumidor tendrá la tendencia de reducir el volumen de residuos producidos. (Mendizábal Acevedo, 1994)

**b. Reducción de los residuos durante el manejo.** La educación de los residuos durante el manejo tiene como objetivo facilitar el transporte o la disposición final, minimizando el volumen de la basura a ser manejada mediante procesos de compactación, extracción de lixiviados y trituración de la basura. Sin embargo, ninguno de estos procesos puede realmente lograr la reducción en cantidad de la basura, solo se puede alcanzar un cambio en la densidad para ocupar un volumen menor. (Mendizábal Acevedo, 1994)

## I. Compost

El composteo es un proceso de degradación aerobio por medio del cual las plantas y otros desechos orgánicos se descomponen bajo condiciones controladas. Como resultado de este proceso de composteo, el volumen de los desechos se reduce de un 50 a un 85%. El producto final obtenido es una sustancia de color café oscuro o negro denominada compost o humus. (Mendizábal Acevedo, 1994)

**1. Descripción del proceso.** La composta se puede elaborar a partir de residuos de jardinería, agricultura, compuesto orgánicos de los residuos sólidos municipales, lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales y a partir de una mezcla de todos los componentes mencionados anteriormente. (Mendizábal Acevedo, 1994)

Para cualquier caso, los procesos de elaboración de composta requieren de la separación de estos compuestos orgánicos libres de contaminantes para que se puedan utilizar como materia prima. (Mendizábal Acevedo, 1994)

Seguida una separación de orgánicos, los residuos sólidos municipales pasan una trituración para reducir el tamaño de las partículas, de modo que se facilite el proceso de fermentación. Así que pasan por un cribado primario, se llevan al lugar de fermentación. (Mendizábal Acevedo, 1994)

La fermentación se puede lograr a través de la construcción de pilas o camellones y el uso de biodigestores (silos). En el primer caso, la fermentación será lenta con la necesidad de ir proporcionando la aereación. Los biodigestores permiten una digestión acelerada mediante la adición constante de agua y aire. Los mecanismos de biodegradación aerobia son:



La materia orgánica consiste en una expresión sintética de la composición química de los residuos (CHON). La misma obtenida con base al porcentaje de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y otros compuestos puede dar un índice de la calidad del compost que se obtendrá a partir de la materia prima. Los niveles de nutrientes definidos en términos de C/N pueden acelerar el proceso a medida que exista más nitrógeno, fosfato o potasio presente. (Mendizabal Acevedo, 1994)

Los procesos de composteo se ven afectados por el contenido de humedad de los residuos, haciendo que la descomposición sea más lenta o rápida. (Mendizabal Acevedo, 1994)

Siendo un proceso aerobio, la aereación que proporcione durante el proceso será importante para evitar una fermentación anaeróbica, poco calorífica con emanación de olores ofensivos. (Mendizabal Acevedo, 1994)

Dependiendo del grado de tecnología del cual se disponga, la fermentación requerirá de volteos de los camellones. La frecuencia de volteo para la aereación, se fijará según el volumen del camellón o pila de material que se tenga y tipo de materia prima disponible para la fermentación. Por lo general, la fermentación en camellones de 2 metros de altura y 4 metros de ancho requerirán de un volteado cada diez días, durante el primer mes, cuando existe una “explosión” de actividad microbiana. Después de cada volteo se observará una brusca elevación de temperatura, provocada por la aceleración de la fermentación de las bacterias aeróbicas termófilas. Durante el segundo y tercer mes, el volteado podrá efectuarse una vez al mes, mientras dure la fase activa de la fermentación. La fermentación se puede acelerar mediante el uso de un gusano californiano que participa en el proceso como un digestor aerobio. En todo caso, la duración de la fase activa de la fermentación puede variar desde 6 a 12 semanas. Después de finalizada esta fase, se requiere de un proceso de curdo que puede variar de 2 a 4 semanas. (Mendizabal Acevedo, 1994)

La fermentación acelerada también se puede lograr mediante el uso de silos, torres o biodigestores. Estos sistemas proporcionan una aereación y agua mediante mecanismos de volteo que se activan de una forma controlada. Con este sistema se puede reducir la fase de fermentación de 2 días a 4 semanas, dependiendo del tipo de digestor. Este sistema no solamente favorece la oxidación de los compuestos orgánicos, sino que permite controlar mejor la fermentación al evitar contactos exteriores con insectos, faunas nocivas y roedores. Sin embargo, el tiempo de curado permanecerá invariable. (Mendizabal Acevedo, 1994)

Finalmente, la composta pasa a través de cribas para obtener material más fino y homogéneo, eliminando grumos. Los residuos del cribado son llevados a un relleno sanitario o a una planta incineradora. El producto final de composta se coloca en un embalaje para su venta o bien se vende por camionada (Mendizabal Acevedo, 1994)

**2. Planta de clasificación de compost.** Los residuos en Latinoamérica tienen una proporción de materia orgánica fuerte entre 50 y 70%, por lo que es preferible evitar la disposición de residuos orgánicos en rellenos sanitarios por las siguientes razones.

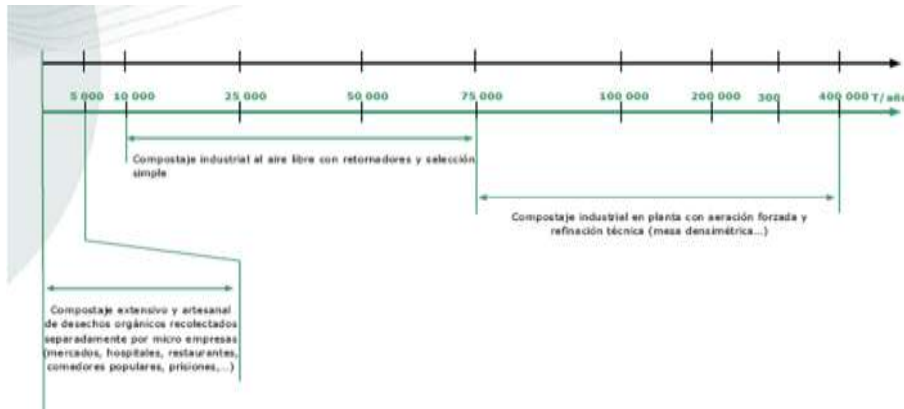
#### **Aspectos ambientales**

- Reducción de gases de efecto invernadero (GEI)
- Minimización de la producción de lixiviados
- Mejoramiento de las operaciones
- Sociales: mayor empleo y mejores condiciones de trabajo
- El compost es un fertilizante alternativo y natural

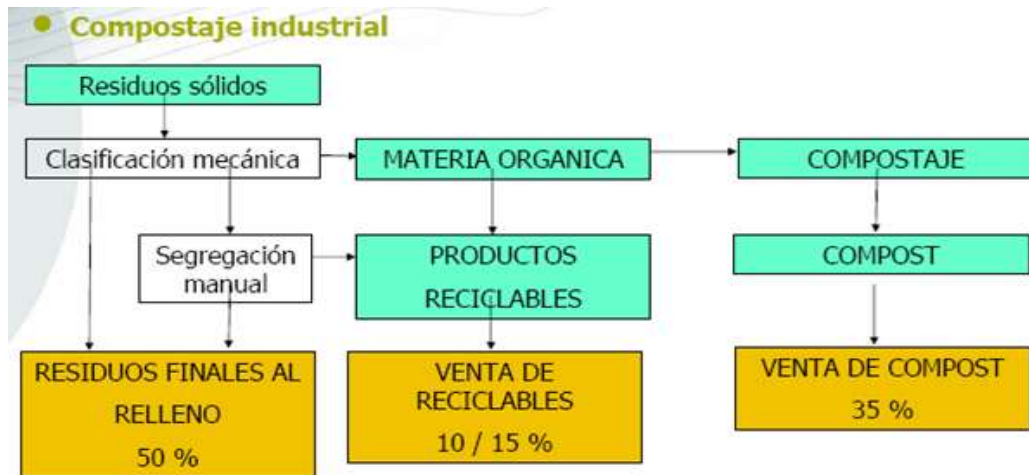
**Aspectos considerados**

- Reducción del impacto ambiental de los residuos orgánicos en el relleno sanitario
- Límites de funcionamiento de las plantas de compostaje
- Clasificación del compostaje industrial

**Ilustración 1.** Límites de funcionamiento de las plantas de compostaje



**Ilustración 2.** Clasificación del compostaje industrial



Esta planta de clasificación se compone básicamente de un tromel circular con mallas de diferentes tamaños y su objetivo es separar las partículas del compost para su posterior homogenización, retirando de paso los materiales indeseables. Este sistema tiene la función de tamizar el material fermentado y seco en tres tipos: abono de primera, abono de segunda y desechos. De forma manual, el funcionario llena la caja metálica (1 mt. x 2 mts.) que lleva el compost directamente a la malla. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

La malla rotativa tiene forma cilíndrica y sus dimensiones son 0.8 mts. de diámetro y 2.5 mts. de longitud, su accionamiento es hecho por un motor eléctrico de 3KVA trifásico y un reductor de velocidad. La malla está compuesta por 3.14 mts<sup>2</sup> de tela de 20x20 mm y por 3.14 mts<sup>2</sup> de tela de 15x15 mm. En la parte interna de la malla se encuentran anillos helicoidales que realizan el desplazamiento axial del material hasta el final del proceso. El material ya clasificado, se depositará en un recipiente receptor, que se ubicará bajo la malla. La malla se ubica a 0.50 mts. de altura sobre el piso y estará soportada por una estructura en acero SAE 1020. El compost es un proceso biológico de descomposición de materia orgánica contenida en residuos animales o vegetales, el producto final es el abono orgánico que hace el reciclaje de nutrientes al suelo a través de un proceso ambientalmente seguro. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

#### **a. Preparación previa**

**1) Recepción de la fracción orgánica de la basura.** La fracción orgánica procedente de la recogida selectiva se tamiza para eliminar las pocas impurezas que aún contenga. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

**2) Tromel.** Máquina con una gran criba cilíndrica que rueda y separa la materia orgánica del desecho basto. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

**3) Cabina de selección manual.** Este desecho pasa por un último control que se realiza manualmente. Después, un electroimán elimina los residuos metálicos que pueda haber. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

**4) Recepción de la fracción vegetal y trituración.** Residuos vegetales procedentes de la jardinería, la limpieza de bosques o la desecharía municipal son triturados. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

**5) Mezcla y homogenización.** Se mezclan las dos fracciones en las proporciones siguientes: 65-75% de la fracción orgánica sin impurezas y 25-35 % de la fracción vegetal triturada. La mezcla resultante se somete a un proceso de compostaje. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

**b. Proceso de compostaje**

**1) Disposición en pilas.** La mezcla se dispone con una pala mecánica formando pilas, dentro de un cobertizo sin paredes y encima de un pavimento adecuado para la recogida de lixiviados. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

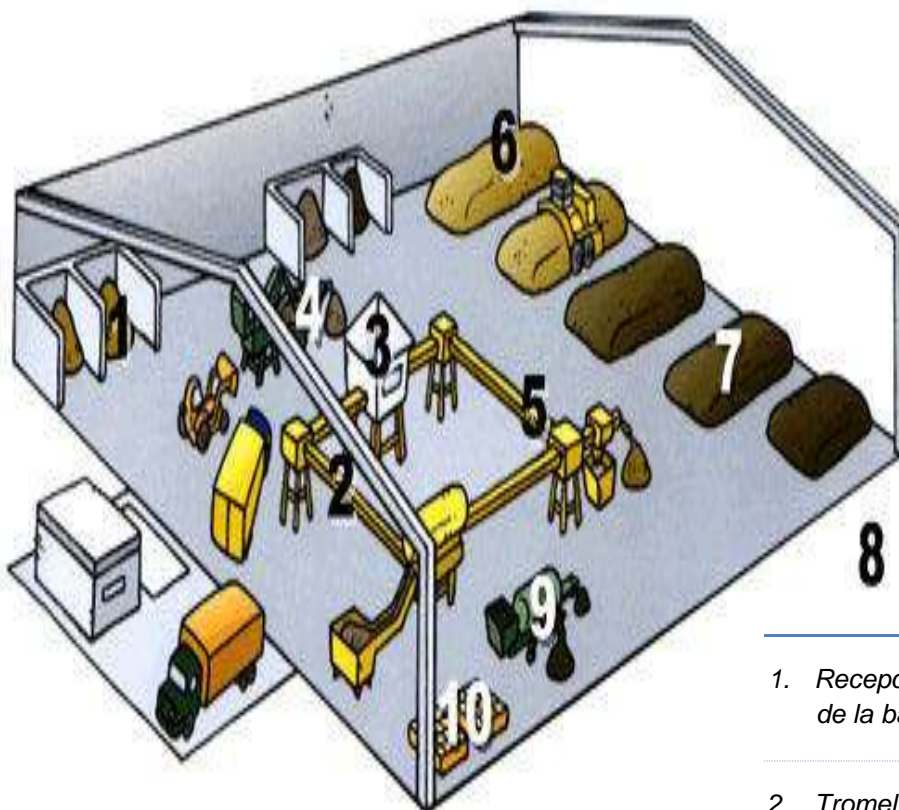
**2) Volteado de las pilas y control de las condiciones ambientales del proceso.** Para que los micro organismos puedan descomponer adecuadamente la materia orgánica, hay que mantener las condiciones de humedad y temperatura adecuadas y la concentración de oxígeno suficiente. La humedad se mantiene regando periódicamente las pilas. La oxigenación se consigue removiendo totalmente las pilas con una máquina volteadora. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

**3) Recogida de los lixiviados y de las aguas pluviales.** Los líquidos que desprenden las pilas objeto de compostaje (los lixiviados) se recogen y sirven para continuar regando las pilas. Toda la superficie de la planta está pavimentada de manera que las aguas pluviales puedan ser recogidas y aprovechadas para el riego del compost. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

**4) Cribado del compost maduro.** Al cabo de 12-14 semanas, el compost, ya maduro, se criba para obtener un material final homogéneo y fino. El desecho vegetal que pueda quedar se retorna al principio del proceso. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

**5) Compost.** Finalmente, se obtiene un compost maduro y estable que puede ser comercializado como abono o corrector de suelos. (Yurivilca Oscanoa, 2009)

**Ilustración 2.** Esquema de la preparación y proceso de compostaje



---

1. *Recepción de la fracción orgánica de la basura*

---

2. *Tromel*

---

3. *Cabina de selección manual*

---

4. *Recepción de la fracción vegetal y trituración.*

---

5. *Mezcla y homogenización*

---

6. *Disposición en pilas*

---

7. *Volteado de las pilas y control de las condiciones ambientales del proceso*

---

8. *Recogida de los lixiviados y de las aguas pluviales*

c. **Relleno sanitario.** El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública: tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo mas estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica. (OMS, 2006)

Hace poco menos de un siglo, en Estados Unidos, surgió el relleno sanitario como resultado de las experiencias, de compactación y cobertura de los residuos con equipo pesado: desde entonces, se emplea este término para aludir al sitio en el cual los residuos son primero depositados y luego cubiertos al final de cada día de operación. (OMS, 2006)

En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control. (OMS, 2006)

1) **Tipos de relleno sanitario.** En relación con la disposición final de desechos sólidos, se podría proponer tres tipos de relleno sanitario.

a) **Relleno sanitario mecanizado.** El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va mas allá de operar con equipo pesado. Esto ultimo esta relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones y los gastos de operación y mantenimiento. (OMS, 2006)

Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere el uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra; tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volquete, etc. (OMS, 2006)

**Ilustración 4.** Relleno sanitario operado con equipo pesado



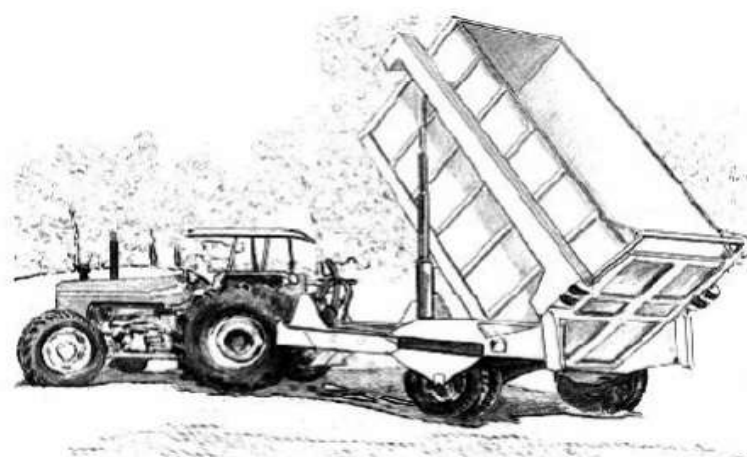
**b) Relleno sanitario semi-mecanizado.** Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de desechos sólidos en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de la basura, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semi-mecanizado.

Con base en experiencias previas, se puede afirmar que es necesario el empleo de equipos de movimiento de tierras (tractores de orugas o retroexcavadoras en forma permanente cuando el relleno sanitario se lleva más de 40 t/día de desechos sólidos. (OMS, 2006)

**Ilustración 5.** Tractor agrícola adaptado para las operaciones del relleno sanitario



**Ilustración 6.** Remolque enganchado a un tractor agrícola para la recolección de basura



c) **Relleno sanitario manual.** Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen menos de 15 t/día, además de sus condiciones económicas no están en capacidad de adquirir equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. (OMS, 2006)

Él termino manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutada con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

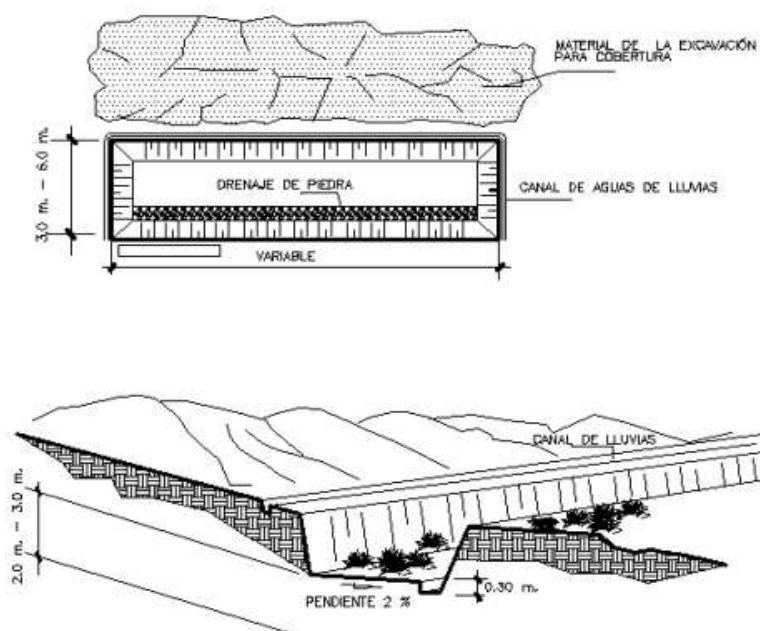
## D. Métodos de construcción de relleno sanitario

El método constructivo y la subsiguiente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. (OMS, 2006)

Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario:

**1. Método de trinchera o zanja.** Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad y un ancho aproximado de tres a seis metros, con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta 7 metros de profundidad. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. (OMS, 2006)

**Ilustración 7.** Método de trinchera para construir un relleno sanitario



Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvia dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado. (OMS, 2006)

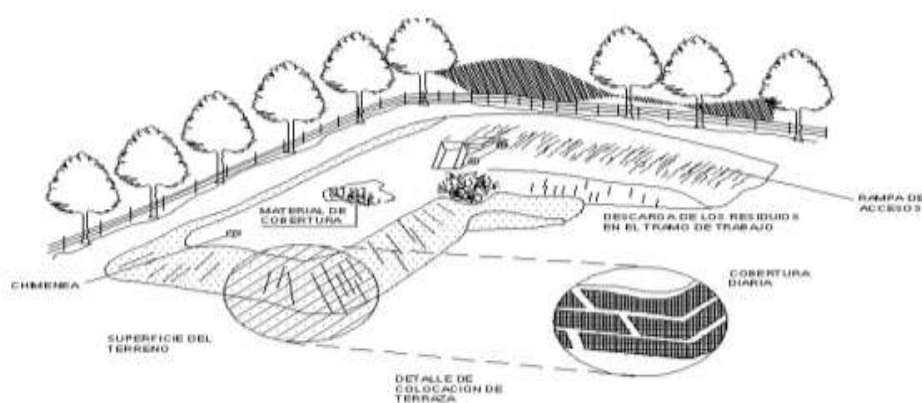
La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximos a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación. (OMS, 2006)

**2. Método de área.** En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, ésta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno. (OMS, 2006)

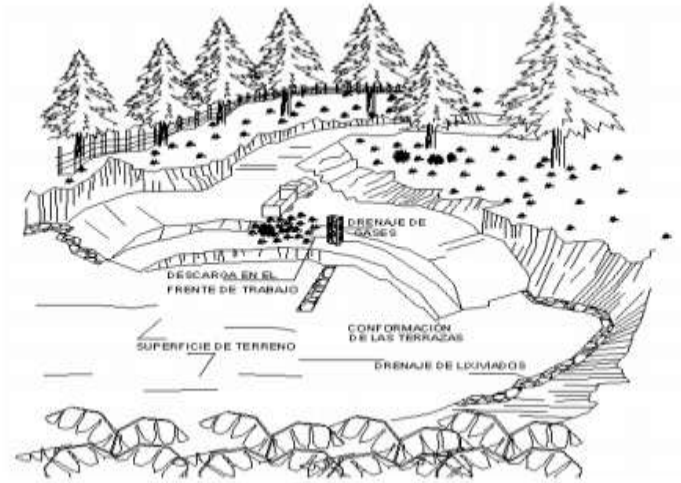
Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba. (OMS, 2006)

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno: es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación y avanzando sobre el terreno conservando una pendiente suave de  $18.4^\circ$  a  $26.5^\circ$  en el talud es decir, la relación vertical/ horizontal de 1:3 a 1: 2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3.5 %. (OMS, 2006)

**Ilustración 8.** Método de área para construir un relleno sanitario

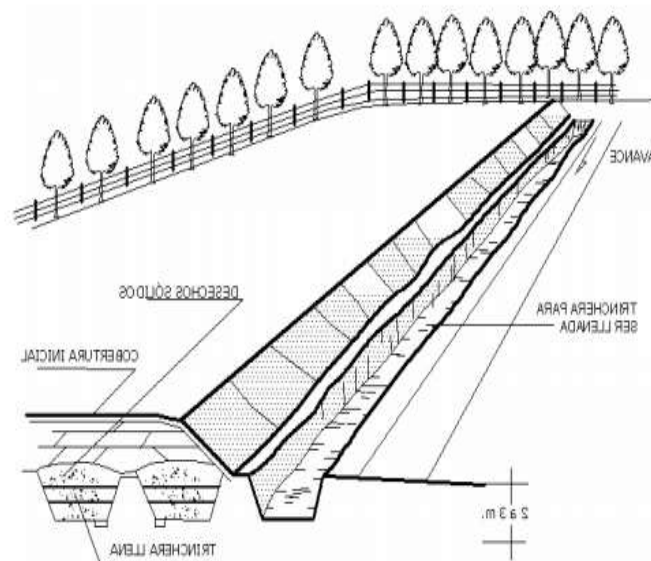


**Ilustración 9.** Método de área para rellenar depresiones



**3. Combinación de ambos métodos.** Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores resultados. (OMS, 2006)

**Ilustración 10.** Combinación de ambos métodos para relleno sanitario



**4. Principios básicos de un relleno sanitario.** Se considera oportuno resaltar las siguientes prácticas básicas para la construcción, operación y mantenimiento de un relleno sanitario. (OMS, 2006)

- Supervisión constante durante la construcción con la finalidad de mantener un alto nivel de calidad en la construcción de la infraestructura del relleno y en las operaciones de rutina diaria, todo esto mientras se descarga, recubre la basura y compacta la celda para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- Desviación de las aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.
- Considerar la altura de la celda diaria para disminuir los problemas de hundimiento y lograr mayor estabilidad.
- El cubrimiento diario con una capa de 0.10 a 0.20 metros de tierra o material similar.
- La compactación de los desechos sólidos con capas de 0.20 a 0.30 metros de espesor y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, pues con él se puede alcanzar, a largo plazo, una mayor densidad y vida útil del sitio.
- Lograr una mayor densidad (peso específico), pues resulta mucho más conveniente desde el punto de vista económico y ambiental.
- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 metros de espesor se efectúa con la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que pueda generar y sostener la vegetación a fin de lograr una mejor integración con el paisaje natural.

**5. Importancia de la cobertura.** El cubrimiento diario de los residuos y la cobertura final del relleno sanitario con tierra es de vital importancia para el éxito de esta obra. Ello debe cumplir las siguientes funciones:

- Minimizar la presencia y proliferación de moscas y aves
- Impedir la entrada y proliferación de roedores
- Evitar incendios y presencia de humos

- Reducir los malos olores
- Disminuir la entrada de agua de lluvia a la basura
- Orientar los gases hacia los drenajes para evacuarlos del relleno sanitario.
- Darle al relleno sanitario una apariencia estética aceptable.
- Servir como base para las vías de acceso internas
- Permitir el crecimiento de vegetación

## **6. Componentes de un relleno sanitario**

### **a. Infraestructura periférica**

**1) Vía de acceso.** El relleno sanitario manual debe estar cerca de una vía pública principal y de uso permanente. Es necesario reiterar que el tiempo empleado en el acarreo de basura, desde el área poblada hasta el sitio del relleno sanitario y viceversa, es más importante que la distancia. (OMS, 2006)

El camino de acceso interno también debe reunir las condiciones mínimas que garanticen el ingreso fácil y seguro al vehículo o vehículos de recolección de residuos en todas las épocas del año. (OMS, 2006)

**2) Drenaje perimetral de aguas de lluvias.** Las fuentes o pequeñas venas de agua existentes en el área del relleno deben ser desviadas y canalizadas antes del inicio de la operación. Además de interferir negativamente en la operación, su paso por la masa de residuos contribuirá al aumento del volumen del líquido percolado.

La intercepción y el desvío del escurrimiento superficial de las aguas pluviales fuera del relleno contribuyen significativamente a la reducción del volumen de lixiviado y el mejoramiento de las condiciones de operación. El canal siempre deberá ser construido en la curva de nivel que garantice una velocidad máxima que no provoque una excesiva erosión. (OMS, 2006)

### **b. Infraestructura del relleno**

**1) Drenaje y manejo del lixiviado.** Es de vital importancia construir un sistema de drenaje que servirá de base al relleno sanitario antes de depositar la basura, este sistema deberá retener el lixiviado en el interior del relleno para su almacenamiento indefinido. Con ello se logra disminuir

en buena parte su salida y evitar su tratamiento, lo que por su elevado costo es sumamente complejo y poco factible en los municipios pequeños. (OMS, 2006)

**2) Drenaje de gases.** El drenaje de gases está construido por un sistema de ventilación de piedra o tubería perforada de concreto (revestida con piedra) que funciona a manera de chimeneas o tubos de ventilación que atraviesan en sentido vertical todo el relleno.

Estas se construyen conectándolas a los drenajes de lixiviado que se encuentran en el fondo y se las proyecta a la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases. (OMS, 2006)

**3) Suelo de soporte.** Debe ser lo suficientemente impermeable para evitar que los lixiviados se infiltren hacia los cursos de aguas subterráneas, y así facilitar su captación. Como medida de protección ambiental es recomendable impermeabilizar el suelo de fondo con material arcilloso técnicamente compactado y/o utilizar geo membranas apropiadas para estos fines. (OMS, 2006)

**4) Material de cobertura.** Sirve para tapar los desechos sólidos, con el objeto de neutralizar los malos olores y eliminar la presencia de vectores como moscas y roedores.

Todos los líquidos, captados por los drenajes de lixiviados, son descargados en un tanque de almacenamiento, para posteriormente ser tratados o recirculados hacia la parte alta del relleno. (OMS, 2006)

**5) Área de terreno.** El área de terreno debe ser lo suficientemente grande, que sirve para garantizar una vida útil del relleno, de 10 a 20 años, por lo menos. (OMS, 2006)

## V. RECICLAJE DE MATERIALES

El reciclaje es el proceso por el cual se utiliza nuevamente un material de desecho, ya sea en el mismo ciclo de producción o en otro ciclo que permita dar al residuo un valor económico positivo.

La segregación de materiales y la obtención de productos después que han sido descartados por el consumidor es solamente la primera fase del proceso de reciclaje, estos materiales deben ser procesados o re manufacturados. Sólo hasta el momento en que estos materiales reprocesado sean reutilizados o se encuentre un uso para los mismos, el ciclo de reciclaje estará completo. (OMS, 2006)

### A. Metal

**1. Chatarra.** La historia del reciclaje de chatarra se remonta a hace más de 5,000 años desde los primeros días de la fabricación del hierro. El uso de la chatarra comenzó en Norteamérica hacia 1642, cuando se fabricó el primer horno para el hierro en Massachusetts. Durante la Revolución americana, las teteras y los botes de hierro fueron fundidos para la fabricación de armas. Durante la guerra de Secesión, los ciudadanos donaron objetos viejos de metal. Las campañas para conseguir chatarra en tiempos de guerra continuaron hasta la guerra de Corea. (Lund, 1996)

El aumento de la demanda de productos metálicos durante la Revolución Industrial afectó mucho a la industria de la chatarra. El crecimiento de la demanda provocó una subida del valor de la chatarra, lo que estimuló el incremento del número de chatarreros; estos proporcionaban metal obsoleto a fábricas y funciones. (Lund, 1996)

La chatarra propia e industrial es un producto secundario procedente del proceso de fabricación. La chatarra propia se origina en la fábrica de acero; está formada por lingoteras y mazas rotas, recortes de placas y chapas rechazadas del tren de laminación. La chatarra industrial incluye los recortes de una planta estampadora para automóviles o de un fabricante de mesas metálicas y la viruta de un torno en una fábrica de mecanización. La chatarra industrial surge como consecuencia de las operaciones normales de mecanización, estampado y fabricación en la creación de productos elaborados con acero. (Lund, 1996)

La chatarra obsoleta, la tercera categoría importante, aparece cuando un producto de hierro o acero ha cumplido su vida útil y se desecha. Los ferrocarriles son una fuente de chatarra obsoleta; casi todo lo que pertenece a un ferrocarril está elaborado con hierro o acero, y cuando ya no útil, se desecha como chatarra. (Lund, 1996)

**2. Aluminio.** El metal es uno de los materiales más comunes. Para los que empiezan a reciclar, las latas de aluminio son algo perfecto debido a que pesan poco, son fáciles de recoger y de guardar. La mayoría de las personas tenemos un contenedor situado no muy lejos de casa en donde podemos dejar este material. (Castells, 2000)

Cuando se descubrió, el aluminio valía más que el oro. La primera vez que se utilizó fue para hacer un sonajero para el hijo de Napoleón. El aluminio se empezó a obtener en 1886, a partir de la bauxita. Más de cien años después, se ha convertido en el material no férreo más utilizado. Actualmente se consumen en todo el mundo 25 millones de toneladas en sus diversas aplicaciones. (Castells, 2000)

Reciclar latas de aluminio es rentable. Es mucho más barato reciclarlas que fabricarlas con un metal nuevo. El reciclaje del aluminio ahorra el 95% de la energía total que se utiliza para fabricar el material a partir de la bauxita. Esto significa que se pueden fabricar 20 latas con material reciclado utilizando la misma energía que se necesitaría para fabricar una con material nuevo. Fabricar latas a partir de aluminio reciclado reduce la contaminación relacionada con el proceso de fabricación en un 95%. (Castells, 2000)

Es fácil encontrar contenedores de latas. En cuanto a otros productos de aluminio, algunos chatarreros los aceptan aunque sea en pequeñas cantidades, debido a que es valioso. Y si no este material se puede llevar a un punto de recolección del mismo. (Fischer, 2000)

**Latas.** Aplastarlas facilita su almacenamiento y su transporte.

**Papel aluminio.** El papel aluminio al igual que las bandejas de pasteles, de comida preparada, etc., son reutilizables y reciclables. Para el momento de llevarlas a los puntos de recolección, mejor si estas están limpias. (Castells, 2000)

**Otros.** Hay también otros artículos de aluminio de uso común, como marcos de ventanas y muebles de jardín, estos deben llevar a un punto de recolección o bien avisar a empresas dedicadas a la recolección del mismo para que este sea recogido. Para saber si un artículo es de aluminio, se comprueba con un imán debido a que el aluminio no es magnético. (Castells, 2000)

**3. Hojalata.** Además de las latas de aluminio están las latas de hojalata. Se encuentra dentro de este todo tipo de alimento: verduras, pescado, carne, comida preparada, comida para animales, etc. (Fischer, 2000)

Las latas de hojalata son tan fáciles de fundir y volver a utilizar como las de aluminio. La hojalata con la que se envasan la mayor parte de las conservas no es otra cosa que acero, es decir, hierro ligeramente estañado para evitar así la corrosión. Se trata de un envase 100% reciclable y los materiales que se utilizan para fabricarlas a partir de materias primas. (Fischer, 2000)

Éstas se pueden llevar a un contenedor de latas a un punto de recolección de latas o específicamente a un centro de recolección de latas. Estos dos centros de recolección son una buena opción para ser reciclados. (Fischer, 2000)

Si las llevas a un punto de recolección, es mejor que estas sean guardadas separadas del aluminio. Y para evitar que estas ocupen un mayor espacio se es recomendable aplastarlas. (Fischer, 2000)

Algunas tienen base de acero y la tapa de aluminio, pero pueden ser depositadas con las que son de acero. La manera más fácil de saber si son de acero es comprobándolo con un imán. Los metales férricos como la hojalata y el acero son magnéticos. (Tchobanoglous G. , 1994)

**Latas de aerosoles.** Cuando este material está vacío son técnicamente reciclables, estas pueden llegar a ser caras y a los recicladores les resulta difícil colocarlas. Los propulsores son generalmente inflamables y a veces han explotado dentro de los camiones que transportan la basura. La mejor solución para este material, es evitar la compra del mismo. (Fischer, 2000)

**4. Acero.** Una industria de acero que utilice acero reciclado reduce la contaminación ambiental, del agua y los residuos de minas relacionados con este proceso, aproximadamente un 70%. Se gasta cuatro veces más energía para producir acero a partir de un mineral virgen que la que se gasta para producir la misma cantidad con materiales reciclados. (Lund, 1996)

Este es el producto que con mayor frecuencia los chatarreros recogen, si bien no todos aceptan pequeñas cantidades. (Tchobanoglous G. , 1994)

Dentro de los materiales más comunes existentes en nuestro hogar son las sillas plegables, herramientas rotas, accesorios de fontanería, tubos, cuadros de bicicletas, etc. Las piezas de hierro pueden reciclarse junto con las de acero. Para esto es necesario quitar todas aquellas piezas que no sean acero como: madera, textil, plástico, aluminio. Si no estás seguro que sea acero haz la prueba con un imán. El

acero es magnético. Es importante hacer notar que el óxido no perjudica en procesos de reciclaje. (Fischer, 2000)

**Automóviles.** Lo que la mayoría de la población considera un depósito de chatarra son en realidad, centros muy eficaces de reciclaje de automóviles. (Fischer, 2000)

Después de recuperar las partes que se pueden vender, los chatarreros separan los componentes que quedan según el tipo de material: acero, aluminio, cobre, zinc, cristal y diversos tipos de plásticos y luego estos son preparados para ser reciclados. (Fischer, 2000)

**Otros artículos.** Las *latas de pintura* aunque estas puedan ser depositadas en un contenedor de latas, es importante tomar en cuenta que la pintura es un residuo peligroso, ya que si tienen demasiado restos de pintura, es importante que primero sea llevado a un centro de recolección donde le puedan dar una limpieza para luego tener un buen proceso de reciclado. (Fischer, 2000)

**Las perchas** estas contienen un nivel muy bajo de acero por lo que su probabilidad que sean aceptadas en un centro de recolección es muy bajo y no las acepten como material reciclable. Como alternativa es recomendable estas se pueden regalar a tiendas de artículos de segunda mano o a tintorerías. (Fischer, 2000)

Los **calentadores** estos son denominados también como: buena chatarra. Lo único recomendable es retirarle el material aislante que estos contienen y el cual se encuentra en el depósito y lámina del metal. (Fischer, 2000)

**a. El ciclo de reciclaje en el acero.** Actualmente, la industria siderúrgica recicla el 66% de todo el acero producido, incluyendo los mercados domésticos y extranjeros de chatarra férrea. Los vehículos, los grandes electrodomésticos, la maquinaria e incluso las superestructuras de los edificios demolidos siguen proporcionando la chatarra de acero que se emplea para producir acero nuevo. (Lund, 1996)

**1) Reciclaje de las latas de acero para múltiples alternativas comerciales.** Todas las latas de acero son especiales en muchos sentidos; son magnéticas, contienen material reciclado y siguen siendo un envase fuerte y fiable para una gran variedad de productos. Pero las latas de acero tienen además otra característica especial, tienen muchas vidas, en forma de otros productos de acero. Todo el acero producido contiene alguna cantidad de acero reciclado. Pero, cuando se funde para fabricar acero nuevo, los diferentes tipos de chatarra no están limitados a un tipo específico de producto. Esto quiere decir, que la chatarra férrea utilizada para la elaboración de una lata de acero podría haberse obtenido de otras latas de acero, de un automóvil viejo, de un frigorífico desechado y de cualquier otro producto de acero. Y la lata de acero, cuando se recicle, ayudará a fabricar un automóvil, un

electrodoméstico o incluso una lata de acero nueva. La diversidad que permite la utilización de la chatarra hace del acero un tipo de material muy especial. (Lund, 1996)

2) **Usos finales alternativos para las latas de acero.** Un ejemplo de uso alternativo para las latas de acero sería la precipitación del cobre. Algunas instalaciones de desestañamiento separan el estaño de las latas de acero y venden éstas para utilización como hierro de precipitación con el fin de recuperar el cobre de los minerales de baja calidad. En la minas, el producto desestañado se coloca en una disolución de sulfato de cobre, lo que provoca una reacción química que precipita el cobre de la disolución para su extracción. Las latas de acero son ideales para este uso porque son delgadas y se disuelven rápidamente. Este proceso ayuda a que el cobre pueda ser utilizado en el mineral de baja calidad. El proceso permite una utilización de los recursos más eficaz y consigue retrasar la necesidad de una mayor actividad minera. (Lund, 1996)

## 5. Otros metales

**Acero inoxidable.** En una casa puede haber más acero inoxidable de lo que uno se imagina debido a que en casa pueden haber: cubiertos, fregaderos, marcos de ventanas, electrodomésticos, herramientas, etc. (Fischer, 2000)

El acero inoxidable contiene como máximo un 10% de cromo, por lo tanto este puede ser reciclado como acero normal. (Fischer, 2000)

**Cobre.** Como se sabe este es un material caro el cual podemos encontrar en la tuberías, los cables de teléfono y otros cables, y en los radiadores de los automóviles. (Fischer, 2000)

**Latón.** Este al igual que el cobre es un material altamente apreciado. Se puede encontrar en los accesorios de fontanería, tuberías, herramientas para la chimenea, tornillos, pomos de puertas y bisagras. (Fischer, 2000)

## B. Vidrio

El vidrio no tan sólo tiene la ventaja de que se recicla fácilmente, sino que este material gusta a la mayoría de gente debido a que tiene tacto. Es una atracción antigua. Las botellas y jarrones de vidrio han formado parte de la cultura por más de 3,000 años. El reciclaje del vidrio es una tradición histórica y de nosotros depende que continúe haciéndose dentro de 3,000 años. Este material nunca se estropea y se puede reciclar continuamente. (Fischer, 2000)

**Proceso de reciclaje.** Antes de que este material reciclado sea enviado a los fabricantes, se rompe para que ocupe un menor espacio. Cuando este está roto, se le denomina vidrio de desecho, este llega a la fábrica de vidrio, para por un aparato que quita los anillos de metal de las botellas y luego en un proceso de aspirado el cual elimina las capas de plástico y las etiquetas. Cuando este está limpio, está listo para ser fundido. (Fischer, 2000)

El vidrio es difícil de eliminar porque es indestructible. Hay envases de vidrio retornables los cuales después de un proceso de lavado se pueden volver a utilizar con la misma finalidad. Una botella de vidrio puede ser reutilizable entre 40 y 60 veces, con un gasto energético del 5% del de reciclaje. Por lo que se convierte una de las mejores opciones. El vidrio es 100% reciclable y mantiene el 100% de sus propiedades. Con un kilogramo de vidrio viejo se obtiene un kilogramo de vidrio reciclado. Para producir 10,000 kg de vidrio reciclable se consumen 12,000 kg de materias primas como lo son el sílice, carbonato de calcio, carbonato de sodio. Y la energía de 1,000 kg de petróleo. Por cada tonelada de vidrio reciclado se ahorra más de una tonelada de recursos. (Lund, 1996)

El reciclaje del vidrio ahorra entre un 20% y 30% de la energía que se utiliza para fabricarlo, debido a que su fusión se consigue a temperaturas mucho más reducidas que la fusión de minerales. Una tonelada de vidrio producido con materias primas genera 174 kg de residuos y utilizar un 50% del vidrio reciclado lo reduce en un 75%. Por cada tonelada de vidrio nuevo que se fabrica se generan 12 kg de contaminación atmosférica. Reciclar este material reduce la contaminación entre un 14% a un 20%. (Fischer, 2000)

**Preciclar.** De preferencia es recomendable que te decidas por la botellas retornables, estas pueden ser esterilizadas y reutilizadas varias veces previo a su reciclaje. Este tipo de botellas cada vez es mucho más difícil de encontrarlas, pero es deber de nosotros, que estas vuelvan a aparecer. (Fischer, 2000)

**Guardar.** Una manera muy fácil y eficaz de poder guardar las botellas retornables es conseguir una caja en la que regularmente van guardadas la botellas y colocarlas así vacías. Es más seguro guardarlas en cajas que en bolsas. Los contenedores en los cuales se recogen este tipo de materiales aceptan todos los colores mezclados, pero estos son llevados a un lugar de selección y son separados por colores. Es importante procurar no romper el vidrio, debido a que su manejo sin romper es mucho más fácil. (Fischer, 2000)

**Reciclar.** Es recomendable quitar todo tipo de tapaderas y chapas. Las chapas de acero se puede reciclar junto con las latas de acero. No hace falta quitar lo anillos , etiquetas de plástico y papel, ya que se eliminan en el proceso previo a ser reciclado. Procura tirar los restos de comida y bebida que estos puedan contener y así evitar que se acerquen animales, produzcan malos olores ya que todo esto es molestia para las personas que manejan estos materiales previo a ser reciclados. En caso se recoja un botella en un lugar

público, trata de eliminar todo rastro de tierra o polvo que este contenga, pues con una piedra en el interior del mismo puede echar a perder toda una carga de vidrio. (Fischer, 2000)

**No incluir.** Cristales de ventanas, espejos, Pyrex, vasos, ya que este tipo de vidrio no se funde a la misma temperatura que las botellas. Cerámica, esta es de suma importancia no incluirla debido a que este material contamina el vidrio. (Fischer, 2000)

**1. Otros tipos de vidrio.** Los cristales de ventanas y otros vidrios son diferentes a los vidrios de las botellas y botes. Debido a que el de las ventanas contiene una sustancia llamada boro, el de los automóviles contiene plástico, el del cristal contiene plomo, los espejos contiene un revestimiento en una cara del vidrio y todo esto hace que el proceso de reciclaje sea mucho más complicado. (Fischer, 2000)

Alrededor del 4% de los residuos en los vertederos es vidrio de estos tipos. La mayor parte del reciclaje de estos tipos de vidrios lo hacen los mismo fabricantes volviendo a fundir los restos de producción de estos materiales. Las bombillas no se pueden reciclar al igual que los espejos y lo cristales. (Fischer, 2000)

La nueva y más importante oportunidad de reciclaje para estos tipos de vidrio es el agregado. Los cuales son materiales los cuales pueden ser utilizados como relleno o base en la construcción de carreteras. (Fischer, 2000)

En cuanto se refiere a los cristales de ventanas, en algunos lugares es recogido para ser utilizados en la fibra de vidrio, pero actualmente esta técnica ha sido muy cuestionada porque si este producto se rompe puede soltar un tipo de polvo que luego puede se inhalado. (Fischer, 2000)

## C. Plástico

En 1989 se fabricaron unos 26,000 millones de kilogramos de plásticos para venta y uso en Estados Unidos; esta producción estaba formada por, aproximadamente, 25 categorías de materiales. De esta cantidad, la mitad pasó a formar parte de los residuos sólidos urbanos. Según EPA, los plásticos constituyen el 8% en y el 20% en volumen de los 180 millones de toneladas anuales de residuos sólidos urbanos producidas en Estados Unidos. (Lund, 1996)

Aproximadamente la mitad de los plásticos presentes en las basura son material de embalaje, y cerca de 450 millones de kilogramos son plásticos postindustriales. La industria de plástico recicla

anualmente varios miles de millones de kilogramos de termoplásticos procedentes de los recortes y canales secundarios de moldeo de su proceso de fabricación. A esto se le denomina regranulado. Este material está relativamente limpio y generalmente formado por un solo polímero. Los recortes se recolectan y después se densifican o se trituran para mezclarlos con la resina virgen al principio del proceso. La importancia de este proceso radica en el hecho de que demuestra la reusabilidad de un material que de otra forma sería desechado. (Lund, 1996)

El enfoque principal del reciclaje de los plásticos se centra sobre el componente termoplástico, que supone el 75% de todos los plásticos fabricados. El espectro entero de los embalajes es termoplástico. (Lund, 1996)

**1. ¿Qué es el plástico?** Este material se obtiene de una resina de petróleo o del gas natural. Los fabricantes adquieren la resina de empresas químicas, éstas son fundidas y le agregan otro tipo de sustancias químicas. Este líquido caliente es moldeado a presión, luego se endurece y es así como se obtienen los recipientes plásticos. (Lund, 1996)

**2. ¿Cuántos tipos de plástico existen?** Se utilizan casi 50 tipos distintos para las cosas que se usan cotidianamente en lo que se encuentran los teléfonos, tuberías, embalajes, etc. Los principales tipos de plástico que se utilizan son: PEAD, PEBD, PVC, PS, PP u PET. (Ladreda, 2008)

En la mayoría de los casos no se puede diferenciar un plástico de otro y es por esto que en algunos países las industrias que se dedican a trabajar con este material, han introducido un código. A cada uno de estos siete tipos de plástico les corresponde un número de 1 a 6 y el número 7 significa que ese tipo de plástico no es reciclable. La manera en la que se puede identificar si una botella de plástico es de PVC o PET radica si en la base de estas hay una señal en forma de círculo significa que es PET. El envase PVC lleva una especie de costura en la base. Además las botellas fabricadas de PET nunca tiene costuras a diferencia de las PVC. (Ladreda, 2008)

PEAD: las bolsas de plástico están hechas de PEAD y PEBD. Es fácil ver la diferencia debido a que las bolsas de PEAD hacen ruido cuando estas son dobladas, mientras que las fabricadas de PEBD cuando se tocan pareciera como si tuvieran un poco de cera, son menos ruidosas y el materia cede con más facilidad. (Ladreda, 2008)

PEBD: aparte de las bolsas, también se hacen con este material las láminas de plástico transparente de los artículos para la construcción, sacos, bidones, etc. (Fischer, 2000)

PVC: generalmente es brillante y resistente. Una manera de identificar este material es si en este aparece una raya blanca cuando se dobla. Las botellas transparentes de un todo azulado suelen ser PVC, como lo es en el caso de algunas botellas de agua mineral. (Fischer, 2000)

PS: es un material color blanco, muy ligero y conocido también como porexpán. (Fischer, 2000)

PP: generalmente es opaco. Prácticamente todos los tapones y las tapas de plástico están fabricados con este material. (Fischer, 2000)

PET: generalmente es transparente o verde claro. Las botellas de refrescos siempre son de este material porque es el único plástico que conserva el gas. (Fischer, 2000)

El proceso de fabricación del plástico ¿Es peligroso?

La industria del plástico utiliza cinco de los seis los seis primeros entre los productos químicos que se considera generan los residuos más peligrosos durante el proceso de producción. (Fischer, 2000)

**3. ¿Cómo se recicla?** El método básico consiste en desmenuzarlo en pequeñas tiras. Estas tiras se limpian, se secan y se vuelven a derretir y se hacen bolsas para volverlo a utilizar nuevamente. (Fischer, 2000)

#### **4. Botellas de plástico**

PEAD. Polietileno de Alta Densidad

Se utiliza para la elaboración de botellas de leche, de agua, cajas de mantequilla, botellas de detergentes, envases de aceite lubricante, botellas de lejía, etc. Este material tiene como característica ser duro y ligero, en la mayoría de los casos es de colores y esta por todos lados: el 62% de todas las botellas de plástico están fabricadas con este material.

Hasta hace poco en Estado Unidos no se reciclaba este tipo de plástico, aún siendo el que más se utiliza. Pero debido a que en la actualidad la obtención de un lugar para que este funcione como vertedero es muy difícil de conseguir y que los consumidores se fijan cada vez más en los materiales que se utilizan para envasar productos, la industria del plástico ha empezado a preparar programas de reciclaje.

¿Qué se puede hacer con el PEAD reciclado?

A partir del PEAD reciclado se pueden fabricar productos como macetas para plantas, cubos para la basura, contenedores de reciclaje para la calle, botellas para detergente, sacos industriales, tuberías, etc. (Fischer, 2000)

PET. Politeraftalo de Etileno

Este es el material del cual están fabricadas las botellas de las bebidas carbónicas (refrescos). Y cada vez más se utilizan para envasar agua mineral, en lugar de PVC. (Fischer, 2000)

¿Qué se puede hacer con el PET reciclado?

Este en realidad es un tipo de poliéster, y debido a eso tiene varias aplicaciones, dentro de estas se encuentran alfombras, fibras, camisas, bufandas. Aproximadamente una tercera parte de toda la moquera fabricada en Estados Unidos contiene botellas de PET recicladas. (Fischer, 2000)

**Preciclar.** Si en donde está ubicado no se acostumbra a reciclar el PET, recicla botellas de vidrio. Si tampoco se recicla PEAD, procura encontrar productos que estén envasados en botellas de plástico como por ejemplo, detergentes en cajas de cartón. Siempre que sea posible reutilizar lo envases, hazlo. Pero siempre es importante marcar estos para poder así evita confusiones y, no pongas sustancias peligrosas en recipientes en donde había productos de alimentación. (Fischer, 2000)

**Recicla.** Es importante mantenerlas limpias y así evitar que atraigan insectos. Se recomienda quitar los tapones de aluminio y juntarlos con latas de aluminio. Aplasta las botellas ya que esto te ayudará para transportarlas de una forma mas fácil al igual que te permitirá no ocupar mucho espacio en su almacenaje. (Fischer, 2000)

## 5. Envoltorios plásticos

PEBD. Polietileno de Baja Densidad

Es el material fino y transparente con el que se fabrican las bolsas de plástico de comida, la bolsas de plástico de las tintorerías, el envoltorio de los casetes y Cds, etc. (Fischer, 2000)

Este material parece consiste en una capa muy fina casi como una película fotográfica, y es el producto líder en todos los envoltorios de plástico. Sólo en Estados Unidos es utilizan alrededor de 5 millones de toneladas y se recicla en pequeñas cantidades. (Fischer, 2000)

En la actualidad no se ha aprobado que las bolsas de plástico biodegradable se descompongan en los vertederos sin consecuencias negativas. Las bolsas se descomponen en trozos invisibles, definitivamente estos son tóxicos. Y debido a esto es que se recomienda su reciclaje. Cuando más PEBD reciclemos, será menor la cantidad que necesitaremos producir. Esto a su vez significa que disminuirá la cantidad de petróleo y gas natural empleado en su proceso, y por otro lado se producirá una menor cantidad de sustancias químicas, como el benceno. La bolsa de plástico es uno de los pocos productos reciclables del cual podemos obtener el mismo resultado, bolsas. (Fischer, 2000)

**Preciclar.** La manera más eficaz de enfrentar el problema de los residuos, es la producción de estos en menores cantidades, la mayor parte de PEBD que nos rodea se debe a que entra a nuestra vida como envoltorios. Debido a que éste se refiere a las bolsas de plástico con las que nos entregan los productos en los supermercados. Si puedes evitar recoger prendas en la tintorería sin bolsa, hazlo. Trata de utilizar la misma bolsa varias veces. (Fischer, 2000)

**No reciclar.** Las hojas de plástico adhesivas ni el celofán con el plástico.

## 6. Tapas y tapones

PP. Polipropileno

Éste es el utilizado para la fabricación de cosas que apenas nos fijamos, dentro de éstas se encuentran tapones para botellas de plástico, tapas de plástico, cañas para beber, fibras para las escobas, cuerdas, envases de yogur y queso fresco, y también se utiliza para pañales desechables. Este material se recicla en pequeñas cantidades. Técnicamente es reciclable pero hasta este tiempo la industria del plástico se ha esforzado muy poco en este tipo de material. (Fischer, 2000)

El polipropileno es el más ligero de los plásticos principales, aproximadamente la mitad es utilizado para la elaboración de envases y envoltorios. Teóricamente, si este material se reciclará se reduciría la cantidad de fabricación de polipropileno y esto sería un gran paso ya que este se encuentra entre las peores sustancias tóxicas. Cuando este material se incinera, desprende níquel el cual es un metal muy tóxico del cual se ha descubierto que aumenta la incidencia de cáncer de pulmón y nariz. (Fischer, 2000)

## 7. Vasos y bandejas

PS. Polietileno/Porexpan (polietileno expandido)

Este producto no es biodegradable en absoluto. Simplemente este no desaparece; después de 500 años, el año que podemos haber utilizado, estará en un vertedero. Las bandejas de comida rápida preparada son las únicas que se pueden reciclar. Estas son colocadas en agua, se pasan por una criba que las rompe en trozos, éstos se lavan, se secan, se derriten y se hacen escamas las cuales son vendidas a las industrias para fabricar nuevos artículos. El polietileno no sólo se utiliza para hacer este tipo de recipientes, de éste también se elaboran envases para helados, granizadas, etc. Y también se utilizan en embalajes. El polietileno que no se entierra ni se quema termina en el mar, en donde puede llegar a afectar a algunos animales, como lo son las tortugas, debido a que éstas lo confunden con comida. El polietileno es fabricado con benceno, la cual es una sustancia carcinógena. Ésta se convierte en estireno y después le inyectan gases como el pentano, encargado de producir niebla. (Fischer, 2000)

**Preciclaje.** Reciclar productos fabricados con polietileno no es lo mismo que reciclar vidrio debido a que con éste material no se fabrican vasos y platos a partir de los viejos y, por lo tanto, el reciclaje no reducirá la cantidad de material virgen que se utiliza para la fabricación de millones de nuevos vasos y artículos que utilizamos diariamente, y esto, tampoco reducirá la contaminación. Lo mejor que se puede hacer con este material es encontrar uno que lo sustituya y el cual se puede volver a utilizar. (Fischer, 2000)

## 8. Otros artículos de plástico

PVC. Policloruro de Vinilo

Este es utilizado también para fabricar botellas de agua, shampoo, de aceite, mangueras, suelos, cortinas para el baño, tarjetas de crédito y muchas cosas más, pero su principal uso es para la elaboración de persianas y marcos de ventanas y puertas. Es un material que se puede reciclar pero muy pocas industrias lo hacen debido a que requiere procesos más complejos. (Fischer, 2000) (Fischer, 2000)

Desde que en 1987 la ciudad alemana de Bielefeld inició la eliminación del PVC, muchas ciudades han hecho iniciativas semejantes las cuales no han dejado crecer y actualmente estas están en aumento. En países como Austria, Dinamarca, Alemania, Suecia, Francia, Bélgica y Suiza poseen restricciones e incluso prohibiciones acerca del uso de PVC, especialmente para envasar alimentos o bebidas. Aún así, algunos expertos consideran que la película de plástico con PVC que es utilizada para envasar alimentos frescos es un material ideal para esta función y que los peligros de este son mínimos, aunque no dejan de ser problemas. El PVC contiene compuestos de cloro. Por lo tanto, cuando es incinerado con otras basuras expulsa ácido clorhídrico, la cual es una sustancia corrosiva. (Fischer, 2000)

Cuando se recicla, es importante que este material esté separado de los otros tipos de plástico, debido a que un poco de este puede hechar a perder toda una partida de plástico reciclado, además de la maquinaria. La principal razón es que si se calienta mucho puede convertirse en un ácido clorhídrico y comerse el cromo de la maquinaria de reciclaje. (Fischer, 2000)

## **D. Papel**

El papel constituye aproximadamente el 40 % de los residuos sólidos en Estados Unidos y el 85% de los residuos post consumidor recuperados para el reciclaje. Actualmente se recupera casi el 32% del papel en Estados Unidos. Esta tasa de recuperación indica la importancia que tiene el papel reciclado en la fabricación de productos de papal en Estados Unidos. (Lund, 1996)

El papel adquiere cada vez una mayor importancia en la vida empresarial e individual. Entre 1980 y 1990, el uso del papel en Estados Unidos se incremento a doble velocidad que el producto nacional bruto. Como el papel es nuestro material residual más prolífico, supone un desafío importante en la gestión de los residuos sólidos. Sin embargo, existen muchas posibilidades de reciclaje gracias a la creciente industria dedicada al reciclaje del papel. (Lund, 1996)

**1. ¿Cómo se fabrica?** Para la fabricación de este material, se hace una pasta hirviendo en el agua virutas de madera y una cantidad de sustancias químicas en una batidora industrial; así se separan las fibras de la madera de la lignina, el cual es un elemento que se encarga de mantener la madera unida. Luego estas fibras pasan por un proceso de molienda y queda una pasta parecida a la harina. Esta mezcla es blanqueada con cloro, excepto aquella que se utiliza para la elaboración de papal marrón, como el cartón. El blanqueado con cloro produce dioxinas. En la actualidad con el uso de la tecnología para la producción de pasta de madera y papel produce alguna de las emanaciones más tóxicas dentro de las industrias. Pero todo esto está cambiando debido a que para evitar todas estas emanaciones las industrias están utilizando blanqueadores sin cloro. Además se le agrega almidón para que todas estas fibras se unan y poder así, secar el material. (Lund, 1996)

Para fabricar 1000 kg de papel de buena calidad se necesitan 3300 kg de madera. El papel tiene como ventaja que se puede llegar a reciclar hasta siete veces y esto depende de la longitud de las fibras que este posea. El papel junto con el cartón puede llegar, en peso, al 25% del total de la cantidad de residuos domésticos. El papel reciclado es utilizado básicamente para la elaboración de cartón y para embalar. (Lund, 1996)

**2. ¿Cómo se recicla?** En una batidora industrial es mezclado el papel troceado con agua templada, se calienta y luego es machacado para producir una pasta. Se remueven todos los materiales ajenos al papel como lo son los espirales y clips al igual a la tinta que pudiera contener haber con un disolvente. Es blanqueada nuevamente, pero con una menor cantidad de cloro. Para el reciclaje del papel, durante el proceso del blanqueado, se están utilizando otras alternativas para dicho proceso. (Lund, 1996)

Básicamente este es el proceso llevado a cabo para el reciclaje del papel. En el caso del papel brillante, se requiere un proceso especial, mientras que el papel ecológico reciclado produce el mínimo impacto ambiental posible. (Lund, 1996)

Una de las razones por las cuales a los recicladores han perdido el interés por el papel brillante se debe a que una vez sea removido el revestimiento a una tonelada de papel brillante tan sólo queda entre un cuarto y media tonelada de papel. No obstante, se están buscando procedimientos para que el reciclaje de este tipo de papel sea rentable, dentro de las opciones se esta trabajando en agregar trozos de revistas a la pasta de papel para poder obtener así un papel periódico más brillante. Un millón de toneladas de revistas requiere 350000 m<sup>3</sup> de espacio en los vertederos. Esta cantidad de papel se pudiera reprocesar en 500000 toneladas de cartón para la elaboración de cajas de cereales. (Lund, 1996)

**3. Papel de oficina y revistas.** Los programas para reciclar el papel de oficina son relativamente sencillos, de diseñar y gestionar. Muchos gobiernos locales ofrecen instrucciones, que incluyen literatura sobre el tema, explicando programas completos y dando consejos de comercialización. Algunos suministrarán materiales como contenedores de sobremesa, pósteres y otros materiales promocionales. (Lund, 1996)

Muchas empresas de reciclaje ofrecen la recolección del papel de oficina. Sin embargo, para la mayoría no es rentable recolectar menos de 10,800 kg/semana a un solo cliente. La mayoría ofrecen un servicio para evaluar el potencial de recuperación del papel de oficina en un empresa particular. Hoy en día existen tres tipos básicos de sistemas para separar el papel de oficina. Estos son: 1) el sistema sobremesa con contenedores para la recolección interna; 2) el sistema de contenedores para una recolección centralizada, y 3) el sistema de recolección externa alimentado por los contenedores internos. (Lund, 1996)

El primero se utiliza frecuentemente cuando el papel se genera por parte de los empleados y en departamentos con despachos. Se usa una bandeja o caja sobre la mesa para contener el papel designado para el reciclaje, mientras todos los demás residuos de la oficina entran en el sistema normal. Se puede colocar una caja al lado de la mesa en lugar de encima. Se localizan varios contenedores más grandes en lugares centrales con un alto volumen de tráfico y cada uno está claramente señalizado para indicar qué tipo

de papel hay que colocar en ese contenedor. Los contenedores centrales son servidos por la compañía de reciclaje. Los empleados reciben una formación para organizar el papel que será reciclado y separarlo correctamente de todos los demás residuos de oficina. Deben vaciar los contenedores de sobremesa en los contenedores centrales apropiados cuando sea necesario, o cuando sus obligaciones les lleven cerca de los contenedores. (Lund, 1996)

El segundo sistema, que utiliza solamente contenedores centrales, se emplea cuando la generación de papel no se limita específicamente de despachos, como en el caso de las imprentas y los departamentos dedicados al proceso de datos. (Lund, 1996)

El tercer sistema, con contenedores externos alimentados por los contenedores centrales internos, se utiliza cuando se recuperan grandes volúmenes de una calidad determinada de papel o de calidades mezcladas. (Lund, 1996)

El papel de oficina está clasificado con el mejor tipo de papel y el más fácil de reciclar. Los recicladores lo prefieren debido a que está hecho con fibras fuertes que aguantan muy bien el proceso de reciclaje. Además el papel blanco vale el doble que el papel de color. El papel de oficina ya ha pasado por el proceso de blanqueado y comparado con el papel periódico, no es necesario quitar tanta tinta del mismo. Esto significa que el reciclado de este tipo de papel sólo necesita el 25% del cloro utilizado por los fabricantes, reduciendo con esto la cantidad de dioxinas en el agua. Además en algún proceso de blanqueado en el reciclaje no se utilizan sustancias químicas con cloro. Mientras que el reciclar papel de impresión y papel normal se ahorra el 33% de la energía necesaria para la elaboración de papel con árboles. Además de árboles y energía, también se ahorran recursos como agua debido a que cada vez que se recicla una tonelada de papel, se ahorran 26500 litros de agua. (Fischer, 2000)

### **Preciclar**

**Revistas:** La mayoría de éstas están hechas innecesariamente de papel brillante por lo que es importe hacerse notar y hablar con las editoriales para sugerir un cambio de las mismas. (Fischer, 2000)

**Papel de oficina:** Se debe procurar utilizar el papel de oficina en blanco. De esta manera se ahorra tiempo clasificando el papel y, además, es más valioso. (Fischer, 2000)

### **Reutilizar**

**Revistas:** Éstas se pueden compartir para que sean leídas por otros. Las puedes dar en un centro o también se pueden llevar a centros escolares para que los niños puedan obtener recortes y sean utilizadas en trabajos manuales. (Fischer, 2000)

**Papel de oficina:** Si este está utilizado por un lado, recíclalo y utiliza la otra cara que no está usada para tomar notas o como borrador. (Fischer, 2000)

Es importante mencionar que existen lugares los cuales se encargan de reciclado de papel por lo que puedes llevar estos materiales a centro de recolección para poder así ser reciclado. (Fischer, 2000)

### **Reciclar**

Además del papel de oficina y las revistas, los periódicos, cartones de huevos, rollos de papel higiénico, papel de cocina, papel de envoltorios, publicidad, etc, puedes llevarlos a centro de recolección de dicho material. El momento de llevarlos a los centros de recolección procura que estos estén secos. Es recomendable quitar las grapas o clips que estas contengan. El papel de color no siempre se puede colocar con el papel blanco debido a que el tinte es un contaminante para el proceso de reciclaje. (Fischer, 2000)

### **No recicles**

No se tiene que reciclar papel que contenga adhesivos, papel de cera, las bolsas de comida para perros y gatos debido a que estos en su interior contiene un forro de plástico, el papel utilizado en jaulas para pájaros, para el perro u otro tipo de animales y papel de fax. (Fischer, 2000)

**4. Cajas de cartón.** También conocidas como papel ondulado, son la mayor fuente unitaria de papel residual para el reciclaje, y suponen alrededor del 40% de todo el papel residual reciclado en Estados Unidos. (Lund, 1996)

Los envases de cartón ondulado de calidad 11 como aquellos formados por envases ondulados embalados, con revestimientos de test liner, yute o craft, y limitan los materiales prohibidos a un 1% y total de materias rechazables al 5%. (Lund, 1996)

Existen algunos contaminantes que pueden limitar la comerciabilidad de las cajas de cartón viejas. Los compradores frecuentemente citan los contaminantes en sus propuestas como específicamente prohibidos Estos contaminantes incluyen:

- Cartones satinados o ceras
- Cualquier cartón que haya contenido un producto agrícola, carne o aves.
- Cualquier comida, envasada o no envasada.
- Cualquier plástico o espuma plástica
- Botellas y porta botellas
- Carteles y otros materiales publicitarios

- Suciedad, barredura del suelo, excepto la cinta de papel kraft con adhesivo soluble en agua.
- Revistas, periódicos, libros blandos, cartulina, papel aluminio.(Lund, 1996)

La mayoría de las cajas de cartón viejas que se pueden conseguir fácilmente para el reciclaje proceden de tiendas de comestibles y de otros bienes de consumo, y de los sistemas de distribución que suministran estos establecimientos. El cartón ondulado sigue siendo el envase más eficaz para el transporte de los bienes hasta el mercado. (Lund, 1996)

La mayoría de los mercados no recolectarán las cajas de cartón viejas sueltas; sin embargo, sí las aceptarán si éstas son entregadas. La mayoría de las compañías dedicadas al transporte y a la evacuación de residuos están experimentando con rutas de recolección para las cajas de cartón viejas sueltas. Estos recicladores comerciales utilizan un equipo de carga frontal y trasera similar al equipo utilizado en la recolección de basuras normales. Los contenedores se pintan con un color atractivo y se marca claramente. (Lund, 1996)

Hay dos tipos de cartón, el fabricado con papel kraft marrón el cual cuenta con una parte ondulada en su interior y el papel cartón. Para fabricar la pasta con la que se elabora el cartón, se utiliza óxido de azufre, un gas el cual produce la lluvia ácida, el reciclaje reduce esta contaminación en un 50%. Al reciclar cartón se ahorra una cuarta parte de la energía que se utiliza para fabricar este mismo. De cada 1000 kg de cartón que se recogen, se obtienen 850 kg de cartón reciclado. (Fischer, 2000)

Existen sitios los cuales se encargan para la recolección del cartón, en dado caso no cuentes con un lugar, es recomendable que lo dobles para cuando juntes lo suficiente, puedes avocarte a un supermercado en donde acepten dicho material. Si este es llevado a un punto de recolección trata de juntar la mayor cantidad posible. Una manera más fácil para su transportación es doblarlo y ponerlo dentro de una caja mayor. (Castells, 2000)

### **Reciclar**

Evita agrupar con este material lo que no sea cartón como bolsas de poliestileno, plástico, cuerdas, etc. Si en dado caso se reciclan las cajas de pizza estas tienen que estar sin ningún contenido de comida debido a que si están muy sucias es preferible que las deseches y no las envíes a un centro de recolección para su reciclaje. En el caso de las cajas de cartón encerado es preferible no mezclarlas con las demás debido a que estas no son reciclables debido a que cuando las fibras de papel están impregnadas de cera estas no se pueden reciclar. (Fischer, 2000)

Bolsas de papel. Las bolsas son como los periódicos, estas se acumulan aunque no quieras, debido a que cada vez que una persona compra algo, te dan otra bolsa. Lo recomendable es que cada vez que vallas a

comprar reutilizas y así podrás disminuir esta cantidad. Un 40% de la fibra que se utiliza en las bolsas de papel puede proceder de restos de madera y del papel que es desechado. Algunas bolsas se hacen a partir de material reciclado. (Castells, 2000)

**Preciclar.** En el caso que no compres muchas cosas en los supermercados, evita que te den bolsas en gran cantidad y economiza el uso del mismo, es tan fácil debido a que si sabes que vas al supermercado a comprar, lleva una bolsa en donde echar lo que compraste. Busca lugares en donde venda bolsas hechas a partir de material reciclado. (Fischer, 2000)

**Reutilizar.** Utiliza las bolsas tanto como puedas, hasta que estas ya no sirvan si es posible. Existen bolsas de papel que se pueden utilizar como envoltorios. (Fischer, 2000)

**Reciclar.** Las bolsas de papel marrón se pueden reciclar junto con el cartón debido a que están fabricadas con papel kraft, al igual que las cajas. Las bolsas de papel blanco o de color se pueden reciclar con el papel mezclado. (Fischer, 2000)

## **E. Otros materiales reciclables**

**1. La ropa.** Definitivamente la ropa es uno de los materiales los que pueden ser reciclados de la misma manera en la que se reciclan las botellas y latas, debido a que este material no se puede fundir, y obtener de estos unos nuevos. Pero cuando se refiere la reciclaje de este material, se refiere a que se estos se pueden volver a utilizar, por ejemplo, se pueden dar a organizaciones no lucrativas las cuales los pueden distribuir a personas necesitadas. (Fischer, 2000)

En Estados Unidos se fabrican alrededor de 835,000 pantalones. El problema con este tipo de material radica en que éstos están tratados con productos químicos, o han sido combinados químicamente con otros tejidos. No obstante dentro de este material se encuentra la lana, el cual es un material que en la mayoría de los casos se recicla debido a que cuenta con fibras largas las cuales se pueden separar para poderlas tejer nuevamente. Las fibras de algodón en algunos casos son recicladas para la fabricación de papel de alta calidad.

Reciclar ahorra recursos, aproximadamente la mitad de la ropa que utilizamos está fabricada de fibras sintéticas las cuales son fabricadas con petróleo, el cual es un recurso no renovable. El resto está fabricado con fibras naturales como el algodón, en la mayoría de los casos, producido con pesticidas, fertilizantes, químicos, etc., Además volver a utilizar la ropa también implica el ahorro de espacio en los vertederos por lo que se evita que toneladas de ropa sean dirigidos a ellos. (Fischer, 2000)

**2. El plomo.** El 60% del suministro mundial de plomo proviene de las baterías de automóvil recicladas, ya que esta contiene 8 kg de plomo tóxico y 4 litros de ácido sulfúrico, dos residuos los cuales no se deben tirar ya que son muy peligrosos. En los vertederos, la baterías de automóviles se terminan rompiendo y esto hace que aumente el riesgo de que el plomo y el ácido contaminen las aguas subterráneas. (Fischer, 2000)

Al incinerar las baterías se expulsa plomo a la atmósfera. Este producto es tan tóxico que incluso puede dañar el hígado, los riñones e incluso hasta el cerebro. (Calvo, 2000)

Afortunadamente en la actualidad se puede llevar la batería a una gasolinera o a una tienda la cual se dedique a realizar cambios de automóviles y luego las llevan a centros de reciclaje. Para poder reciclar las baterías, se abren y se le extrae el ácido sulfúrico el cual es reprocesado o bien es enviado a un centro de residuos tóxicos. Después las baterías son enviadas a un centro de recolección de chatarra en donde se les extrae el plomo y se transporta a una fábrica donde se funde en lingotes los cuales son vendidos a los fabricantes, y en la mayoría de los casos estos terminan siendo baterías nuevas. La caja de polipropileno también es reciclada. (Calvo, 2000)

**3. Residuos domésticos peligrosos.** Principalmente se refiere a los restos de productos los cuales no fueron utilizados. Dentro de estos se pueden encontrar los productos de limpieza de uso cotidiano los cuales presentan distintas problemáticas, como por ejemplo, pueden ser oxidantes y nocivos, corrosivos y tóxicos, etc. (Fischer, 2000)

Dentro de los residuos domésticos tóxicos se encuentran:

- Quitamanchas
- Gas para encendedores
- Aguarrás
- Pesticidas
- Cera para los muebles
- Esmalte de uñas
- Quitaesmalte
- Productos para desatascar las tuberías
- Productos de limpieza en polvo o abrasivos
- Productos de limpieza para el inodoro
- Colas
- Pinturas y disolventes (Fischer, 2000)

La mejor solución es utilizar estos productos lo mínimo posible ya que el reciclaje es una alternativa muy complicada cuando se refiere a estos desechos. (Fischer, 2000)

Algunos de estos productos tóxicos se reciclan si se acumulan cantidades considerables, por ejemplo, los quitamanchas se pueden reprocesar y reconstruir si se trata de una cierta cantidad. Los disolventes se pueden volver a refinar todos juntos. Los residuos de estos al reciclarlos se queman y se utilizan como combustible. (Fischer, 2000)

**4. Anticongelantes.** El anticongelante es un producto que regularmente es en desecho en las alcantarillas o en el suelo. Recientemente se ha descubierto que es tóxico y contamina el suministro de agua. Y por consecuencia de eso es que se ha empezado a reciclar. (Calvo, 2000)

La mayoría de los anticongelantes se fabrican a partir de un producto petrolífero, el cual es denominado etilenglicol, que resulta peligroso para los animales domésticos así como para el medio ambiente. Los animales se acercan a los charcos de anticongelante debido a que les atrae su sabor, este lo beben y luego mueren a consecuencia del mismo. (Calvo, 2000)

Existen dos formas de reciclar el anticongelante. La más eficaz y segura consiste en redestilarlo. La otra es utilizar una máquina para filtrar los contaminantes y añadir después anticongelante nuevo para que el líquido viejo recupere su fuerza. Para evitar derramar este material se sugiere cambiar el anticongelante en estaciones de servicio o en un taller, asegurándose también que sea un centro que luego recicle el material. (Calvo, 2000) (Hudson, 1997)

**5. Aceites lubricantes.** Este tipo de aceites son aquellos que cuando ya está usado es sucio, denso, negro y se ve como si no pudiese limpiarse, pero sí se puede. Cuando el aceite lubricante se vuelve a refinar, queda tan bien como nuevo y, además, nunca se estropea, se puede volver a refinar y utilizar continuamente. Los aceites son ricos en sulfuros, cloro y metales, por eso están clasificados como un residuo especial y peligroso, y el vertido incontrolado en bosques y zonas periféricas de las poblaciones provoca una grave contaminación del suelo y el subsuelo. Por lo tanto se tiene que evitar que sea vertido en el alcantarillado, cursos de agua o en el suelo, porque se puede filtrar y contaminar las aguas subterráneas. Tampoco se debe quemar de forma incontrolada. Por ejemplo, un litro de aceite usado puede contaminar 1,000,000 de litros de agua, y cinco litros de aceite quemado contaminan el aire que una persona respira durante años. (Tchobanoglous G. , 1994)

Para evitar que este material de desecho contamine el ambiente se tiene como una opción que las personas compren aceite reciclado, además si en dado caso te lo cambia un mecánico, o en una estación de servicio, el usuario tendría que preguntar que el centro se encargue de llevarlo a centros en donde este sea reciclado. (Tchobanoglous G. , 1994)

**6. Pinturas.** Las pinturas también son un material el cual está formado por más de 300 sustancias tóxicas, dentro de las cuales se encuentran el plomo y el mercurio. Se aconseja que si se tiene una pintura que se guarda desde varios años, primero se tienen que comprobar si ésta todavía se puede utilizar; ya que puede que esté seca o tenga moho, si este es el caso tendrás que llevarla a un lugar en donde recolecten dicho material. En dado caso si la pintura todavía está bien, intenta mezclarla; la mezcla puede ser útil para dar una primera capa, o la última. Para reciclar el aguarrás, se vierte el aguarrás en un bote y se deja reposar por un tiempo. Se puede reutilizar el que está en la superficie y dejar el sedimento en el fondo, hasta que haya suficiente para que este pueda ser desechado. (Tchobanoglous G. , 1994)

**7. Neumáticos.** Por el momento no existe una forma establecida para el reciclaje de los mismos y la mayoría de estos terminan en los vertederos, una vez estos hayan sido triturados. Pero dentro de las soluciones que le están dando a este material, es que hay empresas que resultan muy creativas y convierten los neumáticos en componentes de revestimientos asfáltico, infraestructura para vertederos, guarnición de frenos, etc., también son utilizados en los parques infantiles, y también son utilizados para la elaboración de nuevos neumáticos. Una de las maneras más adecuadas de reciclarlos es cortarlos en pequeños trozos y añadirlos al asfalto para pavimentar las carreteras, pistas de atletismo, pistas de aterrizaje y zonas de juegos. Según estudios la duración de un pavimento con el agregado de neumáticos aumenta en 4 ó 5 veces. Además el caucho reciclado se puede utilizar en amortiguadores para barcos, en moquetas y como aislante de cables y tuberías. (Lund, 1996)

## **8. Derivados del material reciclado**

- Láminas plásticas
- Envases
- Fibra de poliéster
- Tejas plásticas
- Alfombras

## **F. Proyectos de reciclaje**

Los proyectos de reciclaje que empiezan a una escala de “proyecto piloto” han tenido éxito en la recuperación de materiales debido a que permiten una evaluación del tipo de programa de reciclaje más adaptable a la comunidad, teniendo la posibilidad de ser más flexibles. (OMS, 2006)

Al iniciar un proyecto de reciclaje, se debe efectuar un estudio de mercado, que permita un reconocimiento de las industrias que puedan servir de compradores de los productos recuperados. Una vez

establecida la factibilidad económica mediante la demanda de las industrias, se puede involucrar a la población en educación ambiental y en campañas de reciclaje. En algunos lugares, es posible que algunas entidades privadas ya se dediquen al reciclaje de ciertos materiales como el vidrio, papel o aluminio, entre otros. Los programas de reciclaje que se implementen, deberán tomar en cuenta estas empresas y funcionar en una forma integrada. De hecho, las empresas privadas, a lo largo de años de experiencia, han tenido bastante éxito en sus programas; los proyectos se pueden beneficiar de la experiencia de estas empresas. (OMS, 2006)

Sin embargo, para las empresas privadas, el reciclaje solo es tomado como una actividad que puede generar utilidad. De modo que se dedican en forma exclusiva al reciclaje de materiales como vidrio y aluminio, dejando a un lado los materiales que no sean considerablemente rentables. (OMS, 2006)

La cantidad y el tipo de residuos que entrara en un proyecto de reciclaje dependerán de un análisis de la composición de la basura generada en la comunidad. Además, no se debe esperar la obtención de una recuperación total del material reciclable. (OMS, 2006)

Al proyectar un programa de reciclaje, se debe buscar una meta a largo plazo hasta que se logren los objetivos a través del tiempo, debido a que el éxito de los objetivos es la participación de la población, la cual requiere de tiempo para integrarse a los programas. (OMS, 2006)

Las plantas de recuperación de materiales (Material Recovery Facility, MRF) tienen la capacidad de recepción, segregación, procesamiento y mercadeo de los materiales que ingresan a la misma. Son distintas a los centros de acopio debido a que en estas plantas los residuos reciclables reciben cierto procesamiento, pueden llegar sucios y sin mayor clasificación. Por ejemplo, el vidrio que ingresa se limpia, se clasifica por color en blanco, ámbar y verde; se tritura y se empaca para ser vendido como materia prima a las industrias que fabrican vidrio. (OMS, 2006)

**1. Recuperación de algunos materiales en la construcción.** Algunos componentes de la basura urbana merecen mención especial dentro de los procesos de recuperación por sus características de recuperación, su uso potencial y también por el peligro potencial que representan. A continuación, se presentan algunos de los materiales que se pueden recuperar en el campo de la construcción. (Mendizábal Acevedo, 1994)

En Europa y Estados Unidos, los residuos de construcción y demolición, en general denominados materiales residuales de construcción, normalmente se han evacuado junto con los restantes residuos sólidos desde principios hasta mediados del siglo XX. (Lund, 1996)

En un principio, el reciclaje de estos residuos fue una respuesta a la escasez de materiales de construcción y a los gastos de evacuación. En Europa, y especialmente en Alemania, después de las destrucciones de la Segunda Guerra Mundial, quedaron millones de toneladas de escombros de edificios para ser manipulados. Como la reconstrucción de la infraestructura de transportes era una de las prioridades, Alemania lideró el reciclaje de escombros elaborando productos para la construcción de carreteras. Sin embargo, en Estados Unidos, la evacuación por separado de los escombros incombustibles no justificó los gastos extras hasta la introducción de la incineración, a principios del siglo XX, y más tarde, con la recuperación de los recursos de los años setenta. En estos sistemas, los altos costes de mantenimiento y el desgaste excesivo de las máquinas provocado por el flujo heterogéneo de residuos favoreció la adopción de ordenanzas locales en la que se exigía la separación de la fracción, en gran parte incombustible, de escombros procedentes de la construcción y demolición. (Lund, 1996)

Los objetivos que se persiguen al reciclar los residuos de la construcción y demolición son:

- Preservar recursos materiales.
- Conservar el valioso espacio en los vertederos.
- Proteger el medio ambiente limitando el potencial de descarga a las aguas subterráneas de los constituyentes lixiviados en los vertederos, o de emisiones atmosféricas de los contaminantes que se producen en la combustión.
- Cumplir con las normas que prohíben la coevacuación junto con los residuos sólidos urbanos, o contribuir a la desviación exigida en los objetivos de reciclaje. (Lund, 1996)

#### a. **Prácticas para el reciclaje de los escombros de demolición.**

**1) Prácticas en la demolición de edificios.** Las prácticas de reciclaje en los proyectos de demolición son similares a las prácticas llevadas a cabo por la industria constructora. La diferencia principal radica en la mayor homogeneidad de los materiales objetivos. Las prácticas varían según el tamaño de edificio, las condiciones del permiso de demolición, las preferencias de equipo y el equipo disponible y los aspectos económicos de las alternativas de evacuación disponibles. (Lund, 1996)

**a) Concreto.** La mayor parte del concreto recuperado procede de carreteras, puentes y cimentaciones; se procesa para usarlo como capa de base de carreteras, áridos de pavimentos asfálticos y como sustituto de grava en el árido de hormigón nuevo. Se rompen los trozos de hormigón, se separan los materiales féreos, como tornillos y barras de reforjado, y se criba el árido resultante en tamaños aptos para la construcción de carreteras u hormigón nuevo (los áridos utilizados en el hormigón nuevo deben cumplir especificaciones estandarizadas, tales como las de la ASTM). Los áridos recuperados deben ser competitivos respecto a los materiales nuevos y los procesadores pueden mantener precios bajos, mediante el cobro de tarifas de vertido para materiales de hormigón. (Tchobanoglous G. , 1994)

El concreto que requiere una evacuación surge de la demolición de cimientos, suelos y, en ocasiones, de techados y elementos estructurados. También la separación o arreglo de aceras, drenes y desagües, etc., genera hormigón residual. Los mercados para el hormigón ya han sido tratados. (Lund, 1996)

Los contaminantes incluyen: acero re forjado, en barras o en malla; junta; acabados superficiales adherentes, incluyendo cerámica, asfalto o azulejos, y ladrillos adherentes. El mortero puede considerarse un contaminante, si los requisitos de resistencia para su reutilización son estrictos. La trituración del hormigón, a menudo, se lleva a cabo pasando un rasador de orugas por encima del material varias veces, aunque esta práctica puede generar piedras molestas y polvo. Otros procesamientos incluyen: selección manual, el uso de trituradoras de mandíbulas móviles y separación magnética. (Lund, 1996)

Se estima que los materiales provenientes de edificaciones demolidas en el Reino Unido, es de 30 millones de toneladas por año (equivalente a 500 kg/persona/año). La industria de la construcción británica es la principal extractora de materiales, y sólo en Londres produce anualmente más de 14 millones de toneladas de desperdicios. Muy poco de ellos se emplea en uso secundario, y la mayor parte termina como relleno. Debido a las implicancias económicas y ambientales, la industria de la construcción experimenta una gran presión para superar esta situación. (Limbachiya, 2003)

De otra parte, en años recientes se está cuestionando el uso de los agregados provenientes de recursos naturales debido al agotamiento de los agregados primarios, y como necesidad de prevención ambiental. (Limbachiya, 2003)

**b) Agregados reciclados.** Los agregados reciclados están constituidos de partículas chancadas y graduadas, provenientes de materiales que han sido usados en construcción (como concreto o albañilería de ladrillo). Los agregados de concreto reciclado, limitan el contenido de la albañilería a no más del 5%. Estos últimos tipos de agregado tienen muy pocas restricciones de uso en las normas británicas (como la BS 8500-2), cuya orientación es cubrir sólo materiales gruesos. También se restringen los usos a aplicaciones en cimentaciones, pavimentos, y concreto reforzado o pre-reforzado en condiciones ambientales que no sean severas. (Limbachiya, 2003)

**Ilustración 11.** Producción de agregado de concreto reciclado



c) **Características.** En el agregado natural, el reciclado tiene una densidad entre 4 a 8% más baja, y una mayor capacidad de absorción de agua (2 a 6 veces). Lo cual debe tomarse en cuenta para la preparación y facilidad de trabajo del concreto, e incluso en sus propiedades como concreto endurecido. Estas mezclas han sido probadas para estudiar la influencia del agregado de concreto reciclado, con resistencias variando entre 10 a 45 N/mm<sup>2</sup>. Las mezclas incluyen proporciones variadas de agregado natural, hasta el 100% del agregado de concreto reciclado, manteniendo así la dotación de agua y cemento. (Limbachiya, 2003)

d) **Resistencia a la compresión.** Hasta el 30% de agregado de concreto reciclado, no se afecta la resistencia en los cubos de concreto de 100 mm, pero se produce una reducción de la misma con el aumento del contenido de este agregado. La compensación a esta pérdida se mejora con el manejo de la proporción agua/cemento. Con igualdad de resistencia, no se encuentran diferencias en pruebas de resistencia a la flexión y del módulo de elasticidad. Sin embargo, se encuentran incrementos en la contracción última y en las deformaciones unitarias por creep. Se pretende incentivar el uso del agregado de concreto reciclado, ya que se puede utilizar hasta un 30%, sin hacer modificaciones a los diseños habituales. Y a partir de ahí, realizar las modificaciones de mezclas en la proporción de agua/cemento. En tales casos, no se encuentran diferencias en la durabilidad del concreto. (Limbachiya, 2003)

e) **Materiales de tejados.** Los resultados de laboratorio obtenidos por Paulsen y colaboradores indican que pueden fabricarse mezclas aceptables de pavimentación que incluyan residuos de tejados. Sin embargo, la industria de la pavimentación no ha aceptado la práctica de

incorporar tales materiales. Esto puede deberse, en parte, a la dificultad relativa de conseguir cantidades adecuadas de residuos procedentes de tejados separados por origen. De igual importancia pueden ser los costes de evacuación para las partes no utilizadas de los tejados viejos. Los contaminantes pueden incluir sustrato original de tejados, que puede ser de madera o metal. (Lund, 1996)

**f) Aceros y materiales no féreos.** Los contaminantes encontrados en los bienes de línea blanca pueden incluir: capacitores, plásticos en forma de forros blancos y mandos de control, aislamiento y otros metales sin especificar. El equipo eléctrico puede generar polvillo procedente de los motores eléctricos, plásticos y papel. Las instalaciones de fontanería pueden incluir metales, como la soldadura de estaño-plomo utilizada en las juntas de tuberías de cobre, pintura, aislamiento y componentes de válvulas, como arandelas de goma, envolturas de espigas y lubricantes basados en el petróleo. (Lund, 1996)

**g) Madera.** Los residuos de madera procedentes de la construcción o demolición son maderas de estructuras y encofrados, madera laminada y de conglomerado, y madera contaminada con pintura, amianto o material de aislamiento. Como la mayoría de residuos de madera son procesados para producir combustible o cubrición en paisajismo, los procesadores normalmente aceptan solamente madera limpia. Los residuos de madera se trituran en una cuba trituradora u toras trituradoras comerciales para madera y se pasan a través de una clasificadora o tromel, donde se separan las piezas grandes. Los metales féreos se separan magnéticamente y los finos (materiales pequeños a menudo vendidos para mulch o enmiendas de suelo) se separan mediante cribación. (Tchobanoglous G. , 1994)

Los contaminantes pueden incluir: tratamientos superficiales, descritos en el epígrafe; cartón yeso, yeso, batán y piezas de fontanería. Las formas más comunes de procesamiento son la separación manual y la trituración. (Lund, 1996)

Casi el 100% de los residuos de la construcción son recuperables. Aproximadamente un 40% es madera, que en gran parte se utiliza como combustible. Por otra parte los residuos que no se pueden recuperar van a un vertedero especial para residuos de la construcción. Algunas industrias trituran los restos de madera para utilizarlos como combustible, pero en este proceso no se incluye la madera que esta barnizada o pintada con pintura de plomo. (Lund, 1996)

The Forest Products Laboratory (USDA Forest Service), impulsa el desarrollo en la reutilización de desperdicios de madera para la creación de nuevos materiales constructivos. Establecida en 1910, The Forest Products Laboratory (FPL) en Madison Wisconsin es el instituto líder de investigación de madera de los Estados Unidos. Cuenta con más de 250 científicos y equipo de soporte de investigación de diversos aspectos del uso de la madera. Con sus investigaciones, han beneficiado a la sociedad, en especial al sector de la industria de la Madera y al medio ambiente. (Falk, 1993)

Desechos de madera que se pueden utilizar:

- Piezas estructurales de madera
- Piezas rotas de demoliciones
- Residuos de nuevas construcciones
- Viejos postes y rieles de madera

### Ventajas

La creación de nuevos productos a base de madera reciclada impulsa al avance en la tecnología de la construcción, permitiendo romper la monotonía de lo convencional. (Falk, 1993)

Las fibras, estillas y partículas de madera combinadas con otros materiales pueden permitir manipular nuevos compuestos y moldearse, innovando en la flexibilidad y estructuras de edificios. (Falk, 1993)

Utilizando partículas de madera de varios tamaños (hilos, escamas, partículas, fibras) provenientes de los desechos, aplicando un pegamento convencional y someténdolas a un prensado caliente. (Falk, 1993)

Hoja de fibra de densidad media (MDF): está hecha de fibra de madera fina.

Aglomerado: compuesto por aserrín y adhesivos.

Hoja de fibra orientada (OSB): se hace de virutas o astillas grandes de madera. Los paneles se forman con capas pegadas entre sí con las fibras perpendiculares unas respecto a las otras. (Falk, 1993)

**Ilustración 12.** Usos de madera reciclada

Material	MDF	Aglomerado	OSB
Usos	Muebles, estanterías, gabinetes, molduras	Muebles, bases de piso, bases de cubiertas de gabinete.	Revestimientos, bases para pisos
Cortar y dar forma	Se corta fácilmente con todas las herramientas eléctricas. No se desgarran.	Se corta con cualquier herramienta eléctrica. Moderada resistencia al desgarro.	Se puede cortar con cualquier sierra eléctrica. Como este producto es una hoja o panel para estructuras, no sirve para darle forma, ni ser lijado ni otras operaciones similares.
Acabados	Laminado, enchapado, pintado	Laminado, enchapado	La pintura y la pintura base se adherirán al OSB. Sin embargo, la hoja está diseñada para usarse como revestimiento de contrapiso o de techo, y no necesita acabado.

**Puertas y ventanas.** Estas se pueden reciclar, en dado caso si la base de esta está en mal estado, se puede aprovechar cortándola y, si no, se utiliza como restos de madera. Los marcos de ventanas también se pueden reciclar, si estos están en buen estado se pueden volver a utilizar. En dado caso los marcos de las ventas sean de aluminio y no se pueden volver a utilizar, son reciclables como chatarra. (Lund, 1996)

**Aserrín.** Este material se puede utilizar en la fabricación de compost, en grandes cantidades se recomienda llevar a jardinerías o viveros. (Lund, 1996)

**Metal.** Los pomos de puertas, bisagras, etc., se pueden reciclar. Las tuberías de cobre y latón y los accesorios eléctricos son materiales los cuales en los centro de recolección son materiales que se pagan bien. (Lund, 1996)

**Ladrillos.** En la mayoría de los casos las mismas empresas constructoras los reutilizan, y también se pueden aceptar juntos con otros materiales para mezclarlos con cemento y utilizarlo como base de calle y carreteras.

**Mader-Plast.** La madera plástica es un producto hecho de plástico reciclado que sirve como sustituto de la madera natural. Su proceso de producción comienza en Guatemala con la recolección del plástico en los centros de acopio y en los basureros legales alrededor del territorio nacional. Una vez hecha la recolección, se separan los termoplásticos y se les somete a un proceso de temperatura y moldeo.

Con esta transformación se obtiene un producto semejante a la madera natural que puede ser empleado de la misma manera. (Maderplast S.A)

### **Tipos de madera plástica**

La madera plástica tiene ya más de 15 años de ser comercializada en los Estados Unidos y se le conoce como “plastic lumber” o “plastic wood” en ese mercado. El uso del producto se ha vuelto cada vez más popular en juegos infantiles, decks, muelles y muebles para exterior a raíz de la prohibición de la madera tratada para uso residencial. En ese sentido, usted probablemente ha caminado sobre algún encaminamiento o deck hecho de madera plástica sin haberse dado cuenta. (Maderplast S.A)

En el mercado pueden encontrar básicamente dos tipos de madera plástica:

**1. Madera 100% de plástico reciclado:** La madera 100% de plástico reciclado se obtiene al reciclar HDPE (polietileno de alta densidad) y otros materiales termoplásticos. La ventaja de este tipo de madera plástica es que tiene todas las propiedades del plástico: no se pudre, no se enmohece, no lo atacan los insectos y resiste la exposición al ambiente. (Maderplast S.A)

**2. Madera plástica con relleno de madera y/o fibras:** En los Estados Unidos se experimentó durante un tiempo con una combinación de madera y plástico reciclado ya que el costo del reciclado y las resinas es superior al aserrín o al aglomerado. Sin embargo, este producto se ha utilizado cada vez con menor frecuencia ya que no tiene la misma vida útil que el producto hecho con plástico reciclado al 100%. (Maderplast S.A)

### **Ventajas de la madera plástica**

En diciembre del 2003, la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency -EPA-) emitió una normativa prohibiendo el uso de madera tratada para juegos infantiles y para uso residencial. La razón de esta prohibición es que a la madera tratada se le aplica un tratamiento de arsénico, cromo y cobre para alargar su vida útil. Estos elementos son sumamente tóxicos y causan daños a la salud y el ambiente. La madera plástica Maderplast no se somete a ningún tratamiento, por lo que es inocua al ambiente y la salud. Además, tiene muchísimos otros beneficios, entre los cuales podemos citar los siguiente: (Maderplast S.A)

- Durabilidad cinco veces mayor que la madera natural
- Costo-beneficio superior en el corto, mediano y largo plazo
- Resistente al agua, la humedad y los solventes químicos
- No la daña los insectos, ni roedores
- No absorbe ni almacena agentes fisiosanitarios, bacterias, hongos o plagas
- No se r (Maderplast S.A)aja ni se astilla
- No necesita mantenimiento
- No necesita mantenimiento
- No necesita pintura, tintes especiales, ni selladores para lograr su vida útil

Contribuye al medio ambiente

- Ayuda a conservar el área forestal, reduciendo la depredación de los bosques
- Ayuda a reducir los desechos sólidos, transformándolos en productos útiles.(Maderplast S.A)

**h) Papel.** El papel en la construcción lo podemos encontrar primordialmente en oficinas. El papel se utiliza desde las operaciones más básicas, como la transmisión de información, hasta la entrega de planos en obra. (Mendizábal Acevedo, 1994)

El papel que se recupera proporciona a los molinos una buena fuente de fibra, reduce los costos de disposición final y constituye una fuente de ingreso dado que en el reciclaje de papel se puede ahorrar dos tercios de la energía que se utiliza para fabricar un papel virgen. (Mendizábal Acevedo, 1994)

El papel periódico es el más comúnmente reciclado y se puede obtener un gran volumen de este material en la separación de residuos.

El papel de alta calidad que es el empleado en las oficinas y comercios es de buen aprovechamiento y se encuentra relativamente limpio.

La industria del papel reciclado ha encontrado lugar hasta en los mercados internacionales. Lugares como Taiwán, se ven obligados a comprar el papel usado de otros países para procesarlos, debido a que no cuentan con árboles para extraer la pulpa, ya que el papel de alta calidad también puede ser empleado como un sustituto de la pulpa de la madera. (Mendizábal Acevedo, 1994)

**i) Metales ferrosos.** A nivel mundial, el hierro y el acero son materiales con gran potencial de recuperación. Solamente en Estados Unidos y Canadá se reciclan aproximadamente 55 millones de toneladas de estos materiales cada año. Los materiales ferrosos, como la chatarra, pueden encontrarse en electrodomésticos, refrigeradoras, estufas, automóviles, herramientas y cualquier otro objeto férrico usado que forma parte de la basura urbana. (Mendizábal Acevedo, 1994)

**1) Proceso de reciclaje acero.** La cesta introduce a un horno eléctrico toda su carga de chatarra, donde se logra el paso del estado sólido (chatarra) al estado líquido (acero líquido), mediante la energía liberada por un arco eléctrico entre tres electrodos de grafito. Mediante la inyección de oxígeno gaseoso y la introducción de un carburante, se logra fundir toda la chatarra a su alrededor. El oxígeno colabora entregando más energía y acelerando el proceso de fusión. Toda la escoria, más liviana, flota sobre el acero líquido, del que es separada y podría ser reutilizada en la construcción de caminos. (Gerdau Aza, 2008)

Una vez que el acero líquido está libre de escoria, se vierte en otro recipiente, denominado cuchara, donde se termina de ajustar la composición química definitiva. Posteriormente, en esta cuchara se transporta hacia el proceso de solidificación. Esto ocurre en unos moldes refrigerados con agua donde entra el acero líquido por la parte superior y sale por la parte inferior continuamente. Este proceso es conocido como colada continua y permite producir las palanquillas, las que posteriormente son laminadas para producir barras de acero. (Gerdau Aza, 2008)

**k) Residuos de construcción y demolición.** Los residuos de construcción y demolición proceden de la construcción, remodelación y demolición de edificios, de proyectos de repavimentación de carreteras, de arreglos de puentes y de limpieza asociada con desastres naturales. Normalmente, estos residuos están constituidos por un 40 un 50% de escombros (hormigón, asfalto, ladrillos, bloques y suciedad), un 20 a un 30% de madera y productos relacionados (palets, tocones, ramas, madera de encofrado y estructuras) y un 20 a un 30% de residuos misceláneos (madera pintada o

contaminada, metales, productos basados en alquitrán, yeso, vidrio) (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

Aunque actualmente se recupera un porcentaje relativamente bajo de residuos de construcción y demolición, en el futuro probablemente se reciclarán cantidades significativamente grandes. Muchos vertederos ya utilizan escombros para la construcción de carreteras y para la cubrición diaria, lo que puede ser considerado como desvío por los reguladores. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

**2. Posibilidades de reutilización y reciclaje.** Las posibilidades de reutilización y reciclaje para los residuos de construcción y demolición dependen de los mercados de materiales individuales en los residuos y de la habilidad para procesar los residuos no seleccionados o para separar cada material. Los principales materiales recuperados actualmente de los residuos de construcción y demolición son:

**a. Asfalto.** La mayor parte de los residuos de asfalto proceden de proyectos de repavimentación (el pavimento asfáltico se conforma de una mezcla de aproximadamente el 5% de betún y el 95% de áridos). La mayor parte del pavimento viejo reutilizado se procesa para formar una capa de base del pavimento viejo reutilizado se procesa para formar una capa de base de carretera, pero hasta el 40% puede incluirse en nuevos pavimentos (una cifra normal es del 10 al 15%, porque el material viejo ya ha sido degradado por los efectos climatológicos y el sol). El pavimento de asfalto viejo se procesa solo o con el hormigón y otros escombros; se rompe la mezcla, se separan magnéticamente los metales féreos y se criba el material roto al tamaño deseado. Al material tamizado se le añaden otros escombros rotos y cribados, y se utiliza como capa de base de carreteras, o se mezcla con aglomerante asfáltico fresco para fabricar material nuevo de pavimentación. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

**1) Mezcla asfáltica reciclada.** Las mezclas asfálticas recicladas contienen hasta el 30% de asfalto y varios fabricantes de pavimento asfáltico utilizan la mezcla asfáltica reciclada triturada como una porción de su mezcla de capa de base y pavimento de carretera. Las mezclas usadas se reducen mediante un molino de martillo y se separan magnéticamente los metales féreos. El material se criba hasta el tamaño final y se añade a las mezclas de áridos triturados. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

**b. Cartón de yeso.** En la mayoría de los lugares, el cartón de yeso se vierte con los residuos domésticos, pero la experiencia ha demostrado que no es un material completamente inerte o benigno. La descomposición anaerobia del cartón de yeso puede producir gas de sulfuro de hidrógeno.

En el proceso de reciclaje, se pulveriza el interior de yeso y se devuelve a los fabricantes de cartón de yeso; actualmente, la campaña de recuperación está intentando procesar los residuos de papel para que puedan incorporarse al revestimiento de cartón de yeso nuevo. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

**c. Metales.** Normalmente, el acero de forjado utilizado en cimentaciones, losas y pavimentos se recupera y se vende a los comerciantes de chatarra. Los procesadores también recuperan la chatarra no férrea, como marcos de ventanas de aluminio, puertas, canalones, chapa, tubería de cobre e instalaciones de fontanería (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

**d. Especificaciones para residuos de construcción y demolición recuperados.** Actualmente no hay especificaciones globales en la industria para los residuos de construcción y demolición. Se negocian individualmente las especificaciones con los compradores de materiales separados. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

## VI. DISPOSICIÓN FINAL

El relleno sanitario es el método de ingeniería recomendado para la disposición final de los residuos sólidos municipales. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE), define un relleno sanitario como:

<<Una técnica para la disposición final de los residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicios en el ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública; Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en el menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo factible y cubriendo los residuos así depositados con una capa de tierra al final de cada jornada>>

### A. De un botadero a cielo abierto a un relleno sanitario.

Aunque exista dentro de un sistema de manejo de residuos una diversidad de tratamientos como reducción, incineración, composteo y reciclaje, la disposición final del material desechado por cualquier tratamiento necesariamente llevara a la implementación de un relleno sanitario. De este modo, el tratamiento únicamente podrá reducir la cantidad de desechos que llegan a un relleno sanitario; todo tratamiento producirá un material residual que hará imprescindible el empleo de un relleno sanitario. (Mendizabal Acevedo, 1994)

**1. Botadero a cielo abierto.** En la mayoría de países de Latinoamérica, incluyendo Guatemala, no se cuenta con un sistema adecuado de disposición final (relleno sanitario), teniendo que recurrir en su mayoría a botaderos a cielo abierto y tiraderos clandestinos.

En el año de 1995, en Guatemala todavía no se contaba con la tecnología y recursos suficientes para reducir en forma apreciable la cantidad o volumen de residuos producidos por medio de tratamientos para disminuir la cantidad de residuos (como reducción y separación), haciendo que el relleno sanitario fuera la opción mas acertada de disposición de residuos. Prevalecía, además, una falta de concepción exacta de lo que significaba disponer sanitaria y eficientemente los desecho. Como consecuencia, se depositaban los desechos en ríos, barrancos, carretera, basureros al aire libre municipales o clandestinos o se provocaba la quema de basura al aire libre. (Mendizábal Acevedo, 1994)

En el año de 1993, según la OPS, en Guatemala se estimaba que existían aproximadamente 500 botaderos clandestinos. La falta de normas, educación sanitaria, sistematización en el sistema de recolección, transporte y vigilancia han llevado a muy poca concientización de la problemática. (Mendizabal Acevedo, 1994)

La basura contiene materiales putrescibles que se descomponen por acción de las bacterias. En los botaderos, esta descomposición tiene a ser anaerobia, produciéndose gases altamente tóxicos como metano, amoníaco, y el ácido sulfhídrico, entre otros. La descomposición ocasiona además de olores ofensivos en toda el área periférica del botadero, una elevación en la temperatura que origina incendios espontáneos. Esto prueba que la presencia de humo en grandes cantidades representa un peligro de incendio para el área periférica al botadero. (Mendizabal Acevedo, 1994)

Las partículas y el polvo que son arrastrados por el viento contaminan la atmósfera. La basura a la intemperie se ve afectada además por las lluvias, ya que el escurrimiento de agua de lluvia contamina el suelo impregnándolo de sustancias tóxicas. (Mendizabal Acevedo, 1994)

El vertimiento de las basuras a los ríos y quebradas, causan un incremento en la carga orgánica de las aguas superficiales, disminuye el oxígeno disuelto, aumentando los nutrientes y algas que dan lugar a la eutrofización, causa malos olores y la muerte de los peces. En muchas ocasiones, se ha llegado a perder este recurso para el abastecimiento de agua de las poblaciones. (Mendizabal Acevedo, 1994)

El abandono de la basura en las vías públicas (carreteras), trae como consecuencia la obstrucción de los alcantarillados. En época de lluvia, se tiene como consecuencia inundaciones que provocan pérdidas materiales.

La infiltración de lixiviados, que son líquidos emanados por la basura que contiene tóxicos en suspensión, puede llegar a contaminar el subsuelo hasta llegar al nivel freático. Una vez se ha contaminado el subsuelo, el procedimiento de limpieza es sumamente costoso y difícil. (Mendizabal Acevedo, 1994)

Los botaderos de basura originan además un hábitat ideal para la proliferación de vectores sanitarios tales como mosca, mosquitos, ratas y cucarachas que encuentran en los residuos sólidos su alimento y las condiciones adecuadas para su reproducción. (Mendizabal Acevedo, 1994)

El botadero arruina el paisaje y el entorno ecológico. Este deterioro estético de las ciudades, además de la consiguiente contaminación, vuelve el entorno de un botadero en una zona inhabitable, haciendo que tanto el terreno del sitio como los terrenos aledaños se desvaloricen. Es por esto que los botaderos a cielo abierto son una práctica que debe ser eliminada en su totalidad, fomentando programas que lleven a la clausura de dichos focos de contaminación y malestar de la población. (Mendizabal Acevedo, 1994)

**2. Clausura de un botadero a cielo abierto.** La clausura de los botaderos a cielo abierto es la parte más importante para el éxito de rellenos sanitarios futuros. Sin embargo, esta clausura debe ser un proceso planificado y no meramente un acto de abandonar el sistema. Se debe tomar en cuenta

la existencia y el uso actual de todos los vertederos a cielo abierto, considerando las necesidades y hábitos de los usuarios de los vertederos existentes.

La clausura de un sitio de disposición final de residuos sólidos constituye una obra de ingeniería en la cual los residuos sólidos son conformados, compactados y cubiertos con una capa de tierra, además de incluir actividades tendentes a minimizar los efectos negativos al ambiente y a la salud humana; se debe ofrecer al mismo tiempo una alternativa para la disposición final de la basura en otro lugar. (Mendizábal Acevedo, 1994)

En la clausura se deben incluir la captación y control de biogás y lixiviados; la estabilización de taludes de residuos sólidos, el desvío y control de los escurrimientos pluviales y la restricción del acceso y/o uso del sitio. (Mendizábal Acevedo, 1994)

Se debe notificar a los usuarios del tiradero de la localización del nuevo sitio de disposición final con suficiente tiempo antes del cierre

La eliminación de la fauna nociva (roedores, insectos rastreros y voladores) es un paso que requiere de mucho cuidado por el manejo de venenos y plaguicidas. (Mendizábal Acevedo, 1994)

En una etapa de clausura, se realizará principalmente el movimiento, compactación y sellado de los residuos sólidos de acuerdo con los niveles especificados en el proyecto. Se colocará cerca para restricción del acceso al público, se recolectará los residuos dispersos en las áreas colindantes al sitio y se colocarán los señalamientos restrictivos, como lo son los letreros. (Mendizábal Acevedo, 1994)

En una etapa de post clausura se tendrá como objetivo la construcción de sistemas de control ambiental y se iniciará una vez que los residuos hayan sido cubiertos en su totalidad. Esta etapa incluye no sólo el control de lixiviados y biogás, sino que se estabilizará el sitio mediante la colocación de suelo orgánico, cubierta vegetal (pasto y especies vegetales) y barrera vegetal. (Mendizábal Acevedo, 1994)

Una vez clausurado cualquier sitio de disposición final, este sufrirá cambios respecto del espacio y tiempo, debido a la degradación de los residuos sólidos y a la movilidad de los productos de esta degradación (biogás, orgánicos volátiles y lixiviados), efectos climáticos, alteraciones geológicas, asentamientos, etc. De modo que será indispensable vigilar y dar seguimiento a estos sitios durante un período de 30 años. (Mendizábal Acevedo, 1994)

## **B. Disposición final en Guatemala**

En el año de 1994, el relleno sanitario “El Trébol” recibía cerca de 900 toneladas de desechos por día. Este relleno opera hasta el día de hoy en una forma inadecuada, produciéndose una descomposición anaerobia que trae como consecuencia olores ofensivos que afectan toda el área cerca al sitio. No existe un control de levantamiento de partículas, siendo arrastrada la basura por el viento, además existen problemas con lixiviados, y sobre odo, con los gases y calor producido por la descomposición, los cuales producen

incendios, siendo estos detonados naturalmente y sin control alguno. Este basurero atrae aves de gran tamaño, haciendo de este lugar un aun más desagradable. Aunque la presencia de estas aves ayuda como un sistema de saneamiento al alimentarse de todos los desechos cárnicos, estos animales no dejan de representar una amenaza para la salud y la higiene de los ciudadanos. (Mendizábal Acevedo, 1994)

Para mediados de los 90s, la JICA (Japanese International Cooperation Agency) elaboró un plan maestro para el manejo de los desechos sólidos en el área metropolitana de Guatemala. Dentro de este estudio se propusieron, entre sus objetivos, la disposición final sanitaria de los desechos sólidos a través del mejoramiento inmediato del relleno controlado “El Trébol” y la iniciación, lo antes posible de un nuevo relleno sanitario. (Mendizábal Acevedo, 1994)

**1. Empresas y proyectos en Guatemala.** En Guatemala existen varias empresas dedicadas al reciclaje de desechos inorgánicos, muchas de ellas están especializadas o enfocadas a un tipo específico de materiales reciclables, algunos sólo recolectan papel y cartón, otros sólo chatarra, plásticos, vidrio, aluminio, etc. Son pocas las instituciones que recolectan varios tipos de desechos. Entre estas empresas se pueden mencionar: Reciclados de Centroamérica, Reciclados Comerciales (Recicom), Recipa, Fundación del Medio Ambiente (Fumente), Amigos de la Naturaleza y Procicla. Estas últimas, cuentan con iniciativas de capacitación y brindan charlas sobre el medio ambiente y el reciclaje. (Porras 2004)

La empresa Reciclados de Centroamérica creó un centro de acopio que empezó a operar en agosto de 2006 y para febrero 2007 había reciclado 130 toneladas de plástico ya utilizado, con un valor de US\$26 mil. El plástico reciclado fue exportado a China, Alemania, Italia, Brasil, Perú y Chile. En el corto plazo tienen proyectado construir otros centros de acopio en Escuintla, Chimaltenango, Huehuetenango y Quetzaltenango, con una inversión global de Q1.75 millones. Cada centro empleará a 10 personas y requieren de alianzas con empresarios locales que los operen. (Alvarado 2007)

Existe también la empresa Amigos de la Naturaleza, una empresa que desarrolla procesos educativos ambientales con el fin de crear conciencia hacia la conservación del ambiente en centros educativos, empresas y comunidades. La empresa ofrece: recolección periódica, talleres y capacitaciones, taller de encuadernación, taller de papiroflexia, elaboración de papel artesanal, taller de elaboración de juguetes con desechos, charla sobre impacto ambiental, charla sobre el manejo de los desechos sólidos, etc. (Porras 2004)

La empresa Maderplast S.A es una empresa que dedica al reciclaje de madera para la cual es reciclada para fabricar productos de madera plástica por lo que Contribuye a la conservación del medio

ambiente mediante la reducción de la contaminación de los desechos plásticos, del reciclaje y la tala innecesaria de árboles. (Maderplast S.A)

El reciclaje puede ser la solución necesaria en diferentes comunidades, para diferentes problemas, como enfermedades, acumulación de desechos, desempleo, falta de ingresos, etc. En Guatemala las actividades a favor del reciclaje son pocas, y no cuentan con un presupuesto publicitario que permita que más gente se involucre. Por ese motivo, el movimiento no ha crecido tanto como para causar un impacto relevante. Sin embargo, hay que admirar el esfuerzo de algunas organizaciones, empresas, escuelas e incluso el gobierno, porque perseveran en trabajar para el beneficio del medio ambiente. (Porrás 2004)

**2. NIMBY.** La experiencia del relleno sanitario “El Trébol” sirvió para asentar de una forma muy sólida el fenómeno NIMBY (Not In My Backyard por sus siglas en inglés), que ha llevado al fracaso de la implementación de nuevos proyectos de rellenos sanitarios. Actualmente, la población asocia todos los problemas de un relleno mal controlado como “El Trébol” a los de cualquier relleno sanitario que pudiera ser construido. (Mendizábal Acevedo, 1994)

Not In My Back Yard (NIMBY) es la reacción de algún sector de vecinos de alguna ciudad ante la presencia en su entorno de ciertas actividades o instalaciones que son percibidas como peligrosas debido a sus externalidades. Estos ciudadanos se organizan para enfrentarse ante esta actividad. (Nimby Experts, 2008)

Esta palabra es utilizada por estos vecinos para acusar a los partidarios del desarrollo en el área que a los vecinos se oponen. Muchas veces, los ciudadanos “afectados” se oponen a instalaciones y actividades que son necesarias, no importándoles que esto se ubique lejos de su entorno. (Nimby Experts, 2008)

Tipos de proyectos que suelen provocar el efecto NIMBY son:

- Centros de rehabilitación para drogodependientes.
- Prisiones.
- Incineradoras de basura.
- Vertederos de residuos.
- Plantas de compostaje.
- Realjo de marginados.
- Centrales nucleares.
- Centrales termoeléctricas.
- Líneas de alta tensión.

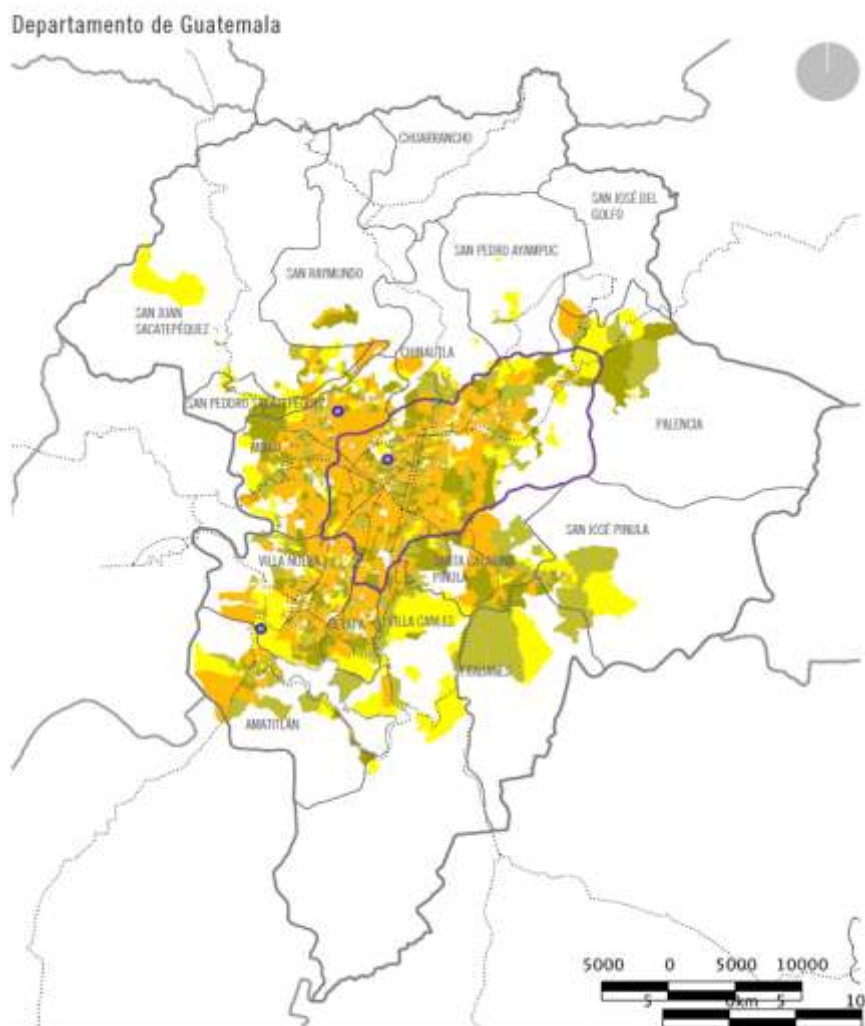
- Antenas de telefonía móvil.
- Estaciones transformadoras.
- Líneas de tren de alta velocidad.
- Parques eólicos.

**3. Disposición de la basura.** El Área Metropolitana tiene su principal depósito de desechos sólidos en la Zona 3 de Guatemala. En la Zona 10 de Villa Nueva existe un botadero que recibe 300 toneladas diarias, otro situado en el Kilómetro 22.4 en Amatitlán, otro en Mixco, ambos a cielo abierto, y diversos botaderos clandestinos. (Morán, 2003)

Los municipios de Mixco, Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, San José Pinula, Chinautla y Fraijanes vierten su basura en el basurero de la ciudad. La otra mitad de municipios tienen depósitos dentro del área de influencia de sus cascos urbanos y han proliferado en ellos también los basureros no autorizados. Los municipios citados suman una población de 2,144,052 habitantes según el Censo de 2002. Esta cantidad de población implica una generación de desechos que promedia las 1,369 Ton/d de las cuales 1,010 Tn/d se generan sólo en la ciudad de Guatemala. En otras palabras el 53% de la basura pertenece al municipio central y el resto se comparte entre los otros siete municipios. (Morán, 2003)

Los residuos depositados en el basurero de la Zona 3 de Guatemala están compuestos del 52% de residuos orgánicos y un 29% de materiales reciclables lo que indica que el 81% de los residuos tiene un potencial para su aprovechamiento y valoración. Lo anterior también indica que los residuos que efectivamente requieren disposición es el 19% de los residuos generados. (Morán, 2003)

**Ilustración 13.** Recolección Municipal de basura en el departamento de Guatemala



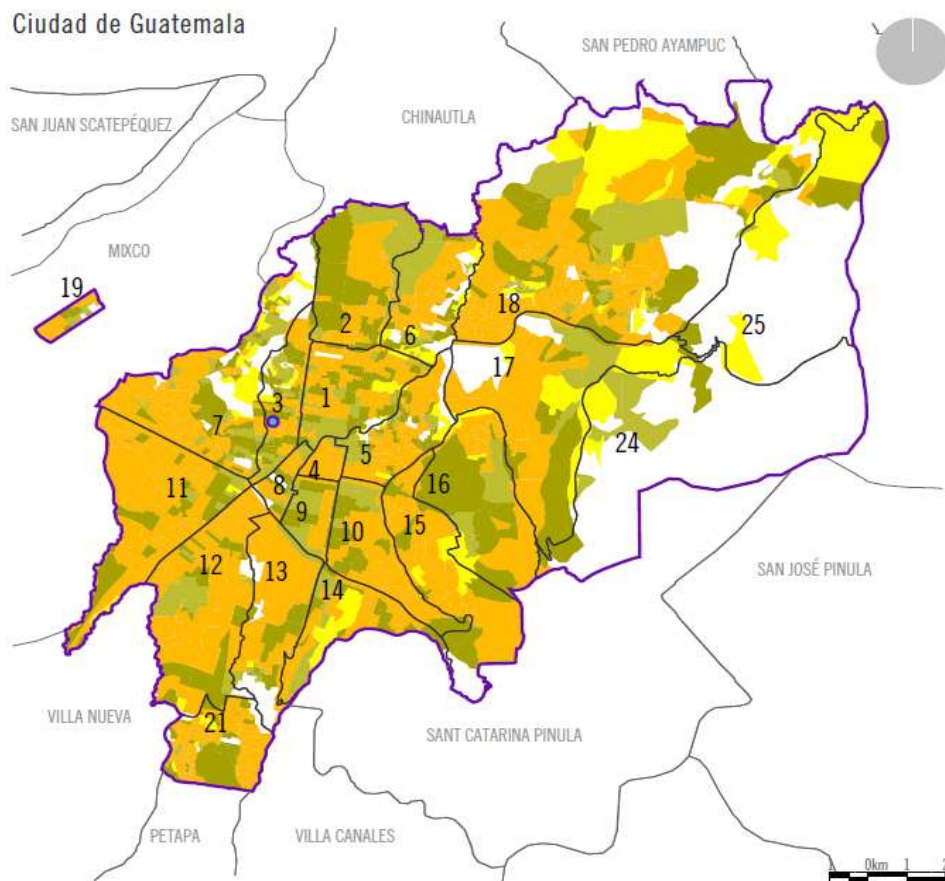
### Porcentaje de Recolección Municipal

- 0% - 20%
- 21% - 40%
- 41% - 60%
- 61% - 80%
- 81% - 100%

Fuente: IX Censo de Habitación y VI Censo de Población 2002. INE

- Basurero autorizado

**Ilustración 14.** Recolección Municipal de basura en la ciudad de Guatemala



**Porcentaje de Recolección Municipal**

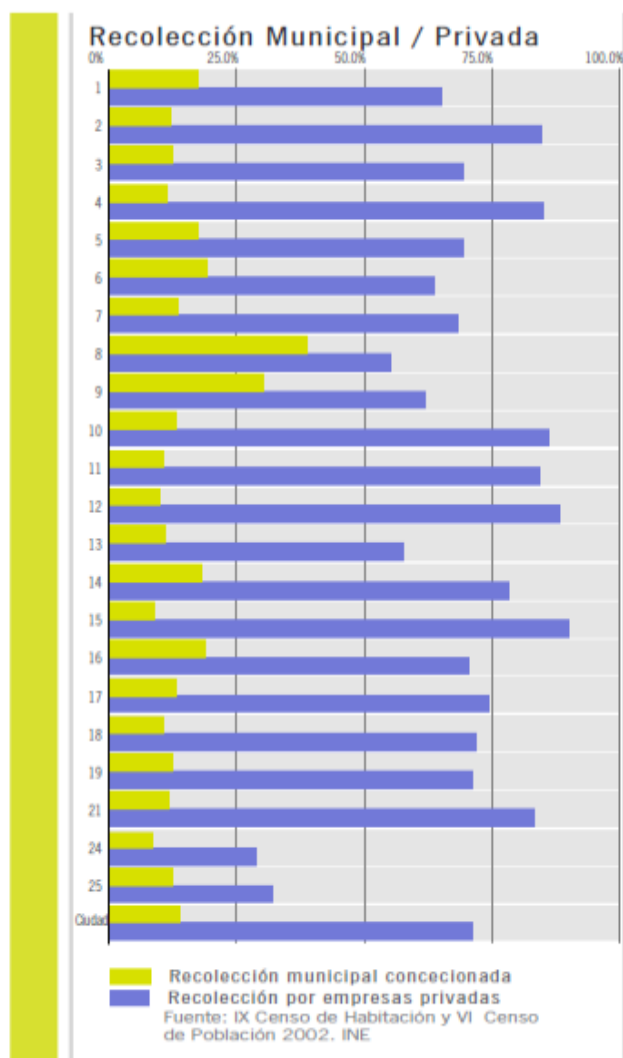
- 0% - 20%
- 21% - 40%
- 41% - 60%
- 61% - 80%
- 81% - 100%

Fuente: IX Censo de Habitación y VI Censo de Población 2002. INE

● Basurero autorizado

**Ilustración 15.** Recolección de la basura entidades Municipales / Privadas

DISPOSICIÓN DE LA BASURA				
ZONA	HOGARES	%MUNI	%PRIV	%OTRA
1	16,568	17.2%	65.3%	17.5%
2	5,788	12.0%	84.7%	3.2%
3	6,322	12.3%	69.6%	18.1%
4	456	11.2%	85.3%	3.5%
5	15,494	17.4%	69.6%	13.0%
6	17,930	19.1%	63.9%	17.0%
7	32,082	13.6%	68.3%	18.1%
8	2,913	38.8%	55.2%	6.0%
9	522	30.1%	61.9%	8.0%
10	3,381	13.2%	86.2%	0.7%
11	9,979	10.6%	84.6%	4.8%
12	10,853	9.8%	88.3%	1.9%
13	6,441	10.9%	57.6%	31.5%
14	4,668	18.0%	78.3%	3.7%
15	3,826	8.9%	90.1%	1.0%
16	4,324	18.9%	70.5%	10.5%
17	5,305	13.2%	74.4%	12.4%
18	44,188	10.7%	71.9%	17.4%
19	5,812	12.5%	71.2%	16.3%
21	17,733	11.6%	83.4%	5.0%
24	3,205	8.4%	28.7%	62.8%
25	4,179	12.4%	31.8%	55.7%
Ciudad	221,969	13.7%	71.3%	15.0%

**NOTAS:**

**HOGARES:** Grupo de individuos que comparten una cocina y/o área de comer. Se diferencia de vivienda porque puede haber varios hogares en un edificio de vivienda y de la familia porque el hogar lo puede constituir un solo individuo.

% MUNI: Porcentaje de basura recogida por empresas privadas que trabajan bajo la concesión municipal del servicio.

%PRIVÑ Porcentaje de basura recogida por empresas privadas que trabajan como empresas independientes. Muchas veces micro empresarios.

%OTRA: La basura no es recogida por ninguna de las empresas anteriores, es quemada, tirada en basureros clandestinos o autorizados o enterrados. Esto sucede sobre todo en las zonas 24 y 25.

**SECTOR CENSAL:** Es un conjunto de entre 200 a 400 viviendas delimitado por el INE según criterios de logística del Censo. Es la unidad mínima territorial que reconoce el Censo de 2002.

## VII. CONCLUSIONES

1. Según los datos obtenidos en el presente informe, el basurero de la zona 3 de Guatemala recibe 1,369 ton/día de basura. El 36% son residuos orgánicos, el 64% es material reciclable. Esto quiere decir que únicamente el 19% de los desechos que se reciben diariamente en este botadero requieren de una disposición final sin posibilidad de ser aprovechados.
2. En Guatemala aunque se cuente con desechos para ser reciclados y aprovechados posteriormente, la poca colaboración por parte de las municipalidades hace que empresas privadas sean las responsables del manejo y tratamiento de dichos residuos.
3. La calidad de los distintos procesos de recolección de materiales reciclables ayuda a disminuir problemas ambientales dentro de los cuales se encuentran: el efecto invernadero, disminución de la capa de ozono, erosión del suelo y la contaminación del agua. A su vez disminuirían los factores de riesgo para la salud de las personas.
4. Según los distintos procesos de recolección, clasificación y transporte antes mencionados, en Guatemala no se cuentan con los equipos de procesamiento adecuados para la recolección, clasificación y transporte de la basura.

## **VIII. RECOMENDACIONES**

1. Al tener una disposición final de desechos similares a países como estados unidos y la unión europea, debemos de tomar como guía el tratamiento y aprovechamiento económico que se les da a dichos residuos en estos países.
2. La gran cantidad de materia generada en el sector industrial y de la construcción se deberían ver no como uno de los procesos que más residuos produce, sino como una fuente de materiales con mucho potencial para ser reciclados y reutilizados si se les da el tratamiento necesario adecuadamente.
3. Determinar lugares estratégicos como colegios, centros comerciales, terminales de buses, donde sean ubicados contenedores de recolección para lograr así captar un mayor volumen de materiales reciclables.
4. Implementar programas de concientización del ambiente mediante la clasificación de los distintos materiales reciclables e informar a las personas sobre los distintos lugares de recolección de material reciclable.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, M. *Entrevistador: Hugo Pivaral*. 20 de marzo de 2009. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. Entrevistas disponible en video.
- Asociación Audubón. (2002). *Operación Recicla*. Guatemala.
- Calvo, M.S. (2000). *Tratado y Recuperación de Productos de los Residuos*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Canellis, T. (2003). “*Clasificación para el reciclaje de desechos inorgánicos en la Ciudad de Guatemala*”. Universidad Rafael Landívar. Guatemala. Pág. 102.
- Carmona, A. (2008). *R3 - reducción - reutilización – reciclado*. UCA (Universidad de Cadiz). España. Sitio web: <http://www2.uca.es/grup-invest/cit/RRR.htm>
- Catalán Marroquín, A., Cifuentes Sánchez, E. G., Ramos Campos, J. M., Morales Murga, M. R., del Cid Reyes, M. R., Nájera Revolorio, N. A., *et al.* (2010). *Fomentando la cultura de reciclaje en la Comunidad Educativa de la Universidad Panamericana*. Guatemala.
- Cheremisinoff, P. y A., Morresi.(1976). *Energía de desechos sólidos*. Tesis. Universidad Rafael Landívar. Guatemala: Edita.
- Castells, X.E. (2000). *Reciclaje de Residuos Industriales*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos
- Falk, R. H. (1993). *Building products from recycled wood waste*. United States.

- Fernández, A.; *et al.* (1995). *Propuesta de Material Gráfico promocional para informar sobre el reciclaje del vidrio a los estudiantes de la Universidad Rafael Landívar*. Seminario. Universidad Rafael Landívar, Campus Central, Guatemala.
- Fischer, R. (2000). *Manual práctico de reciclaje*. Blume. Barcelona
- Gamero, S. (2005). “*Nada se tira, todo se recicla: sobre la basura y su futuro*”. Editorial Lumen. Buenos Aires, Argentina. Pág. 178.
- García, D., (1995) *Volver a empezar. Llega la nueva cultura del reciclaje*. Revista Muy Interesante.
- Gerdau Aza. (2008). *Retrieved. September 12, 2012, from* [www.gerdauaza.cl/Reciclaje.asp](http://www.gerdauaza.cl/Reciclaje.asp)
- Guerrero, L. (2008). *Viva Verde*. Retrieved 10 8, 2012, from <http://vidaverde.about.com/od/Reciclaje/g/Las-Tres-Erres-Ecologicas.htm>
- Hudson, N. W. (1997). *Medición sobre el Terreno de la erosión del suelo y la Escorrentia*. Roma: FAO
- Instituto Nacional de Ecología. (2002) SEDESOL. *Cómo disminuir la basura en nuestro hogar*. México.
- Ladreda, F. (2008). *Manual para la Formación en Medio Ambiente*. Valladolid: Lex Nova S.A.

- Lee Bray, E. (2008, Enero). *Retrieved. September 6, 2012, from U.S. Geological Survey: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/aluminum/mcs-2008-alumi.pdf>*
- Limbachiya, M. (2003). *Construction and Demolition Waste Recycling for Reuse as Aggregate in Concrete Production*. United Kingdom.
- Lund, H. (2004). *“Manual de reciclaje”. Volumen 1*. Editorial McGraw Hill. España. Pág. 312.
- Maderplast S.A. (s.f.). *La Madera Plástica*. Recuperado el 8 de 10 de 2012, de [http://www.maderplast.com.gt/perfil\\_del\\_producto.html](http://www.maderplast.com.gt/perfil_del_producto.html)
- Madrid, M. (2001) *Propuesta de un video informativo sobre la importancia del reciclaje de papel para estudiantes de la Universidad Rafael Landívar*. Tesis de Licenciatura, Universidad Rafael Landívar, Campus Central, Guatemala.
- Mendizabal Acevedo, Y. L. (1994). *Descripción de los procesos para el manejo de los desechos sólidos*. Guatemala.
- Morán, A. (2003). *Informe Final del Estudio de Composición de Residuos que Ingresan al Vertedero de la Zona 3*. Guatemala.
- Muñoz, M. (2011). *Residencia Estudiantil con Materiales Reciclables*.
- Nimby Experts. (2008). *Retrieved. September 7, 2012, from <http://www.nimbyexperts.com>*

- OMS. (2006). *Retrieved*. September 12, 2012, from [http://www.bvsde.paho.org/curso\\_rsm/e/unidades.html](http://www.bvsde.paho.org/curso_rsm/e/unidades.html)
- Organización Mundial para la Salud. (2006). *Retrieved*. September 12, 2012, from [http://www.bvsde.paho.org/curso\\_rsm/e/unidades.html](http://www.bvsde.paho.org/curso_rsm/e/unidades.html)
- Porras, L. (2004) *Plan de reciclaje en Antigua Guatemala*. Tesis de Licenciatura, Universidad Rafael Landívar, Campus Central, Guatemala.
- Prieto, J. (2003). “*Basura, manejo y transformación práctica económico*”. 2da. Edición. Editorial Ecoe. Guatemala. Pág 98.
- Real Academia Española (RAE). (2009). España. Sitio web: <http://www.rae.es/rae.html>
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos* (Vol. II). Madrid: McGraw Hill.
- Yurivilca Oscanoa, F. M. (2009). *Diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos en un sector urbano*. Lima.

## X. ANEXOS

**Tabla 3.** Disposición Final por departamento de la basura domiciliar.

Guatemala: población total y estimación de la basura domiciliar por departamento  
2009  
(toneladas)

Departamento	Población total	Disposición final						
		Total	Servicio municipal	Servicio privado	La queman	La tiran en cualquier parte	La entierran	Otra
República	14,017,057	1,746,059	162,136	361,445	530,196	459,722	170,829	61,732
Guatemala	3,049,601	445,242	63,371	257,938	58,473	45,119	7,239	13,103
El Progreso	153,261	19,020	537	2,567	10,937	3,694	811	473
Sacatepéquez	303,459	18,830	2,650	6,002	3,640	2,004	1,894	2,639
Chimaltenango	578,976	80,304	6,579	13,634	23,479	17,061	11,792	7,758
Escuintla	670,570	93,008	13,623	11,538	51,313	11,522	2,940	2,073
Santa Rosa	334,720	41,539	2,813	3,321	21,545	11,303	1,948	608
Sololá	411,202	46,528	8,193	1,180	7,998	17,164	9,811	2,182
Totonicapán	447,651	62,089	2,699	987	19,312	15,144	21,345	2,603
Quetzaltenango	754,457	85,367	18,274	4,503	29,172	16,883	13,754	2,781
Suchitepequez	492,481	68,307	6,248	9,118	34,606	14,695	2,450	1,189
Retalhuleu	290,796	40,333	3,231	4,073	24,857	6,787	994	391
San Marcos	972,781	134,925	6,594	5,164	37,919	50,667	25,644	8,936
Huehuetenango	1,085,357	95,077	4,501	4,006	15,281	50,373	17,352	3,565
Quiché	890,764	113,795	2,816	4,147	20,812	57,079	23,346	5,595
Baja Verapaz	257,876	29,179	2,037	644	9,141	13,142	3,297	918
Alta Verapaz	1,046,185	118,376	2,267	8,443	42,341	49,348	13,976	2,001
Petén	588,860	32,240	364	2,055	22,569	6,272	734	247
Izabal	393,345	50,250	1,643	8,372	30,461	8,074	1,115	584
Zacapa	215,752	29,925	3,617	2,934	14,695	7,902	520	257
Chiquimula	355,223	49,269	5,522	3,677	14,543	22,647	1,608	1,272
Jalapa	301,755	38,549	1,646	3,346	11,038	15,207	6,165	1,147
Jutiapa	421,984	53,908	2,908	3,795	26,064	17,634	2,098	1,409

**Tabla 4.** Porcentajes Disposición Final por departamento de la basura domiciliar.

**Guatemala: población total y estimación de la basura domiciliar por departamento  
2009**

Departamento	Población total	Disposición final						
		Total	Servicio municipal	Servicio privado	La queman	La tiran en cualquier parte	La entierran	Otra
<b>Estructura (%)</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
Guatemala	21.8	25.5	39.1	71.4	11.0	9.8	4.2	21.2
El Progreso	1.1	1.1	0.3	0.7	2.1	0.8	0.5	0.8
Sacatepéquez	2.2	1.1	1.6	1.7	0.7	0.4	1.1	4.3
Chimaltenango	4.1	4.6	4.1	3.8	4.4	3.7	6.9	12.6
Escuintla	4.8	5.3	8.4	3.2	9.7	2.5	1.7	3.4
Santa Rosa	2.4	2.4	1.7	0.9	4.1	2.5	1.1	1.0
Sololá	2.9	2.7	5.1	0.3	1.5	3.7	5.7	3.5
Totonicapán	3.2	3.6	1.7	0.3	3.6	3.3	12.5	4.2
Quetzaltenango	5.4	4.9	11.3	1.2	5.5	3.7	8.1	4.5
Suchitepequez	3.5	3.9	3.9	2.5	6.5	3.2	1.4	1.9
Retalhuleu	2.1	2.3	2.0	1.1	4.7	1.5	0.6	0.6
San Marcos	6.9	7.7	4.1	1.4	7.2	11.0	15.0	14.5
Huehuetenango	7.7	5.4	2.8	1.1	2.9	11.0	10.2	5.8
Quiché	6.4	6.5	1.7	1.1	3.9	12.4	13.7	9.1
Baja Verapaz	1.8	1.7	1.3	0.2	1.7	2.9	1.9	1.5
Alta Verapaz	7.5	6.8	1.4	2.3	8.0	10.7	8.2	3.2
Petén	4.2	1.8	0.2	0.6	4.3	1.4	0.4	0.4
Izabal	2.8	2.9	1.0	2.3	5.7	1.8	0.7	0.9
Zacapa	1.5	1.7	2.2	0.8	2.8	1.7	0.3	0.4
Chiquimula	2.5	2.8	3.4	1.0	2.7	4.9	0.9	2.1
Jalapa	2.2	2.2	1.0	0.9	2.1	3.3	3.6	1.9
Jutiapa	3.0	3.1	1.8	1.0	4.9	3.8	1.2	2.3

**Tabla 5.** Tipo de desecho en la basura domiciliar por departamento

**Guatemala: estimación de la composición de la basura domiciliar por departamento  
2009  
(toneladas)**

Tipo de desecho								
Departamento	Papel y cartón	Trapos	Madera y follaje	Restos alimentos	Caucho, cuero, plásticos	Metales	Vidrios	Suelo y otros
<b>República</b>	<b>294,957</b>	<b>83,843</b>	<b>336,683</b>	<b>361,815</b>	<b>221,745</b>	<b>79,267</b>	<b>76,088</b>	<b>291,661</b>
Guatemala	59,322	6,582	144,414	65,369	35,131	35,256	18,239	80,928
El Progreso	2,903	523	6,832	1,968	1,632	1,458	598	3,106
Sacatepéquez	1,975	652	4,471	3,522	1,915	1,790	1,701	2,803
Chimaltenango	9,462	2,917	12,028	20,906	11,056	2,545	2,436	18,954
Escuintla	14,309	5,049	11,421	22,094	17,869	5,560	4,080	12,626
Santa Rosa	6,391	2,255	5,101	9,867	7,981	2,483	1,822	5,639
Sololá	15,891	4,278	552	1,643	3,675	1,143	3,117	16,228
Totonicapán	20,443	5,348	719	4,172	4,934	1,841	4,191	20,442
Quetzaltenango	24,899	8,300	1,186	3,557	6,403	1,423	5,691	33,910
Suchitepequez	8,366	684	14,786	27,084	8,314	57	240	8,778
Retalhuleu	3,713	-	9,948	16,248	4,638	11	89	5,687
San Marcos	17,258	6,992	35,786	31,610	15,589	5,768	3,161	18,760
Huehuetenango	14,542	7,571	7,766	31,264	17,880	2,486	2,927	10,642
Quiché	21,384	5,322	3,930	44,799	24,830	2,956	3,481	7,092
Baja Verapaz	6,734	1,730	7,996	3,414	5,284	1,309	1,543	1,169
Alta Verapaz	27,244	7,007	32,517	13,869	21,489	5,243	6,249	4,758
Petén	6,799	3,058	6,885	3,632	5,584	2,363	3,088	832
Izabal	10,678	628	11,934	12,562	10,050	1,256	628	2,512
Zacapa	6,708	114	9,833	7,257	3,994	804	621	595
Chiquimula	6,192	12,361	891	6,504	1,560	2,151	8,758	10,852
Jalapa	4,329	1,053	3,236	13,075	5,075	589	1,494	9,698
Jutiapa	5,416	1,419	4,451	17,400	6,863	775	1,934	15,649

**Tabla 1.** Porcentajes tipo de desecho en la basura domiciliar por departamento

Guatemala: estimación de la composición de la basura domiciliar por departamento  
2009

Departamento	Tipo de desecho							
	Papel y cartón	Trapos	Madera y follaje	Restos alimentos	Caucho, cuero, plásticos	Metales	Vidrios	Suelo y otros
Estructura (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Guatemala	20.1	7.9	42.9	18.1	15.8	44.5	24.0	27.7
El Progreso	1.0	0.6	2.0	0.5	0.7	1.8	0.8	1.1
Sacatepéquez	0.7	0.8	1.3	1.0	0.9	2.3	2.2	1.0
Chimaltenango	3.2	3.5	3.6	5.8	5.0	3.2	3.2	6.5
Escuintla	4.9	6.0	3.4	6.1	8.1	7.0	5.4	4.3
Santa Rosa	2.2	2.7	1.5	2.7	3.6	3.1	2.4	1.9
Sololá	5.4	5.1	0.2	0.5	1.7	1.4	4.1	5.6
Totonicapán	6.9	6.4	0.2	1.2	2.2	2.3	5.5	7.0
Quetzaltenango	8.4	9.9	0.4	1.0	2.9	1.8	7.5	11.6
Suchitepequez	2.8	0.8	4.4	7.5	3.7	0.1	0.3	3.0
Retalhuleu	1.3	-	3.0	4.5	2.1	0.0	0.1	1.9
San Marcos	5.9	8.3	10.6	8.7	7.0	7.3	4.2	6.4
Huehuetenango	4.9	9.0	2.3	8.6	8.1	3.1	3.8	3.6
Quiché	7.2	6.3	1.2	12.4	11.2	3.7	4.6	2.4
Baja Verapaz	2.3	2.1	2.4	0.9	2.4	1.7	2.0	0.4
Alta Verapaz	9.2	8.4	9.7	3.8	9.7	6.6	8.2	1.6
Petén	2.3	3.6	2.0	1.0	2.5	3.0	4.1	0.3
Izabal	3.6	0.7	3.5	3.5	4.5	1.6	0.8	0.9
Zacapa	2.3	0.1	2.9	2.0	1.8	1.0	0.8	0.2
Chiquimula	2.1	14.7	0.3	1.8	0.7	2.7	11.5	3.7
Jalapa	1.5	1.3	1.0	3.6	2.3	0.7	2.0	3.3
Jutiapa	1.8	1.7	1.3	4.8	3.1	1.0	2.5	5.4

**Tabla 7.** Estimación total de las toneladas de la disposición final de la basura domiciliar en el departamento de Guatemala

**Guatemala: población total y estimación de la basura domiciliar por departamento y municipio  
2009  
(toneladas mensuales)**

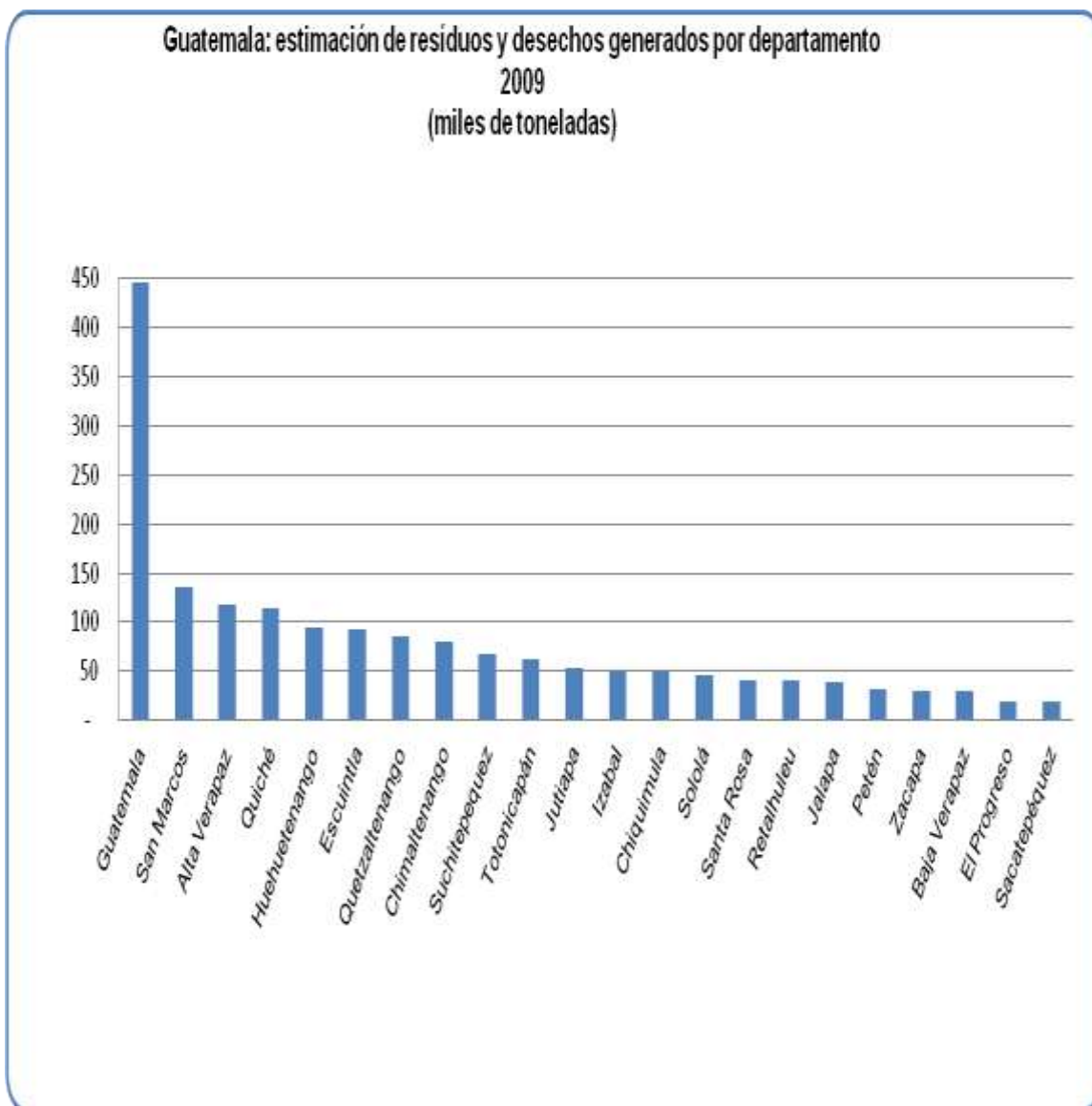
Departamento y municipio	Población total	Disposición final						
		Total	Servicio municipal	Servicio privado	La queman	La tiran en cualquier parte	La entierran	Otra
422172 REPÚBLICA	14,017,057	1,746,059	162,136	361,445	530,196	459,722	170,829	61,732
<b>Guatemala</b>	<b>3,049,601</b>	<b>445,242</b>	<b>63,371</b>	<b>257,938</b>	<b>58,473</b>	<b>45,119</b>	<b>7,239</b>	<b>13,103</b>
Guatemala	984,655	143,760	19,704	102,509	4,270	11,044	548	5,684
Santa Catarina Pinula	82,976	12,114	2,206	6,810	2,322	465	259	52
San José Pinula	65,531	9,568	1,475	3,241	3,392	806	368	286
San José del Golfo	5,656	826	79	7	450	271	17	1
Palencia	56,922	8,311	203	1,005	4,376	1,933	666	128
Chinuautila	118,502	17,301	4,481	5,163	2,031	3,907	201	1,516
San Pedro Ayampuc	65,279	9,531	1,160	1,830	4,553	1,390	304	293
Mixco	469,224	68,507	8,576	47,748	3,108	5,608	384	3,083
San Pedro Sacatepéquez	39,136	5,714	443	1,610	2,593	693	341	34
San Juan Sacatepéquez	202,074	29,503	3,717	6,283	10,963	6,867	1,451	222
San Raimundo	28,093	4,102	510	141	1,975	1,272	184	20
Chuarrancho	12,206	1,782	3	25	634	916	88	116
Fraijanes	41,327	6,034	10	86	2,197	3,175	304	262
Amatitlán	103,272	15,078	2,623	8,716	2,326	708	585	121
Villa Nueva	488,335	71,297	13,757	47,149	4,976	3,938	560	917
Villa Canales	135,618	19,800	1,678	8,403	6,832	1,743	868	277
Petapa	150,796	22,016	2,747	17,213	1,475	382	111	88

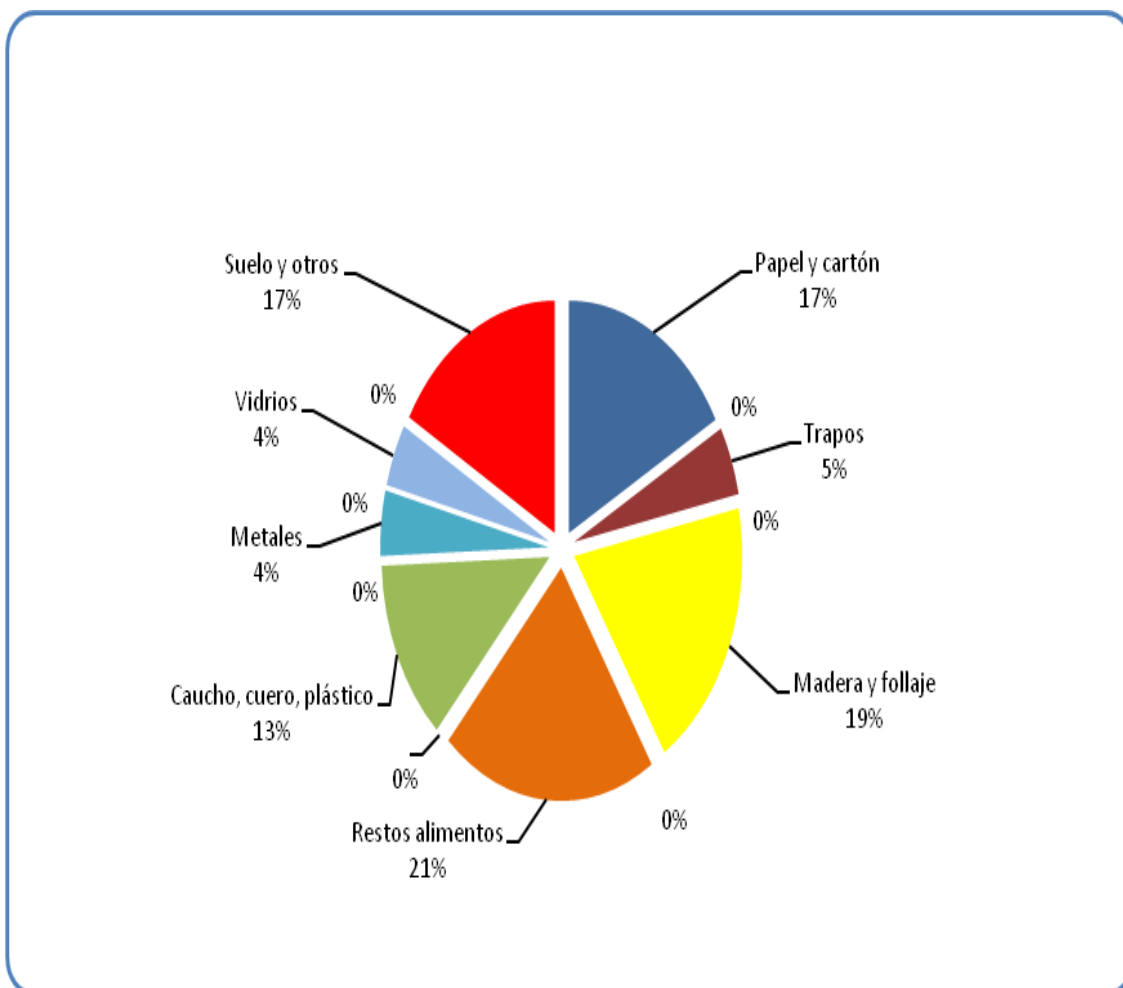
**Tabla 8.** Estimación total de las toneladas de la composición de la basura domiciliar en el departamento de Guatemala

**Guatemala: población total y estimación de la basura domiciliar por departamento y municipio  
2008  
(toneladas mensuales)**

Departamento y municipio	Composición de la basura							
	Papel y cartón	Trapos	Madera y follaje	Restos alimentos	Caucho, cuero, plásticos	Metales	Vidrios	Suelo y otros
<b>REPÚBLICA</b>	<b>294,957</b>	<b>83,843</b>	<b>336,683</b>	<b>361,815</b>	<b>221,745</b>	<b>79,267</b>	<b>76,088</b>	<b>291,661</b>
Guatemala	59,322	6,582	144,414	65,369	35,131	35,256	18,239	80,928
Guatemala	16,710	2,014	46,852	21,936	10,610	9,722	6,198	29,718
Santa Catarina Pinol	1,408	170	3,948	1,849	894	819	522	2,504
San José Pinula	1,112	134	3,118	1,460	706	647	412	1,978
San José del Golfo	171	15	262	100	84	107	26	60
Palencia	1,723	151	2,639	1,011	840	1,077	263	607
Chinuautila	3,587	314	5,495	2,105	1,750	2,242	547	1,263
San Pedro Ayampú	1,976	173	3,027	1,160	964	1,235	301	696
Mixco	7,963	960	22,327	10,453	5,056	4,633	2,953	14,162
San Pedro Sacatepé	1,184	104	1,815	695	578	740	181	417
San Juan Sacatepé	6,116	536	9,370	3,589	2,983	3,822	932	2,154
San Raimundo	850	75	1,303	499	415	531	130	299
Chuarrañcho	369	32	566	217	180	231	56	130
Fraijanes	1,251	110	1,916	734	610	782	191	440
Amatitlán	1,753	211	4,914	2,301	1,113	1,020	650	3,117
Villa Nueva	8,287	999	23,236	10,879	5,262	4,821	3,074	14,739
Villa Canales	2,302	277	6,453	3,021	1,461	1,339	854	4,093
Petapa	2,559	308	7,175	3,359	1,625	1,489	949	4,551

**Ilustración 15.** Residuos y desechos generados en los departamentos, año 2009



**Ilustración 1.** Porcentajes de los residuos y desechos orgánicos en los departamentos

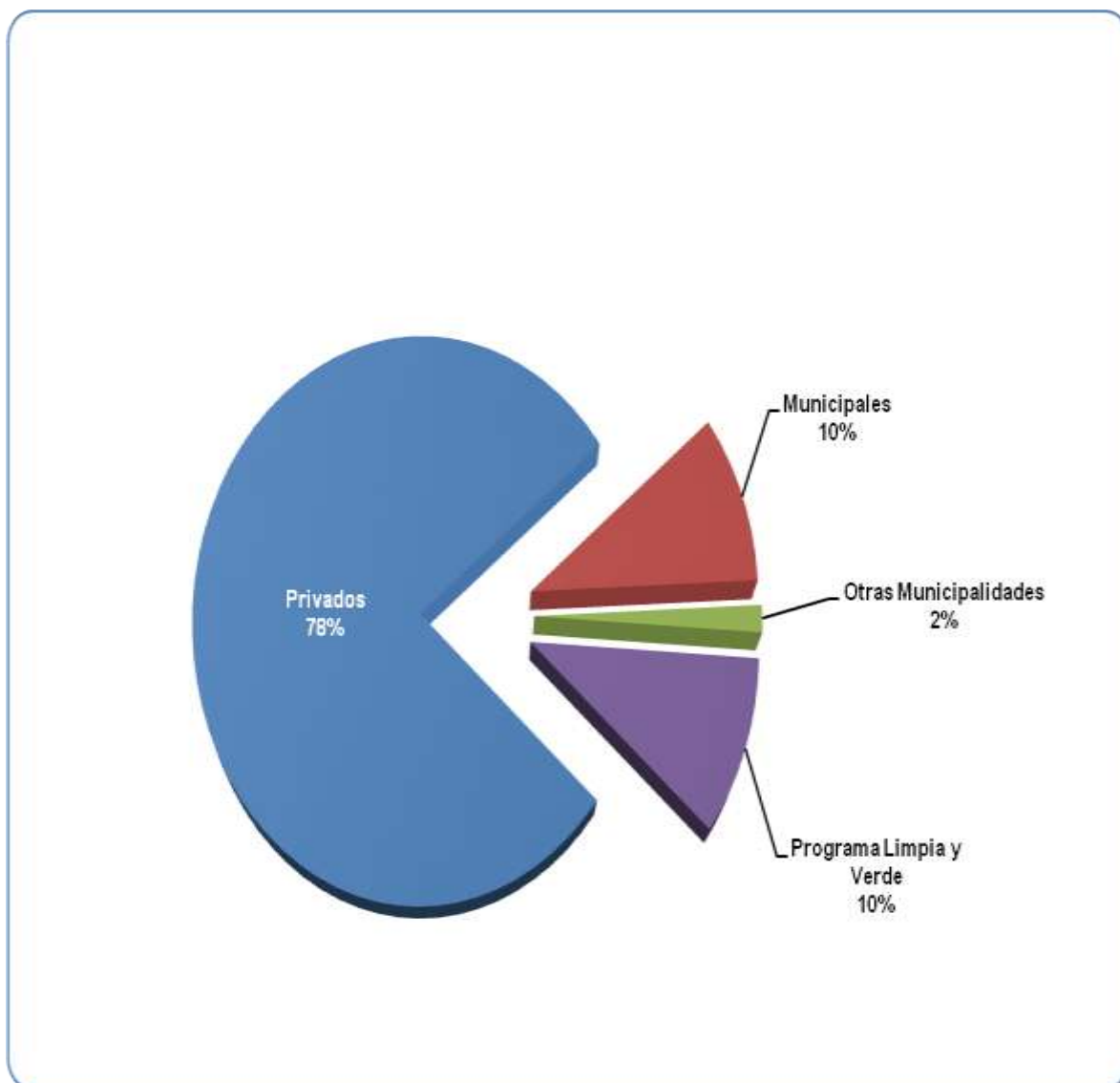
**Tabla 9.** Generación de residuos y desechos sólidos por sectores de la economía

2001-2006 (toneladas y porcentaje)						
Actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Total</b>	<b>81,866,545</b>	<b>91,891,524</b>	<b>85,994,574</b>	<b>110,372,862</b>	<b>101,003,282</b>	<b>113,834,210</b>
Agricultura	17,504,222	17,968,016	18,141,819	18,969,089	19,452,734	19,075,981
Biodiversidad	744,554	764,064	1,346,789	703,894	856,564	766,366
Minería	20,938	24,877	27,247	26,434	20,696	19,466
Industria	62,233,185	71,742,841	65,054,607	89,214,621	79,187,994	92,446,900
Servicios	40,710	40,124	39,297	38,674	38,361	37,860
Hogares	1,321,016	1,350,053	1,383,067	1,416,754	1,444,909	1,485,973
Importaciones	1,921	1,549	1,748	3,396	2,025	1,664
<b>Estructura (%)</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
Agricultura	21.4	19.6	21.1	17.2	19.3	16.8
Biodiversidad	0.9	0.8	1.6	0.6	0.8	0.7
Minería	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Industria	76.0	78.1	75.6	80.8	78.4	81.2
Servicios	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Hogares	1.6	1.5	1.6	1.3	1.4	1.3
Importaciones	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**Tabla 10.** Número de viajes de camiones que ingresaron al basurero municipal de la zona 3. Año 2009

Mes	Total	Privados	Municipales	Otras municipalidades	Programa limpia y verde
<b>Total</b>	<b>177,260</b>	<b>140,469</b>	<b>15,856</b>	<b>2,934</b>	<b>18,001</b>
Enero	14,316	11,823	859	244	1,390
Febrero	12,993	10,809	755	179	1,250
Marzo	14,478	11,945	878	250	1,405
Abril	13,189	10,933	749	254	1,253
Mayo	15,039	11,669	1,575	223	1,572
Junio	14,955	11,708	1,447	249	1,551
Julio	15,519	12,196	1,534	253	1,536
Agosto	15,184	11,776	1,621	198	1,589
Septiembre	14,888	11,609	1,550	221	1,508
Octubre	15,374	12,029	1,528	276	1,541
Noviembre	15,041	11,555	1,569	249	1,668
Diciembre	16,284	12,417	1,791	338	1,738

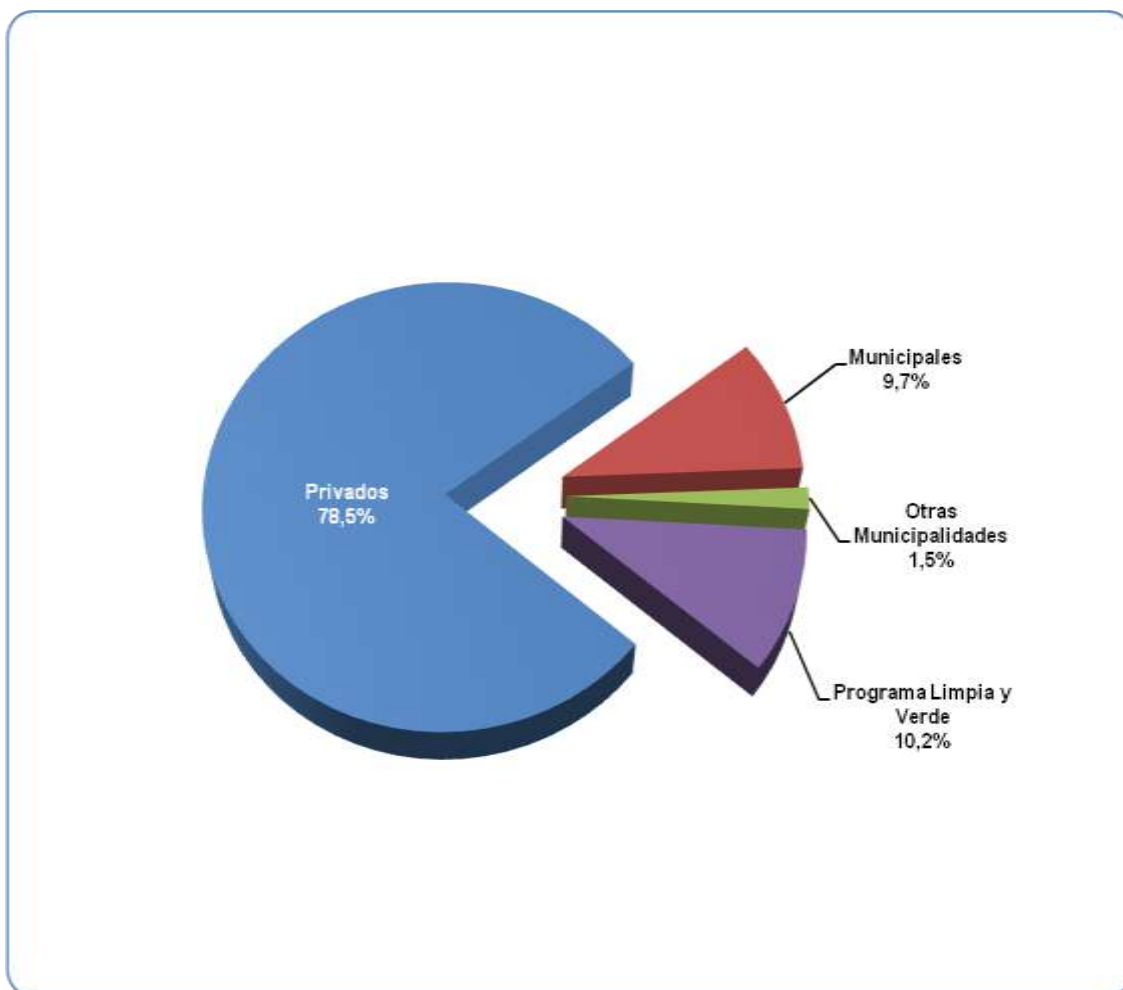
**Ilustración 17.** Porcentaje de camiones ingresados al basurero municipal de la Z. 3 año 2009



**Tabla 11.** Volumen estimado mensual de desechos sólidos ingresados al basurero municipal Z. 3.

2009 (metros cúbicos)					
Mes	Total	Privados	Municipales	Otras municipalidades	Programa limpia y verde
<b>Total</b>	<b>2,848,217.0</b>	<b>2,528,442.0</b>	<b>158,560.0</b>	<b>35,208.0</b>	<b>126,007.0</b>
Enero	234,062.0	212,814.0	8,590.0	2,928.0	9,730.0
Febrero	213,010.0	194,562.0	7,550.0	2,148.0	8,750.0
Marzo	236,625.0	215,010.0	8,780.0	3,000.0	9,835.0
Abril	216,103.0	196,794.0	7,490.0	3,048.0	8,771.0
Mayo	239,472.0	210,042.0	15,750.0	2,676.0	11,004.0
Junio	239,059.0	210,744.0	14,470.0	2,988.0	10,857.0
Julio	248,656.0	219,528.0	15,340.0	3,036.0	10,752.0
Agosto	241,677.0	211,968.0	16,210.0	2,376.0	11,123.0
Septiembre	237,670.0	208,962.0	15,500.0	2,652.0	10,556.0
Octubre	245,901.0	216,522.0	15,280.0	3,312.0	10,787.0
Noviembre	238,344.0	207,990.0	15,690.0	2,988.0	11,676.0
Diciembre	257,638.0	223,506.0	17,910.0	4,056.0	12,166.0

**Ilustración 18.** Porcentaje del volumen estimado de desechos sólidos ingresado al basurero municipal Z.3 año 2009



**Tabla 12.** Peso y composición de los residuos y desechos sólidos que ingresaron al relleno sanitario de Barcenás, Villa Nueva

**2009**  
(toneladas y porcentaje)

Mes	Total	%	Reciclaje	Compostaje	Disposición final
<b>Total</b>	<b>144,830</b>	<b>100.0</b>	<b>2,038</b>	<b>14,672</b>	<b>128,120</b>
Enero	12,300	8.5	173	1,246	10,881
Febrero	7,000	4.8	98	709	6,193
Marzo	8,000	5.5	113	810	7,077
Abril	9,700	6.7	136	983	8,581
Mayo	11,000	7.6	155	1,114	9,731
Junio	12,000	8.3	169	1,216	10,615
Julio	12,000	8.3	169	1,216	10,615
Agosto	12,000	8.3	169	1,216	10,615
Septiembre	14,136	9.8	199	1,432	12,505
Octubre	12,500	8.6	176	1,266	11,058
Noviembre	16,097	11.1	226	1,631	14,240
Diciembre	18,097	12.5	255	1,833	16,009

**Tabla 13.** Peso y composición de los residuos y desechos sólidos que ingresaron al relleno sanitario Barcenas, Villa Nueva

2009  
(toneladas y porcentaje)

Departamento	Total	%	Reciclaje	Compostaje	Disposición final
<b>Total</b>	<b>144,830</b>	<b>100.0</b>	<b>2,038</b>	<b>14,672</b>	<b>128,120</b>
Villa Nueva	86,898	60.0	1,223	8,803	76,872
Amatitlán	20,276	14.0	285	2,054	17,937
San Miguel Petapa	5,793	4.0	82	587	5,125
Villa Canales	5,793	4.0	82	587	5,125
San Lucas	2,897	2.0	41	293	2,562
Milpas Altas	203	0.1	3	21	179
Fraijanes	203	0.1	3	21	179
Guatemala	4,345	3.0	61	440	3,844
Mixco	7,242	5.0	102	734	6,406
San Bartolomé	8,690	6.0	122	880	7,687
Palín	203	0.1	3	21	179
Santa Catarina Pinula	203	0.1	3	21	179
Puerto Quetzal	217	0.2	3	22	192
Tecpán	217	0.2	3	22	192
Chimaltenango	203	0.1	3	21	179
Escuintla	1,448	1.0	20	147	1,281

**Ilustración 19.** Destino de los residuos y desechos sólidos que ingresan al relleno sanitario de Barcenas año 2009

