



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

INGENIERÍA DEL RECICLADO EN ENVASES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)

Nelson Rolando Colomo Ruiz

Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INGENIERÍA DEL RECICLADO EN ENVASES DE
TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

NELSON ROLANDO COLOMO RUIZ

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE CHICOL CABRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga
EXAMINADOR	Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

INGENIERÍA DEL RECICLADO EN ENVASES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha abril de 2012.



Nelson Rolando Colomo Ruiz

Guatemala 05 de febrero de 2013



Ingeniero
Julio Cesar Campos Paiz
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería USAC

Estimado Ingeniero Campos

Al saludarlo muy atentamente, le comunico que he revisado, a completa satisfacción, el trabajo de graduación del estudiante universitario Nelson Rolando Colomo Ruiz, quien se identifica con número de carné 2006-14780 perteneciente a la carrera de Ingeniería Mecánica, el cual lleva por título **INGENIERÍA DEL RECICLADO EN ENVASES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)**, por lo que, tanto el autor como quien suscribe, somos responsables del contenido del mismo.

Atentamente

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos Enrique Chicol', enclosed within a hand-drawn oval shape.

CARLOS ENRIQUE CHICOL C
INGENIERO MECANICO
COLEGIADO 6965

Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera
Colegiado No. 6965

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado INGENIERÍA DEL RECICLADO EN ENVASES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO PET), del estudiante Nelson Rolando Colomo Ruiz, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Coordinador de Área

Guatemala, febrero de 2013

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Materiales al Trabajo de Graduación titulado **INGENIERÍA DEL RECICLADO EN ENVASES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)**, del estudiante **Nelson Rolando Colomo Ruiz**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paz
DIRECTOR



Guatemala, abril de 2013

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **INGENIERÍA DEL RECICLADO EN ENVASES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)**, presentado por el estudiante universitario: **Nelson Rolando Colomo Ruiz**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, abril de 2013

/cc

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por el don de la vida y por haberme ayudado durante estos años, el sacrificio fue grande pero tú siempre me diste la fuerza necesaria para continuar y lograrlo, este triunfo también es tuyo mi Dios.
- Virgen María** Por su ejemplo de humildad confianza y total entrega a Dios, por haberme protegido durante estos años de estudio.
- Mi madre** Alma Ruiz, por su amor, comprensión y total apoyo durante toda la vida. Por ser ejemplo de lucha para poder alcanzar mis metas propuestas.
- Mi hermana** Alma Emileny de Guzmán, por estar siempre apoyándome, para que yo pudiera culminar mis estudios y por estar a mi lado siempre en todas las situaciones de la vida.
- Mi asesor** Ing. Carlos Chicol, por su experiencia y conocimiento durante el desarrollo de esta investigación.

Mi familia y amigos

Es imposible mencionarlos a todos, pero mil gracias por toda su ayuda y palabras de ánimo brindadas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ENVASES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET).....	1
1.1. Naturaleza y origen de los envases poliméricos.....	1
1.2. Clasificación según su composición química.....	2
1.3. Propiedades de los envases PET	3
1.4. Identificación de los envases.....	5
1.4.1. Norma propuesta por ASTM.....	7
1.4.2. Clasificación general de los envases.....	8
1.4.3. Características de su clasificación.....	11
1.5. Ventajas del envase PET	12
2. RECOLECCIÓN Y CENTROS DE ACOPIO.....	15
2.1. ¿Qué es recolectar?.....	15
2.2. Métodos de recolección.....	17
2.2.1. Métodos mecanizados y semimecanizados.....	17
2.2.2. Métodos manuales.....	17
2.2.3. Método de esquina o parada fija.....	18
2.2.4. Método de acera.....	20

2.3.	Métodos combinados.....	21
2.4.	Características para un óptimo rendimiento en vehículos de recolección.....	22
2.5.	Empresarios por el ambiente.....	23
2.5.1.	Programa de Empresarios por el Ambiente.....	23
2.5.2.	Desafío Bee.....	25
2.5.3.	¿Cómo opera Desafío Bee?.....	31
2.5.4.	Puntos verdes.....	32
2.5.5.	Almacenamiento y transferencia.....	35
2.5.6.	Patrocinadores.....	38
2.6.	Promedio de recuperación del material.....	39
3.	RECICLADO Y PLANTA DE TRANSFERENCIA.....	41
3.1.	Europet.....	41
3.2.	Visión.....	42
3.3.	Misión.....	42
3.4.	Actividad productiva de la empresa.....	42
3.5.	Beneficios.....	43
3.6.	Política de calidad.....	44
3.7.	Reciclado.....	45
3.7.1.	Ingreso de envases.....	48
3.7.2.	Báscula para camiones con PET.....	48
3.7.3.	Funcionamiento.....	50
3.7.4.	Báscula mecánica.....	51
3.7.5.	Instrumentos indicadores.....	52
3.7.6.	Impresoras e indicadores remotos.....	53
3.8.	Recepción y selección de envases.....	55
3.8.1.	Compactación.....	58
3.8.2.	Tipos de compactadoras.....	59

3.8.3.	Especificaciones.....	61
3.9.	Reciclado mecánico.....	62
3.10.	Descripción del proceso.....	63
3.11.	Molino para PET.....	66
3.11.1.	Especificaciones técnicas.....	67
3.12.	Línea de lavado.....	69
3.13.	Secado.....	70
3.14.	Descontaminación.....	71
3.15.	Reciclado químico.....	72
3.15.1.	Ventajas.....	73
4.	PROPUESTA DE MEJORA E IMPLEMENTACIÓN DE LA MISMA PREVIO AL PROCESO DE RECICLADO.....	75
4.1.	La educación como herramienta óptima de recolección.....	75
4.1.1.	Obtención y separación de residuos.....	77
4.1.2.	Cobertura de recolección.....	78
4.2.	Sistemas actuales.....	79
4.3.	Visión de las empresas recolectoras.....	80
4.4.	Normas internacionales de calidad.....	82
4.5.	Materia prima.....	84
4.5.1.	Características de la materia prima generada.....	84
4.5.2.	¿Cómo promover módulos para la recolección?..	85
4.5.3.	Características generales del módulo.....	87
4.5.4.	Módulos incorporados en Europa.....	87
4.6.	Introducción de nuevas tendencias en el envasado.....	90
4.6.1.	Etiquetas.....	92
4.6.2.	Color.....	93
4.7.	Almacenaje propuesto.....	93

5.	EVALUADORES.....	97
5.1.	Análisis del proceso de reciclado.....	97
5.2.	Control del producto y del proceso.....	98
5.3.	Informe técnico para evaluar un proceso de reciclado por EFSA.....	99
5.4.	La separación como herramienta de control.....	101
5.4.1.	Sistema de flotación.....	101
5.4.2.	Método Hunde/Flota.....	102
5.4.3.	Hidrociclones.....	103
5.5.	Ensayos especiales en el secado.....	105
5.6.	Propiedades del PET reciclado.....	106
5.7.	Productos derivados del PET.....	109
5.8.	Productos derivados de tapones y anillos en los envases..	113
	CONCLUSIONES.....	115
	RECOMENDACIONES.....	117
	BIBLIOGRAFÍA.....	119
	ANEXOS.....	121

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Envases PET.....	4
2.	Acopio en parques nacionales de Petén.....	16
3.	Proyecto Playas Limpias en el Puerto de San José.....	19
4.	Separación de residuos en aceras.....	21
5.	Pepenadores de PET.....	22
6.	Materiales del programa.....	26
7.	Recipientes para la gestión de residuos.....	33
8.	Afiche informativo del programa.....	34
9.	Hábitos de consumo de los estudiantes.....	35
10.	Almacenamiento.....	36
11.	Transporte del programa.....	37
12.	Ubicación de la planta de reciclado.....	41
13.	Preforma con 20% de PET-R.....	43
14.	Polígono de reciclado.....	47
15.	Diseño de balanza de bajo perfil y balanza para camiones instalada en minifosa.....	49
16.	Báscula mecánica Cardinal.....	52
17.	Instrumento indicador para el operario.....	53
18.	Indicador remoto.....	54
19.	Bebida energizante no renovable.....	56
20.	PET verde en hojuela.....	56
21.	Separación y selección en forma manual.....	58
22.	PET compactado.....	59
23.	Compactadora H-50 PET.....	60

24.	Proceso de reciclado mecánico.....	63
25.	Proceso de reciclado mecánico convencional y con super limpieza.....	65
26.	Molino JHL—800.....	66
27.	Proceso de reciclado químico.....	74
28.	Sistema de disposición final de desechos en departamentos de mayor relevancia.....	81
29.	Módulo para la obtención de envases PET.....	86
30.	Máquina recolectora de envases PET instalada en supermercados.....	88
31.	Sistema de recogida de envases en Alemania.....	89
32.	Envase ligero <i>Eco-shape</i> y dispositivo de cierre corto.....	92
33.	Tornillo y succión tangencial en el almacenamiento.....	94
34.	Esquema del sistema de autorización europeo.....	98
35.	Esquema teórico Hunde/Flota para la separación de residuos...	102
36.	Limpieza por hidrociclón.....	103
37.	Secador centrífugo.....	105
38.	Camisetas ecológicas.....	111
39.	Madera plástica y resina reciclada para la creación de laminas.....	112
40.	Polipropileno molido color verde musgo posconsumo.....	113
41.	Banca, baño y macetero.....	114

TABLAS

I.	Código internacional SPI.....	6
II.	Empresas en alianza con el programa.....	38
III.	Número de envases recolectados semanalmente en un recorrido.....	40
IV.	Especificaciones del producto terminado.....	44
V.	Datos técnicos de la compactadora H-50 PET.....	61
VI.	Datos técnicos del molino JHL-800.....	68
VII.	Aspectos generales del informe técnico.....	99
VIII.	Datos de densidad.....	107
IX.	Datos del índice de fluencia.....	107
X.	Características del PET y R-PET.....	109

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Hp	Caballo de potencia
d	Densidad
CO₂	Dióxido de Carbono
°C	Grado centígrado
g/cm³	Gramo sobre centímetro cubico
MFI	Índice de fluencia
Kg	Kilogramo
mm	Milímetro
ppm	Partes por millón
g mol⁻¹	Peso molecular
PMMA	Polimetilmetacrilato
PTFE	Politetrafluoroetileno/Teflón
PCR-PET	Proceso de PET reciclado
RSU	Residuos Sólidos Urbanos

J m⁻¹	Resistencia al impacto
SC	Sosa Caústica
TG	Temperatura de Transición Vítrea
TEP	Tiempo Estándar Permitido
ton	Tonelada
IV	Viscosidad Intrínseca

GLOSARIO

AGEXPORT	Asociación Guatemalteca de Exportadores, que tiene el propósito de promover y desarrollar las exportaciones de productos no tradicionales de Guatemala.
AMSA	Es la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del lago de Amatitlán, la cual tiene a su cargo el relleno sanitario del kilometro 22.5 en Villa Nueva.
ASTM	Es la entidad responsable del control de calidad de todos los materiales a nivel técnico. Denotando por medio de normas las aplicaciones de cada uno de los polímeros existentes.
Automatización	Sistema de fabricación diseñado para llevar a cabo determinados procesos de producción en la máquina de forma autónoma, y que controla secuencias de operaciones sin intervención humana.
ECOPLAST	Empresa guatemalteca dedicada al comercio de polímeros reciclados, los cuales son vendidos en forma de escama a otras empresas para diversas aplicaciones.

Embalaje	Es la acción de colocar preformas en una caja o envoltura con el fin de protegerlas durante su transporte o comercialización.
FDA	Agencia del Gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos, suplementos alimenticios, medicamentos, cosméticos, aparatos médicos, productos biológicos y derivados sanguíneos.
ISO	Es el organismo encargado de promover el desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación para todas las ramas de la industria. Es un conjunto de normas de calidad y gestión de calidad para la fabricación de polímeros.
MDPE	El Polietileno de Mediana Densidad, reúne características de extra durabilidad a excelentes propiedades mecánicas aún en medios agresivos y temperaturas bajas.
OPP	Utilizado en embalajes de presentación para el sector de flores y plantas. Embalaje ultra transparente.
PEAD	El Polietileno de Alta Densidad, es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno.

Pellet	Se obtiene durante el reciclado mecánico, y consiste en la transformación de hojuelas que se secan y se cristalizan. El pellet tiene aplicación posterior en resinas, fibras y plásticos de ingeniería.
Poliéster	Es un tipo de plástico producido por medio de la reacción entre un alcohol dihidroxílico (dietilenglicol) y un ácido dibásico (ácido tereftálico).
Polímero	Es una cadena de monómeros de PET que forma una fibra microscópica o molécula de PET.
PP	El Polipropileno es un termoplástico cristalino, que se obtiene de la polimerización del propeno.
Preforma	Es una pieza en forma de tubo moldeada por un proceso de inyección de de resina PET con base a una tolerancia dimensional estrecha y sometida a una alta presión de calor que se utiliza en un proceso de soplado estirado para producir un envase.
PS	El Poliestireno es un termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno.
PVC	Es el producto de la polimerización del monómero del Cloruro de Vinilo a Policloruro de Vinilo.

Resina	Son pequeños gránulos rectangulares de plástico que se depositan al convertidor en bolsas, cajas o a granel.
Resinas Amídicas	Elementos moldeables como: enchufes, asas de recipientes, entre otros.
Resinas Epoxídicas	Una Resina Epoxi o poliepoóxido es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor.
Resinas Fenólicas	Las resinas son utilizadas en aplicaciones aeronáuticas se producen por reacción de policondensación entre el fenol con el formaldehído con desprendimiento de agua. Presentan propiedades mecánicas inferiores a las epoxídicas.
SPI	Sociedad de Industrias del Plástico, identifican el contenido de resina del recipiente en el que se han colocado los símbolos.

RESUMEN

El presente trabajo investigativo consiste en una descripción general sobre el proceso que realiza la industria de reciclado del PET en el país. Además se hace una recopilación de los factores internos y externos que intervienen dentro del ciclo del reciclado. Dando importancia a ésta industria que crece como proceso de ingeniería, desarrollándose con nuevas tendencias y con nuevas tecnologías para la producción de nueva materia prima con conciencia ambiental.

También se describe el PET como un polímero termoplástico derivado del petróleo. Llamado así a aquellos que tienen la capacidad de ser moldeados varias veces más, después de su primera forma final sin degradarse ni descomponerse. Analizando a este material por sus características esenciales y por sus aplicaciones posconsumo.

El desarrollo del estudio del reciclado, pretende un mejoramiento del proceso desde la recolección, siendo éste el problema fundamental que radica en el centro del ciclo del reciclado y en la sociedad. Es por ello que se describe de forma detallada el proceso de recolección y su relación con los centros de acopio. Por medio de los métodos existentes y de los utilizados actualmente en Guatemala.

Se describirán los programas de recolección existentes, que relacionan recorridos en centros educativos y que generan ideas innovadoras desde el almacenamiento hasta la transferencia del material para analizar los promedios de recuperación.

Se hace referencia a una planta de reciclado, que opera actualmente en el país con estándares de calidad europeos. Para describir el reciclado mecánico y el químico en función de las características del material o producto a fabricar. Relacionando la actividad productiva de la empresa con su política de calidad, maximizando el recurso renovable y disminuyendo el impacto ambiental.

Por último, por medio de los evaluadores, se hace referencia al análisis de calidad del proceso de reciclado, por medio de controles e informes técnicos que responden al uso del R-PET en contacto con alimentos. Estos informes de EFSA, FDA y ASTM intervienen para que las propiedades del material cumplan con estándares de calidad de vida humana.

Lo más importante y significativo de este proceso, es que se está generando un movimiento que no sólo está contribuyendo con la vida útil de los rellenos sanitarios. Si no que también ayuda a la disminución de los residuos sólidos urbanos dentro de los centros educativos. Se amplían los radios de recolección, se benefician a los centros educativos, y se aporta a la educación ambiental desde una temprana edad.

Todo lo anterior expuesto, es una referencia al complejo proceso que conlleva el reciclado de un solo material y define que la recolección del mismo es una forma de vida para muchas familias guatemaltecas, que buscan día a día, este material para poder sobrevivir a pesar de que se involucra a la niñez guatemalteca en un trabajo infantil.

OBJETIVOS

General

Proponer mejoras de recolección dentro del proceso de reciclado actual en función de la ingeniería desarrollada en una planta recicladora de envases PET.

Específicos

1. Definir los componentes para la obtención de la materia prima.
2. Describir las condiciones actuales sobre el proceso de reciclado en nuestro país.
3. Investigar los procedimientos para el reciclado mecánico y químico de los envases. Evaluando sus campos de aplicación en función del proceso utilizado.
4. Considerar la aplicación de normas utilizadas en la industria internacional.
5. Analizar la educación como herramienta óptima de la recolección.

INTRODUCCIÓN

En el siguiente trabajo de investigación, se analiza la importancia que tiene el reciclado, como proceso de ingeniería en el país, para resolver el problema de cómo generar cada vez menos residuos tales como residuos poliméricos. Además se realiza una investigación en empresas productoras de envases de Tereftalato de Polietileno, con el objetivo de analizar las fuentes de materias primas y su relación con el proceso de reciclado como problema ambiental.

Se describirá la forma de recolección y proceso, con la finalidad de obtención de nueva materia prima, reduciendo así la fuente de generación y su diseño con la etapa productiva de los productos, principalmente envases. A manera de concebir los envases con un criterio ambiental, con la finalidad de que se generen en el entorno menos residuos.

El proceso de reciclado no solo involucra los envases PET, sino también otras materias primas como son: vidrio, papel, cartón y aluminio. En el caso, el reciclado deberá ser responsabilidad de la empresa petroquímica, la industria transformadora de la materia y del consumidor. Éste último es quién deberá elegir entre uno o varios productos que reducen los residuos o que generan mayor volumen de contaminación.

La fabricación de envases es bastante automatizada y no requiere de excesiva intervención humana para la obtención del producto terminado. Por medio de la película base en el proceso de extrusión que da origen al envase, se utilizan materias primas (polímeros) que se clasifican en: poliestireno,

polipropileno y polietileno, luego los productos son realizados por proceso de extrusión, termoformación, impresión e inyección. Que teniendo la película del material extruida le da la forma al producto final que pueden ser: recipientes para almacenamientos de diversos productos. Después de éste proceso el siguiente es la impresión de logotipos y especificaciones generales según el contenido y según la industria transformadora.

El desarrollo de éste trabajo involucra un mejoramiento del proceso de recolección, producción y del enlace en ambos procedimientos, con la única finalidad de reducir menos recursos (materia prima) que lleva consigo la disminución de residuos para el aprovechamiento de los recursos naturales del país.

1. ENVASES DE TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET)

En el desarrollo de este capítulo se presentan las formas de identificar los envases poliméricos según SPI. Las características de su clasificación y las ventajas que presenta según su composición química.

1.1. Naturaleza y origen de los envases poliméricos

A lo largo de la historia el ser humano ha evolucionado con respecto a su calidad de vida, es por ello que han evolucionado también los materiales utilizados, para que esa calidad sea más eficiente cumpliendo con las necesidades de su entorno.

En la actualidad los polímeros (plásticos) se encuentran entre los materiales industriales de mayor crecimiento en la industria moderna, debido a que son sustancias orgánicas de alto peso molecular, obtenidas ya sea sintéticamente o por transformación de sustancias naturales. Orgánico indica que las moléculas son semejantes en su estructura a la de los organismos vivos. Sintético significa que la estructura de estas combinaciones químicas, al contrario de las sustancias naturales, es el resultado de varios procesos dirigidos por el hombre.

Los materiales poliméricos ofrecen una amplia gama de posibilidades, que con el empleo de distintas tecnologías de transformación o procesado de polímeros, se pueden obtener una infinidad de objetos que permiten al ser humano el uso de los mismos para diferentes funciones de la vida, desde

objetos para su entretención, equipo o herramienta para determinados trabajos hasta el uso de envases para el traslado de líquidos.

La amplia variedad y sus propiedades los hacen los más adaptables de todos los materiales en términos de aplicación, desde cuestiones muy básicas hasta elementos muy complejos utilizados en la industria.

La molécula básica (polímero) del plástico se basa en el carbono. Donde las materias primas para la producción de los mismos son los gases del petróleo y del carbón. La resina básica se produce por la reacción química de monómeros para transformar moléculas de cadena larga llamada polímeros.

A este proceso se le denomina polimerización, el cual se efectúa por dos métodos: polimerización por condensación, en la cual reaccionan dos o más monómeros diferentes para la formación de moléculas largas y agua como subproducto y la polimerización por adición, en la cual dos o más monómeros similares tienen reacción directa para formar moléculas de cadena larga.

En cualquier caso el tamaño de la cadena dependerá de parámetros como la temperatura o el tiempo de reacción, teniendo cada cadena un tamaño distinto y por lo tanto una masa molecular diferente.

1.2. Clasificación según su composición química

Los polímeros pueden clasificarse en dos grandes grupos: polímeros orgánicos que poseen en su cadena principal átomos de carbono, y los polímeros orgánicos vinílicos en el que la cadena principal de sus moléculas está formada exclusivamente por átomos de carbono. Dentro de esta clasificación se pueden distinguir:

- Poliolefinas, formados mediante la polimerización de olefinas. Ejemplos: polietileno y polipropileno.
- Polímeros estirénicos, que incluyen al estireno entre sus monómeros. Ejemplos: poliestireno y caucho butadieno.
- Polímeros vinílicos halogenados, que incluyen átomos de halógenos (cloro, flúor) en su composición. Ejemplos: PVC y politetrafluoroetileno (PTFE) llamado también teflón.
- Polímeros acrílicos, utilizados en ingeniería por su resistencia a la intemperie, transparencia y resistencia al rayado. Ejemplo: polimetilmetacrilato (PMMA)

El monómero de un polímero es una molécula única de un hidrocarburo, por ejemplo una molécula del etileno (C_2H_4). El polímero comercial más conocido es el polietileno $(C_2H_4)_n$ siendo (n) de 100 a 1000 aproximadamente.

1.3. Propiedades de los envases PET

El descubrimiento del Tereftalato de Polietileno (PET) fue patentado como un polímero para fibra por J.R. Whinfield y J.T. Dickson en 1941. La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955. Desde entonces el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico a nivel mundial. Ya que este envase cumple con las funciones de proteger, contener, manipular y distribuir principalmente bebidas de una manera ligera, resistente con un alto nivel de sofisticación y la diversificación de sus posibilidades.

Los envases poliméricos fueron más económicos y fáciles de producir respecto de los otros materiales. Eran más livianos que los otros y con esto se reducía el costo de transporte.

Al momento, el plástico ha reemplazado muchos materiales, permitiendo que la preparación de alimentos sea efectuada muy rápidamente, desde el refrigerador, pasando al horno y a la mesa. Los primeros envases de PET aparecen en el mercado alrededor de 1977 y desde su inicio hasta la actualidad, el envase ha supuesto una revolución en el mercado y se ha convertido en el envase ideal para la distribución moderna.

Figura 1. **Envases PET**



Fuente: <http://fernandoberdugo.blogspot.com/2011/08/reciclado-del-pet.html>.

Consulta: 25 de abril de 2012.

En la actualidad el PET es un tipo de poliéster de alto peso molecular (o alta viscosidad), además es el material más utilizado en la fabricación de botellas, las nuevas tecnologías permitieron acelerar el proceso de soplado de

envases, tornando el material aún más competitivo en su proceso de transformación. Las características de barrera de la resina PET son continuamente mejoradas por medio de la aplicación de revestimientos ecológicamente aprobados, de aplicación interna o externa, permitiendo la sustitución potencial del vidrio y de envases de metal.

El PET es un plástico con un comportamiento ideal, ya que en su elaboración casi no se generan desperdicios y por su composición química permite un determinado grado de regeneración. El reciclado del envase de PET posconsumo es una realidad viable, tanto técnica como medio ambientalmente, ya que da lugar a un producto con un importante valor añadido y contribuye a disminuir la generación de residuos.

En particular, estos envases resultan especialmente adecuados para contener líquidos a presión, siendo el envasado de bebidas carbonatadas la principal aplicación. Además, el bajo costo de fabricación y el desarrollo de tecnologías que mejoran substancialmente las propiedades de las botellas de PET han permitido un crecimiento notable del número de sus aplicaciones. Entre ellas cabe destacar el envasado de agua mineral, aceites, bebidas, detergentes, productos de higiene corporal, productos farmacéuticos, entre otras.

1.4. Identificación de los envases

En los centros de acopio los envases son seleccionados y marcados para una mejor distribución de los mismos, es por ello que los envases poliméricos corresponden en realidad a un gran número de productos muy diferentes, tanto por sus materias primas como por sus procesos de fabricación y usos. Por ello, para facilitar la identificación de cada polímero, y también para ayudar a su

clasificación para poder implementar sistemas de reciclado, se ha instituido el Código Internacional (SPI), que permite identificar con facilidad de que material específicamente esta hecho un envase polimérico. El proceso de reciclado dependerá del tipo de polímero recolectado.

Tabla I. **Código Internacional SPI**

Código	Siglas	Nombre	Usos
	PET	Tereftalato de Polietileno	Envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia y medicamentos.
	PEAD (HDPE)	Polietileno de alta densidad	Envases de leche, detergentes, <i>Shampoo</i> , baldes, bolsas, tanques de agua y cajones para pescado.
	PVC	Cloruro de polivinilo.	Tuberías de agua, desagües, aceites, mangueras, cables, símil cuero, usos médicos como catéteres y bolsas de sangre.
	PEBD (LDPE)	Polietileno de baja densidad	Bolsas para residuos y usos agrícolas.
	PP	Polipropileno	Envases de alimentos, industria automotriz, artículos de bazar y menaje, bolsas de uso agrícola y cereales, tuberías de agua caliente, films para protección de alimentos y pañales desechables.
	PS	Poliestireno	Envases de alimentos congelados, aislante para heladeras, juguetes y rellenos.
	Otros	Resinas epoxídicas Resinas Fenólicas Resinas Amídicas Poliuretano	Adhesivos e industria plástica. Industria de la madera y la carpintería. Elementos moldeados como enchufes, asas de recipientes, etc. Espuma de colchones y rellenos de tapicería.

Fuente: elaboración propia

Las categorías 1 a la 7 son: 1) tereftalato de polietileno (PET); 2) polietileno de alta densidad (HDPE); 3) cloruro de polivinilo (PVC o vinilo); 4) polietileno de baja densidad (LDPE); 5) polipropileno (PP); 6) poliestireno (PS); y 7) otros, incluyendo materiales elaborados con más de una de las resinas de las categorías 1 a la 6.

Ahora, el código SPI para la identificación de resinas es la base de una nueva norma propuesta de ASTM Internacional, la WK20632, práctica para marcar productos plásticos para su identificación en la reutilización y el reciclado. La norma propuesta está siendo elaborada por el Subcomité D20.95 sobre plásticos reciclados, parte del Comité D20 de ASTM Internacional sobre Plásticos.

1.4.1. Norma propuesta por ASTM

El uso del código SPI se ha extendido para incluir potencialmente películas para embalaje y productos terminados reutilizables y/o reciclables. Esto se reflejará en la norma propuesta, ya que la WK20632 irá más allá del sistema original SPI brindando códigos adicionales para tipos de resinas no incluidas en los códigos 1 al 6, haciendo agregados potenciales a la lista de materiales actualmente disponibles para reciclaje.

Además de extender el rango de materiales cubiertos, la norma propuesta de ASTM permitirá codificar los recipientes con números tal como aparecen en el código original SPI y/o el sistema cero más número (por ejemplo 01) que se utiliza en sistemas de codificación similar en el Reino Unido y en China.

Al considerar el agregado de nuevos tipos de resinas y permitir la participación de todos los interesados en las revisiones futuras de la norma

propuesta, la WK20632 dará a los códigos SPI originales un medio para cambiar a medida que cambien las necesidades de reciclaje.

1.4.2. Clasificación general de los envases

En la industria existe una gran cantidad de materiales para fabricar envases, sin embargo se pueden agrupar tres grandes grupos, en función de la dependencia de las cadenas de polímeros. Es por ello que en el diseño de los mismos es fundamental seleccionar el material para que pueda cumplir con aspectos como la resistencia al impacto, la absorción de humedad, resistencia a la tracción y fundamentalmente al impacto del costo en su elaboración.

Es por ello que se clasifican en función al material que fueron creados, y estos son:

- Termoplásticos
- Elastoplásticos
- Termoestables

- Termoplásticos: estos materiales son polímeros lineales que pueden o no ser ramificados, además de ser polímeros solubles en algunos disolventes orgánicos. Los más frecuentes en la industria son: PE, PP, PS, PS y PVC caracterizados por ser capaces de fundir y ser reciclables a la vez.

Éstos son los que abarcan la mayor cantidad de productos fabricados en la industria, porque más de la mitad de las cifras procesadas por las plantas en nuestro país corresponden a los mencionados anteriormente.

Se define como termoplástico a aquel polímero que posee una temperatura de transición vítrea T_g (si corresponde a un material amorfo) o a una temperatura de fusión T_m (si corresponde a un material cristalino) superior a la temperatura ambiente.

Se caracterizan porque se ablandan al calentarse y pueden ser moldeados para darles distintas formas, sabiendo que al enfriarse volverán a endurecerse manteniendo sus características iniciales.

Al calentarse, a las moléculas se les da la energía necesaria para que se separen, y esto les da libertad para cambiar su posición relativa y dar lugar a una nueva forma cuando están bajo presión. Este proceso de ablandamiento y endurecimiento puede volverse a repetir una y otra vez sin que el material modifique su aspecto o sus propiedades. Estos además poseen un buen conjunto de propiedades mecánicas, son fáciles de procesar, reciclables y económicamente producibles.

Su principal desventaja deriva del hecho de que son materiales que se funden, de modo que no tienen aplicaciones a elevadas temperaturas puesto que comienzan a reblandecer por encima de la T_g , con la pérdida de propiedades mecánicas.

- Elastoplásticos: estos polímeros se componen de pocas cadenas de moléculas en forma de hilos, que si no están sometidos a carga se presentan en forma de ovillo. Se caracterizan por su elevada elasticidad y su gran alargamiento.

Estos materiales soportan alargamientos de varias veces su longitud inicial. Al contrario que los termoplásticos, los elastoplásticos no pueden

fundirse de nuevo, permitiendo cambios de forma y después de cesar la acción de la carga, es decir que la forma del ovillo de las cadenas de las moléculas se estira, regresa a su estado primitivo.

- Termoeestables: se comportan de forma muy diferente a los termoplásticos. Al calentarlos por primera vez el polímero se ablanda y se le puede dar forma bajo presión. Sin embargo, debido al calor, comienza una reacción química en la que las moléculas se enlazan permanentemente. Esta reacción se conoce con el nombre de degradación. Como consecuencia el polímero se hace rígido permanentemente y si se calienta no se ablandará sino que se destruirá.

Son materiales que adquieren un estado final reticulado (entrecruzado), que hace que el material sea insoluble e incapaz de fundir otra vez. A partir de materias primas de bajo peso molecular se forma en una primera fase, un producto intermedio (prepolímero) de peso molecular intermedio, no reticulado.

La reticulación especial que da lugar a la formación de macromolécula termoeestable tiene lugar por reacción química (curado) durante el moldeo de la pieza, es decir durante el proceso de transformación, son materiales que presentan propiedades a elevadas temperaturas, con alta resistencia térmica y química, rigidez, dureza superficial y buena estabilidad dimensional.

En la actualidad el empleo de estos materiales ha disminuido debido a que éstos requieren métodos de transformación lentos y sus acabados son menores comparados con los termoplásticos. Clasificación de los materiales termoeestables:

- Resinas fenólicas
- Resinas ureicas
- Resinas de melamina
- Resinas de poliéster
- Resinas epoxídicas

1.4.3. Características de su clasificación

Dentro de las principales características que deben de conocerse con los materiales poliméricos (plásticos) se encuentran, el alto peso molecular, la baja densidad, alta resistencia a la corrosión y baja conductividad térmica y eléctrica. Todo al contrario de los materiales metálicos.

Analizando su característica principal con las reacciones que tienen estos materiales con alimentos del consumo diario, de acuerdo con Katan (1974), la migración se define como la transferencia de masa, entre el material del envase y el alimento envasado bajo condiciones específicas. En la práctica se distingue entre migración global para referirse a los tipos de migrantes.

El polímero en sí es una molécula de elevado peso molecular, inerte y de solubilidad limitada tanto en solventes lipófilos como hidrófilos. Por ello, es difícil que sea transferido del envase al alimento e incluso, si fuesen ingeridos accidentalmente, no serían absorbidos en el tracto gastrointestinal.

En cuanto a la seguridad de uso de los materiales poliméricos, hay que tener en consideración las sustancias de menor peso molecular (migrantes potenciales), muchas veces desconocidos, que pueden pasar al alimento durante su procesado y/o almacenamiento y comprometer la seguridad de uso del material de envasado.

Teniendo en cuenta que la migración puede involucrar el que sustancias potencialmente tóxicas pueden pasar del envase al alimento, la legislación nacional e internacional recoge reglamentaciones técnicas sanitarias con el objeto de regular materiales destinados a entrar en contacto con productos alimenticios.

1.5. Ventajas del envase PET

Entre múltiples razones del uso de este material, se puede considerar el factor barrera, que consiste en la resistencia que ofrece el envase al paso de agentes exteriores al interior del mismo. Estos agentes pueden ser por ejemplo: malos olores, gases ofensivos para el consumo humano, humedad y contaminación. El PET se ha declarado excelente protector en el envasado de productos alimenticios, precisamente por su buen comportamiento barrera.

La propiedad de claridad y transparencia obtenida con este material, es su estado natural (sin colorantes) es muy alta, obteniéndose un elevado brillo. No obstante, puede ser coloreado con *maseteres* adecuados sin ningún inconveniente.

Además la ausencia de cementantes (elementos que pueden producir calor o calentamiento en un proceso) y una de sus propiedades más distintivas como es la barrera de gases, le confirió gran difusión como envase de bebidas, inicialmente gaseosas, sifones y posteriormente extendiéndose a otros productos como aceites, mayonesas, cosméticos, productos farmacéuticos, entre otros.

Un envase requiere una consistencia aceptable para proteger el producto que contiene y dar sensación de seguridad al consumidor.

Tras haber realizado múltiples envases con este nuevo material, la masa promedio de un envase de agua en 1500 cm³ es de 37 a 39 gramos. Su escaso peso con relación al del producto adquirido, aproximadamente 50 veces menos que el líquido contenido (lo que implica un importante ahorro en transporte de mercaderías).

La temperatura soportable por el PET sin deformación ni degradación aventaja a la de otros materiales. Tomando en cuenta que este material se extrusiona a temperaturas superiores a 250 ° C, siendo su punto de fusión de 260° C. El PET supera a multitud de materiales en cuanto a calidad sanitaria por sus excelentes cualidades en la conservación del producto.

El PET es un poliéster y como tal es un producto químicamente inerte y sin aditivos. Los envases fabricados correctamente, acorde con experiencias realizadas son totalmente inofensivos en contacto con los productos de consumo humano.

Dentro de sus ventajas fundamentales está, en que puede ser fácilmente reciclado en máquina, con equipos cristalizadores y también es posible el reciclado en plantas de recuperación de energía. En este caso, el PET genera el calor equivalente al carbón de grado inferior. Los gases de la combustión son esencialmente limpios, debido a que el PET no contiene halógenos, sulfuros, u otros materiales de difícil eliminación.

En algunos casos, se efectúa la recolección de los envases con la finalidad de la recuperación del material. Este material puede utilizarse tras la separación de sus componentes para productos tales como fibras de relleno, resinas de poliéster y otros productos de uso no crítico. Las ventajas de estos envases se pueden simplificar en:

- 100% reciclable
- Buena resistencia mecánica
- Buena resistencia a los productos químicos
- Gran versatilidad en tamaños y formas
- Excelente brillo, transparencia y claridad
- Menor energía en su proceso de fabricación
- Envase ligero, comparado con envases de vidrio o metal
- Bajo costo para el consumidor
- Aceptación para uso en alimentos
- Buena barrera a gases y vapores CO₂ (dióxido de carbono, gas que contienen las bebidas carbonatadas).
- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes
- Buen coeficiente de deslizamiento
- Alta resistencia al desgaste
- Alta rigidez y dureza
- Estabilidad a la intemperie
- Propiedades ignífugas en los tipos aditivados
- Gran indeformabilidad al calor
- Admite cargas de colorantes
- Aceptación para ser compactado
- Facilidad para ser transportado
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas
- Llenable en caliente, no impartiendo gusto ni color
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.

2. RECOLECCIÓN Y CENTROS DE ACOPIO

A continuación se describirá la importancia de la recolección, las formas en las que se realiza y el transporte del material como paso fundamental durante el proceso de reciclado.

2.1. ¿Qué es recolectar?

Recolectar materiales de desecho es sinónimo del reciclado de los mismos, con el fin de volver a utilizarlos de alguna manera. Sin embargo la recolección es el primer paso de la industria del reciclado y el más fundamental.

Cada vez más las empresas que se dedican a esta actividad en el país buscan nuevas formas de poder recolectar sus materias primas a bajo costo por medio de campañas ambientalistas involucrando a otras instituciones, ya sean privadas o públicas y a diferentes sectores de la sociedad que no saben qué hacer con sus propios desechos.

En la actualidad se presentan diferentes formas y proyectos que buscan la ejecución apropiada para poner en práctica distintas ideas de cómo manejar los desechos sólidos. Es por ello que se desarrollan programas y cursos para la gestión de residuos sólidos.

De acuerdo a los perfiles ambientales publicados en el país se generan de 12000 a 14000 toneladas con un 60% que se genera en el área urbana y un 40% en el área rural aproximadamente. El volumen total de los desechos que

no es recolectado es de aproximadamente 10 101638 toneladas anuales, siendo tal cantidad dispuesta en botaderos ilegales, quemada o enterrada. Esta cantidad representa el 65% de los desechos domiciliarios generados en el país. Recolectar los desechos sólidos en Guatemala representa uno de los problemas más claros en cuanto a las disposiciones que regulan el destino final de los mismos. Los botaderos ilegales representan cada vez más problemas que dañan el ambiente del área urbana como rural.

En el área rural se acostumbra a enterrar o quemar los desechos sólidos cuando el servicio municipal no presta el recolecto de los mismos, a pesar que las municipalidades tratan la manera de aumentar el interés y la voluntad de prestar este servicio. Pero la realidad es que existe un gran número de hogares que no cuentan con un servicio de recolección de desechos, a pesar que los esfuerzos aumentan año con año.

Figura 2. **Acopio en parques nacionales de Petén**



Fuente:<http://www.conap.gob.gt/news/programa-de-reciclaje-de-pet-en-los-parques-nacionales-yaxha-nakum-naranja-y-parque-nacional-tikal-peten-guatemala>. Consulta: 7 de mayo de 2012.

2.2. Métodos de recolección

Los métodos de recolección tienen la finalidad de recoger residuos sólidos para que puedan ser transportados al centro de disposición final, es decir una planta de procesamiento. Estos métodos siguen parámetros en función de la localidad, el equipamiento y los hábitos de la población.

Por el grado de tecnificación el recolecto de envases puede ser llevado a cabo por sistemas mecanizados, semimecanizados y manuales.

2.2.1. Métodos mecanizados y semimecanizados

Estos métodos se relacionan principalmente con la utilización de contenedores, ya que utilizan sistemas mecánicos para la recolección de residuos. Tienen su amplia aplicación en zonas urbanizadas.

2.2.2. Métodos manuales

Son los equipos en donde los operarios realizan directamente la recolección y llenado de los vehículos y es la forma mayormente utilizada en la sociedad. Lo realizan empresas en áreas de localidades pequeñas, rurales y semirurales. Por el tipo de operación estos métodos utilizan contenedores, esquina o parada fija, acera, intradomiciliario o llevar traer.

Utilizando contenedores implica la existencia de equipo de almacenamiento temporal ubicándose en zonas de difícil acceso pero de gran generación de desechos, con características de poseer contenedores móviles y fijos.

Cuando esto sucede en una misma posición, el camión recolector vacía el contenido en la unidad y coloca el contenedor en su misma posición para cerrar un ciclo. La capacidad del contenedor es variable según su diseño, pero cuenta con capacidades entre 1m^3 a 8m^3 .

En cuanto al contenedor móvil, el vehículo tiene la tarea de transportar el contenedor lleno al sitio de disposición final y regresarlo al punto donde éste fue recolectado. Es un sistema mecanizado y tiene la característica que el contenedor posee capacidades mayores a 10m^3 . Además este método ofrece ventajas como disminuir las frecuencias de recolección, menor tiempo.

Y desventajas como posibles focos de infección si no se respeta el tiempo establecido para llevarse a cabo, menor participación de la sociedad y la inversión adicional en los contenedores.

2.2.3. Método de esquina o parada fija

Consiste movilizar en vehículo recolector en ciertos puntos predeterminados, realizando propaganda previa a la llegada del mismo para que la sociedad participe llevando sus residuos en un horario predeterminado.

Para este tipo de movimientos es necesaria la participación de la sociedad y de ONG (organizaciones no gubernamentales), para poder llevar a cabo este método. Ejemplificado en la imagen el Proyecto de Playas Limpias en el Puerto de San José, Escuintla.

Por medio de programas de reciclaje con el fin de obtener materiales de desecho, como envases plásticos, aprovechando la Semana Santa y la afluencia de la población hacia las playas del país.

Dentro de las ventajas acerca de estos métodos, es el aprovechamiento del tiempo, porque la recolección se realiza en menor tiempo y a la vez se reducen los costos, siendo más económico que el método de contenedores, mejorando así la imagen del servicio hacia cierto sector de la población.

Dentro de las mayores desventajas se consideran la cantidad de personal para llevar a cabo la recolección, siendo esta la mayor desventaja con respecto a un gasto adicional de cada una de las personas que realizan el proyecto.

Adicionalmente en ciertos puntos se obtiene muy poca participación de la población, el recolecto de los residuos no es el esperado y no se compara con mantener un programa establecido con rutas especificadas y con el personal mínimo para realizar el mismo trabajo.

Figura 3. **Proyecto Playas Limpias en el Puerto de San José**



Fuente: <https://www.facebook.com/pages/Empresarios-Por-El-Ambiente/308867809147596>.

Consulta: 15 de mayo de 2012.

2.2.4. Método de acera

Este sistema es el más conocido por la mayoría de los habitantes de la ciudad de Guatemala, consiste en recorrer con el vehículo todas las rutas predeterminadas por las empresas recolectoras y/o municipalidades hacia las calles y las zonas de las áreas urbanas.

Recolectando de manera mixta los residuos sólidos para poder realizar la separación de los mismos en los rellenos correspondientes en donde se depositan los desechos.

Dentro de las desventajas de este método se pueden mencionar la falta de capacidad de los mismos en cuanto a la cantidad de basura recolecta, la falta de conocimiento y de aprovechamiento de los sólidos recolectados, además se realiza muchas veces la separación de los mismos en las calles de la ciudad, dejando residuos en las aceras y obstaculizando el paso peatonal cuando se realiza de esa manera.

El exceso de personal para prestar el servicio es otra causa para que este método no sea eficiente, aumentando así el tiempo de recolección y lo más desafortunado es que no requiere de la participación de los usuarios a quienes se les presta el servicio.

Esto conlleva a la despreocupación del medio ambiente y la falta de apoyo hacia una educación ambiental y recicladora para poder separar los desechos desde los mismos hogares.

Figura 4. **Separación de residuos en aceras**



Fuente:http://www.prensalibre.com/multimedia/el_ojo_del_lector/multimedia-ojo_del_lector-camion-basura_5_650384959.html. Consulta: 30 de mayo de 2012.

2.3. Métodos combinados

Estos son frecuentes en muchas localidades de la sociedad, en lugares en donde se utilizan diferentes métodos de recolección dada las características del entorno.

Es posible determinar en estas combinaciones separación de residuos en la fuente de generación. Además puede observarse que a pesar de vehículos recolectores, existen personas de forma independiente (pepenadores) recolectando residuos sólidos, separándolos y transportándolos hacia centros de acopio, donde se distribuyen para su reciclado.

Esto representa a la vez un ingreso y una forma de vida para cierto sector de la sociedad que ha descubierto que la basura es sinónimo de dinero y que

empresas en el país prestan mayor atención para poder recolectar más residuos sólidos, como en el caso de envases PET.

Figura 5. **Pepenadores de PET**



Fuente:<http://espanol.nextbillion.net/blogpost.aspx?blogid=475>. Consulta 05 de junio de 2012.

2.4. Características para un óptimo rendimiento en vehículos de recolección

En todo vehículo de recolección se deben de tomar los siguientes aspectos.

- Distribución correcta de las cargas en los ejes
- Rapidez de absorción de basura
- Llenado máximo y velocidad de vaciado
- Tolva de carga que permita el llenado y vaciado de manera fácil y en condiciones de higiene.

- Control en libras del material recolectado para realizar estadísticas de su ruta.
- División de desechos
- Identificación de los desechos a recolectar
- Mediciones de peso y capacidad en función de desechos
- Establecimiento de metas en puntos de recolección
- Determinar las frecuencias de recolección de los puntos en una misma ruta.
- Control en tiempos de llenado y espera en cada centro de recolecto

2.5. Empresarios por el Ambiente

Empresarios por el Ambiente es una organización guatemalteca formada por un grupo de empresarios, que buscan proteger el ambiente y lograr el equilibrio ecológico, impulsando el reciclaje de residuos sólidos para el desarrollo sustentable del país.

Su misión es fortalecer el desarrollo empresarial mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos rescatando la ecología nacional con la visión de ser la organización modelo en el tema ambiental y de aprovechamiento de residuos sólidos.

2.5.1. Programas de Empresarios por el Ambiente

Los programas que desarrolla esta organización a corto plazo es sumar a empresarios y conocedores del tema para desarrollar iniciativas de recuperación en la fuente, e implementar el acopio para consolidar el proceso de reciclaje industrial.

A mediano plazo se busca crear y desarrollar programas educativos que promuevan la protección ambiental y la generación de empleos. Convirtiéndose en una organización guatemalteca que sirva de referencia para el desarrollo de políticas y estrategias relacionadas al reciclaje de residuos.

A largo plazo se busca impulsar junto a otras organizaciones las alianzas público privadas para operar programas de manejo integral de residuos sólidos. Incentivando las actividades económicas de materiales posconsumo a través de políticas y mecanismos orientados a la valorización y recuperación de materiales reciclables. En búsqueda de instrumentos económicos para incentivar el valor agregado de los materiales reciclables.

Empresarios por el Ambiente participó en la tercera Expo Conferencia de Reciclaje llevada a cabo el 17 y 18 de mayo del 2011, en el hotel Barceló de la capital guatemalteca. Llevada a cabo por la Comisión de Plásticos de la Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT), reuniendo a 12 expertos, con el objeto de promover una cultura de reciclaje.

El director de la comisión, informó que durante el 2010 se logró reciclar 36 mil toneladas métricas de plásticos, por lo que en vista del éxito se busca agregar más empresas que se dediquen a este proyecto que busca incidir en un medio ambiente.

Según expertos, en Guatemala funcionan 30 empresas que reciclan papel, plásticos y vidrio. “El objetivo de las Expo Conferencias es enseñarles a los guatemaltecos que en el país ya se trabaja el reciclaje de plásticos, llantas, baterías entre otros”, manifestó Fernando López, presidente del comité organizador de Expo Conferencias de Reciclaje en Guatemala.

Esto es un indicador de que la industria recicladora en el país va en aumento y cada vez son más las empresas que tienen una conciencia ambiental.

2.5.2. Desafío Bee

Desafío Bee es un programa de recolección de la Asociación de Empresarios por el Ambiente.

Busca la confluencia de dos grandes objetivos para la sociedad guatemalteca, como lo son el Desarrollo Educativo y la Conservación Ambiental, basados en los principios básicos del desarrollo sostenible y en el que se busca el hacer un uso racional de los recursos, para poder garantizar la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

El avanzar en dirección de un mejor ambiente es la idea de desarrollo para todos y pone por delante una serie de retos y desafíos, donde un eje principal es la educación de la generación presente en los temas relacionados con lo ambiental.

El Programa de Desafío Bee busca la facilitación de procesos de recuperación de materiales reciclables generados en el ámbito escolar y por las familias de los alumnos, que actualmente son desechados como basura, generando una serie de impactos y problemas al entorno y sobre todo desaprovechando su potencial como material para nuevos productos.

Los materiales reciclables que se recuperaran en los establecimientos educativos son:

Figura 6. **Materiales del programa**



Fuente: www.desafiobee.org. Consulta: 10 de julio de 2012

El programa busca crear un enlace directo entre el recolecto y la planta transformadora del PET, debido que los llamados intermediarios dentro de la cadena (personas que venden el material) cumplen una función variable dentro del ciclo.

La función de que este material sea recolectado es el precio y debido a que éste es muy variable, el recolecto puede dejar de existir si en un dado caso el precio del PET fuera muy bajo, afectando la industria guatemalteca del reciclado y el mercado de exportación del material.

La idea fundamental está planteada en la forma de buscar la mayor cantidad de material que se consume y luego se bota. Siendo éste el parámetro de medida para lograr el éxito del programa. El lugar donde se realiza el mayor consumo es en el hogar de cada familia guatemalteca con un consumo aproximado de 2 a 3 envases por persona. La forma de llegar a cada familia de manera indirecta son los centros educativos del departamento de Guatemala.

Es por medio del alumno la forma en la cual se puede llegar a cada uno de los hogares de la sociedad, con el objetivo de formar una cultura y hábitos de reciclado por medio de cada centro educativo.

Es cuando se proyecta de manera directa el poder participar en el centro por medio de los desechos que se generan desde el hogar. Además se conjuntan los desechos sólidos generados en el mismo centro educativo, creando un sistema que permita realizar el recolecto de forma mecanizada y aumentando así los porcentajes de recolección en relación al consumo.

Los colegios que participan en el Programa Desafío Bee son establecimientos comprometidos con la mejora del ambiente e integran procesos con lo cual aportan de forma concreta a la recuperación de materiales reciclables, con lo cual se genere menos presión sobre los recursos naturales, se ahorre energía, agua y se emitan menos emisiones nocivas que provocan el calentamiento global.

Cabe mencionar que los centros educativos del programa no son elegidos al azar, sino que corresponden a cumplir con ciertos requisitos para que el programa cumpla con las expectativas planteadas. Dentro de lo que se menciona:

- Centros que tengan un número alto de alumnos
- Centros público privados que reúnan condiciones aceptables de infraestructura para poder desarrollar el programa.
- Voluntad de maestros y directores para poder dar inicio al programa cumpliendo con las condiciones ideales en sistema establecidos para el control, separación y recolección de desechos sólidos.

- Voluntad de las personas que administran los centros para poder llevar a cabo las capacitaciones del programa.
- Dar seguimiento al programa para poder remunerar la cantidad recolectada y así beneficiar de forma directa al alumno y a la educación guatemalteca.
- Aceptar los objetivos del programa fomentando dentro del centro una educación ambiental y una preocupación por el entorno.
- Participar en eventos que se lleven a cabo con otros centros para beneficio del medio ambiente y de la educación del alumno.

Asimismo los centros buscan integrar en sus programas educativos y de actividades dinámicas orientadas a alcanzar objetivos pedagógicos de educación ambiental. En base resultados contribuyendo de forma directa a la educación integral de la sociedad.

Las instituciones educativas que han aceptado el Desafío Bee son:

1. Centro de Educación Creativa Toscana
2. Centro Educativo Brillo de Sol
3. Centro Educativo del Diseño y la Alta Costura
4. Centro Educativo El Hogar
5. Centro Educativo El Valle
6. Centro Educativo Gran Moyas
7. Centro Educativo La Colina
8. Centro Educativo Rotario Benito Juárez
9. Centro Educativo Terra Nova
10. Centro Escolar Kyool
11. Centro Técnico Vocacional William Cornelius
12. Colegio Activo Bilingüe

13. Colegio Amanecer
14. Colegio Americano de Guatemala
15. Colegio Arco Iris
16. Colegio Bilingüe Campo Real
17. Colegio Bilingüe Campo Verde
18. Colegio Bilingüe El Prado
19. Colegio Bilingüe Goodman
20. Colegio Bilingüe Los Andes
21. Colegio Bilingüe Monte Americano
22. Colegio Bilingüe San Lucas
23. Colegio Bilingüe Vista Hermosa
24. Colegio Brooklyn
25. Colegio Campo Alto
26. Colegio Campo Verde
27. Colegio Capouilliez
28. Colegio Católico San Pablo Varones
29. Colegio Católico Teresa de Ávila
30. Colegio CEA
31. Colegio Colonial Bilingüe
32. Colegio Country Day School
33. Colegio Cristiano Vida
34. Colegio El Camino
35. Colegio Español Americano
36. Colegio Evangélico Mixto El Calvario
37. Colegio Evangélico Mixto La Patria
38. Colegio Internaciones
39. Colegio Jacques Cousteau
40. Colegio Kayalá
41. Colegio King David

42. Colegio La Academia
43. Colegio Lehnsen Las Américas
44. Colegio Lehnsen Roosevelt
45. Colegio Lo de Castilla
46. Colegio Santa Familia
47. Colegio Santa Mónica
48. Colegio Santo Domingo
49. Colegio Vanguardia Juvenil Secundaria
50. Colegio Vanguardia Juvenil Primaria
51. Colegio Jardín de las Rosas
52. E.O.R.M No. 817
53. E.O.R.M No. 818
54. E.O.R.M No. 821
55. E.O.R.M Santa Anita
56. E.O.R.M. 811 J.M.
57. E.O.R.M. 820 Sara de la Hoz de Méndez Montenegro
58. E.O.R.M. No. 810 J.V.
59. E.O.U.M. No. 93 Mérida Montesio
60. E.O.U.V No 48 Pedro Pablo Valdéz
61. Escuela Normal de Maestras para Párvulos, Dr. Alfredo Carrillo R.
62. Escuela Oficial Rural Mixta Caserío San José
63. Escuela Oficial Rural Mixta Sara de la Hoz de Méndez Montenegro
64. Escuela Oficial Urbana Mixta República Federal de Centro América
65. Escuela Privada Mixta Hacienda Carmona
66. INEB de Telesecundaria
67. INEB El Pueblito
68. INEB Cuchilla del Carmen
69. Inglés Americano
70. Instituto Belga Guatemalteco

71. Instituto de Bachillerato en Computación
72. Instituto María Auxiliadora
73. Instituto Particular Mixto Ciencia y desarrollo
74. Instituto por Cooperativa San Lucas
75. Instituto Suger Montano, S.A.
76. Instituto Técnico Empresarial
77. Instituto Vocacional de Sacatepéquez
78. Jardín Infantil Mis Pequeños Angelitos
79. Liceo Hispanoamericano
80. Liceo Antigüeño
81. Liceo Canadiense Sur
82. Liceo Carmense
83. Liceo Cristiano Proverbio
84. Liceo Mixto San Jorge
85. Liceo Secretarial Bilingüe

2.5.3. ¿Cómo opera Desafío Bee?

Seguido de aceptar el programa en la institución educativa, se inicia con una capacitación a los alumnos, docentes y personal administrativo del establecimiento. Logrando así concientizar a cada uno de los involucrados sobre la necesidad de una educación ambiental y de un programa de reciclaje.

Si inicia el programa con un curso de gestión de residuos sólidos por medio de un folleto que se imparte a cada uno de los docentes y al personal administrativo, el cual cuenta con información de la siguiente manera:

- Primera parte: residuos sólidos y salud
 - Diferencia entre peligro y riesgo

- Pasos para evaluar los impactos de los desechos sólidos
- Riesgos directos y riesgos indirectos
- Vías de transferencia
- Contaminación microbiológica
- Segunda parte: almacenamiento, recolección y transferencia
 - Almacenamiento temporal en la fuente de generación
 - ¿Qué se entiende por recolección?
 - Diferencia entre recolección y transporte
 - Características de la recolección
 - Frecuencias de recolección
 - Métodos de recolección
 - Planta de transferencia
- Tercera parte: tratamiento de residuos sólidos
 - Métodos de compostaje
- Cuarta parte: separación y reciclado
 - Elementos de reciclado
- Quinta parte: sector informal
 - Trabajo infantil

Durante el curso de gestión de residuos sólidos se enfatiza sobre la necesidad del programa y sobre cómo lograr un desarrollo sostenible en el ámbito social y ambiental reconociendo que cada persona genera 2 libras de basura al día. No logrando discernir entre un desecho y un residuo. Es por ello que se busca la recuperación de botellas plásticas.

2.5.4. Puntos verdes

La instalación de puntos verdes dentro de un centro educativos busca la separación de cada uno de los materiales que recolecta el programa por medio

de tres recipientes. Para el PET se tiene clasificación amarilla, verde para el aluminio y para otros materiales el color negro. En el caso del papel se concentra cajas de cartón dentro de las aulas para lograr así un punto cercano para el recolecto del mismo. El sentido de cada punto verde es disminuir la distancia en donde se recolecta el material con la idea de que cada alumno tenga a su alcance un punto verde.

Figura 7. **Recipientes para la gestión de residuos**



Fuente: Colegio Internaciones.

En los recipientes las botellas únicamente tienen que ser vaciadas conservando su etiqueta. Esta información se direcciona también hacia los padres de familia para que los residuos sólidos sean llevados al centro educativo donde opera Desafío Bee optimizando así la recolección del PET.

El programa presenta información visual acerca de la importancia de cada punto verde por medio de afiches que representan el código sobre cómo pueden determinar si los envases son PET y qué hacer con la basura orgánica

por medio de un ciclo de reciclaje indicando la forma de desarrollo del programa.

Figura 8. **Afiche informativo del programa**



Fuente: Colegio Internaciones.

Por medio de la información el programa genera hábitos de consumo, la separación de residuos y el reciclaje de una manera clara y concisa. Motivando a que el consumo sea con conciencia ambiental, mostrando la cantidad de residuos generados en la localidad e impulsando una recolección diaria interna.

En consecuencia, cada día es más claro que es necesaria la recuperación de los restos plásticos por dos razones principales: la contaminación que provocan y el valor económico que representan.

Es por ello que se buscan nuevos centros al programa que continuamente se está actualizando, y en la búsqueda de integrar la educación ambiental desde una temprana edad.

Figura 9. **Hábitos de consumo de los estudiantes**



Fuente: Colegio Internaciones.

2.5.5. Almacenamiento y transferencia

Actualmente el programa basa su recolección en una frecuencia de al menos una vez por mes por cada centro educativo. Donde inicialmente el programa remuneraba a cada centro por las cantidades de papel y de aluminio recolectado.

Actualmente se remunera el PET en función de las libras recolectadas llevando registros de cada centro, permitiendo estadísticas para actualizar las rutas y las frecuencias de recolección.

El almacenamiento se realiza en cada lugar por medio de sacos jumbos los cuales no son proporcionados por el programa, sino que cada establecimiento se encarga de ubicar un área específica y un determinado número de sacos.

Para que el recolecto del mismo sea llevado a cabo de una manera rápida y sencilla por el personal del programa, que llega en un camión en el cuál se introduce el saco en una balanza para determinar su masa y así se genera un *ticket*. Donde se establece la cantidad recolectada y el valor en función del número de libras.

Aproximadamente 20 botellas hacen una libra masa de PET. El valor en cada saco es proporcional al número de alumnos en cada establecimiento tratando la manera de mantener valores constantes en cada recolección.

Figura 10. **Almacenamiento**



Fuente: Colegio Internaciones.

Figura 11. Transporte del programa



Fuente: <http://unvistazoalreciclaje.wordpress.com/2011/08/24/desafio-bee/>.

Consulta: 05 de agosto de 2012.

Durante la recolección y el transporte de cada centro educativo existen tablas de recorrido que permiten establecer prioridades en las rutas de recolección permitiendo a cada centro canjear en base a puntos productos desde el usuario generado en la página del programa, además se proponen metas para que en cada caso se mejore y se eficiente la recolección.

El programa siempre está en actualización y existen centros que aceptan o no el Desafío Bee, pero siempre el programa busca involucrar a más instituciones público privadas para poder mejorar el reciclaje y así crear una cultura ambiental desde la etapa escolar.

2.5.6. Patrocinadores

Existen en el programa alianzas importantes las cuales permiten desarrollar actualmente el recolecto del PET en 19 departamentos del país, buscando una mejora continua con más empresas que sienten la necesidad del control y de la importancia del ambiente. Entre las cuales están:

Tabla II. **Empresas en alianza con el programa**

<i>EUROPET</i>	<i>AMSA (Autoridad para el Manejo sustentable de la cuenca y del lago de Amatitlán).</i>	<i>Comunidad Aguas Cristalinas</i>
<i>PAÑALES ANGELITOS</i>	<i>MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales).</i>	<i>Guatemala Green Building</i>
<i>PEPSI (CABCORP)</i>	<i>AGEXPORT (Asociación Guatemalteca de Exportadores).</i>	<i>G-22</i>
<i>RED ECOLÓGICA</i>	<i>Municipalidad de Guatemala</i>	<i>INTERFISA</i>
<i>TOALLAS FÁXEL</i>	<i>PG (Plastigas)</i>	<i>PLANETA MARIPOSA</i>

Fuente: elaboración propia.

Estas son algunas alianzas importantes del programa, cada día se actualizan los centros educativos y los patrocinadores por medio de las redes sociales. Además se informa a cada uno de los seguidores a cerca de los eventos que realiza el programa. Los cuales incluyen actividades, foros y conferencias sobre el reciclado en Guatemala.

2.6. Promedio de recuperación del material

Para que el programa pueda registrar, contabilizar y pagar a cada centro educativo en función del número de envases registrado en libras de recuperación, es necesario determinar las rutas y las frecuencias de las mismas.

Es por ello que se selecciona el número de ruta y así se contabiliza el número de envases recolectado en cada centro, de aproximadamente 20 envases por libra.

Se registran las libras recolectadas durante la visita y se realizan informes por medio de correo electrónico para motivar a cada uno de los agregados a fomentar el reciclado de PET y aumentar la cantidad de envases recolectados.

Durante cada una de las rutas se determina el tiempo de llenado y el tiempo en cada centro educativo, siendo este último relativo.

Debido a que el recolecto del material puede darse en algunos centros de manera eficiente y en otros no. Esto se debe a la capacidad de almacenamiento de cada centro y de cómo facilitan el acceso del transporte.

Tomando en cuenta tiempos muertos durante el acceso y también el recolecto de otros materiales en el programa. A continuación se muestran algunos registros de ciertas rutas en los centros.

3. RECICLADO Y PLANTA DE TRANSFERENCIA

El presente capítulo describe de forma detallada el proceso de reciclado mecánico y químico que se realiza al polímero. Así como los factores internos y externos que intervienen en el proceso.

3.1. Europet

Europet Guatemala C.A, es una empresa ubicada en el kilómetro 21 lote no. 7 carretera antigua a Amatitlán ubicada en el municipio de Villa Nueva, Guatemala. Europet es una resina posconsumo, posindustrial de grado alimenticio obtenida de un proceso de alta tecnología europea, certificada por el FDA. Empresa conformada por capital Guatemalteco y Europeo, por lo que cuenta con el *know how* del proceso.

Figura 12. Ubicación de la planta de reciclado



Fuente: Google Earth. Consulta: 15 de junio 2012.

3.2. Visión

“Fortalecimiento y desarrollo de una mejor cultura de reciclaje de PET, para el cuidado del ambiente”.

3.3. Misión

“El uso de tecnología de punta para proveer materia prima de alta calidad a nuestros clientes, generando una ambiente de confianza, seguridad y servicio”.

3.4. Actividad productiva de la empresa

El material regranulado puede ser utilizado como sustituto parcial de resina virgen de acuerdo a especificaciones.

Es apto para aplicaciones como:

- Envases de bebidas
- Envases de productos químicos (farmacéuticos, agroindustriales y de limpieza.
- Lamina para termoformado
- Fibra, por su tenacidad

Pruebas realizadas en diferentes plantas productoras de envases, han reflejado que el uso como mínimo de 20% mezclado con resina virgen se obtienen preformas con alto rendimiento, cumpliendo con las especificaciones del cliente.

Figura 13. **Preforma con 20% de PET-R**



Fuente: <http://www.europet.com.gt/es/aplicaciones.html>. Consulta: 12 de agosto de 2012.

3.5. Beneficios

La planta cuenta con un laboratorio para analizar las características del material. Dentro de los análisis que se realizan están: viscosidad intrínseca (IV), porcentaje de humedad, densidad y color.

Dentro de los beneficios al utilizar material reciclable se obtiene la limpieza en vertederos actuales, bajar contaminación en afluentes, áreas verdes, cultura de reciclaje y generación de empleos. Los beneficios en la producción son: materia prima de alta calidad de grado alimenticio y reducción de costos en el proceso.

El reciclado de plásticos refleja un impacto positivo en la emisión de dióxido de carbono según la Agencia de Protección del Ambiente en USA, se puede ahorrar la emisión de 0.77 Ton de gases invernadero al reciclar una tonelada de plástico. Al reciclar PET se puede tener ahorros hasta de 60% en energía eléctrica, según estudios en Alemania.

3.6. Política de calidad

El continuo control del proceso por el personal del laboratorio de control de calidad en la planta de producción, asegura la conservación de los parámetros necesarios para el procesamiento del material y así garantizar las características esenciales de la resina PET-R (PCR-PET) para su utilización en envases para productos alimenticios. Dentro de los análisis que se realiza al producto terminado esta: viscosidad intrínseca, humedad, entre otros.

Europet es un regranulado cristalino producido a partir de botellas posconsumo, (PET) posindustrial. El procedimiento de regeneración consiste en molienda, lavado, separación, secado, antes de que sea se volvió a granular. Este material se volvió a granular y se puede utilizar como un sustituto de la parte PET virgen hasta cierto punto de acuerdo con las especificaciones. Es adecuado para aplicaciones tales como aceite vegetal, jabón líquido, productos de cuidado personal botellas, botellas de bebidas, hoja de termoformado, monofilamento y fibra.

Tabla IV. **Especificaciones del producto terminado**

Typical Properties	Unit	Specification
Intrinsic Viscosity (IV)	dl / g	min 0.78
Bulk density (average)	kg / m ³	755-800
Weight of 100 pellets	g	Aprox. 2.1
Dust content	%	max 0,1
Moisture content	%	max 0,40
Color	L	min 67
	b*	max+2.5

Fuente: Europet. Consulta: 12 de agosto de 2012.

3.7. Reciclado

Desde el traslado hacia la nueva Guatemala de la Asunción los primeros habitantes de ciudad capital no tenían una estrategia para la gestión de los residuos sólidos, pues sencillamente no existía esa necesidad. Factores como la baja población y el subdesarrollo eran indicadores de que no se acumulaban grandes cantidades de desechos en el departamento de Guatemala.

Al inicio de establecerse de forma concreta y de que el crecimiento poblacional ha sobrepasado los niveles establecidos, la sociedad busca la forma de controlar el problema de los desechos que por hábitos grandes de consumo generan grandes cantidades de basura, la cual ya no es un tema únicamente para los ambientalistas, sino que es palpable para cualquier ciudadano cuando suceden eventos de gran trascendencia y que permiten percibir las grandes cantidades de desechos que son tirados hacia las calles sin una cultura de reciclado y sin una conciencia ambiental.

Se crearon formas diversas de contrarrestar el problema, algunos optaron por incinerarla y otros por recolectarla de manera mixta y depositarla en lugares estratégicos sin pensar en la profundidad del problema y de buscar soluciones momentáneas hacia la magnitud del mismo. Actualmente el reciclado ha tomado un gran desarrollo dentro del gremio empresarial del país, pero se conoce más sobre el proceso del mismo en otros materiales pero no en el caso del PET.

El reciclado del PET es un proceso mediante el cual se transforma un material de desecho en otro material de utilidad, es decir, darle un uso a lo que ha sido catalogado como inservible o basura.

Esta industria en Guatemala busca solucionar de manera sistemática el problema de la acumulación del PET transformando las botellas en otro material de utilidad, es decir darle un uso a lo que ha sido catalogado como basura. Dentro del punto de vista de la ingeniería se crean procesos mecánicos para el ahorro de la energía, la eficiencia en materiales de ingeniería y la extinción de recursos no renovables.

Logrando de esta manera la protección del medio ambiente, se mejora la economía nacional porque no se necesita ni el consumo de materias primas ni el de energía, que son más costosas que el proceso de las industrias de recuperación además de que constituye una fuente de empleos e ingresos de gran beneficio y sin duda, contribuye al equilibrio ecológico. Se le da de esta manera mayor calidad de vida, tanto a la naturaleza como a la humanidad.

La industria del 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. Esto se denomina regranulado. Los recortes se recolectan y después se densifican o se trituran para mezclarlos con la resina virgen al comienzo del proceso.

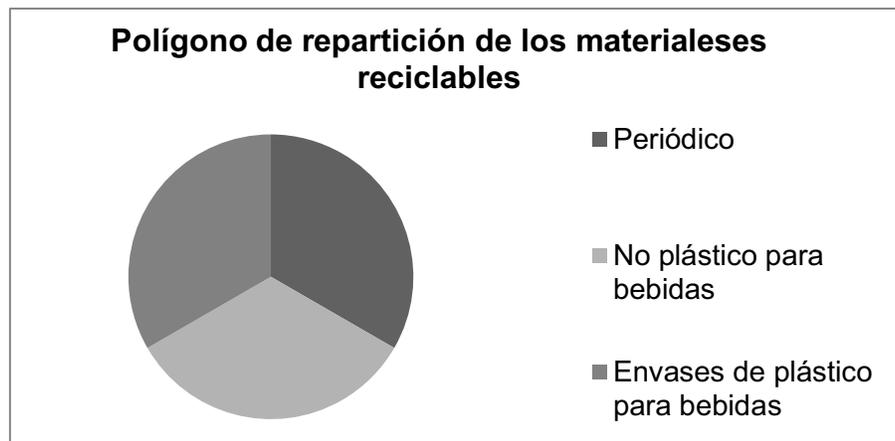
La importancia de este proceso radica en el hecho de que demuestra la reusabilidad de un material que de otra forma sería desechado. Hoy en día es necesario este proceso ya que éste material proveniente del petróleo, siendo éste mismo no renovable hace que el material cada día se más caro para la generación de nuevos productos en la industria.

Pearson (citado en Herbert F. Lund, 1996) destaca que: el enfoque principal del reciclaje de los plásticos se centra sobre el componente termoplástico, que supone 75% de todos los plásticos fabricados.

Es interesante destacar que, basándonos en el volumen, el envase plástico para bebidas supone la tercera parte del volumen de los objetos que actualmente son reciclables, (como lo muestra el gráfico a continuación).

Esto es muy importante, porque demuestra claramente que si se incluyesen los envases para plástico de bebidas entre los reciclables tradicionales, es decir, periódicos y envases no plásticos para bebidas, el volumen del material desviado del vertedero se incrementaría en un 50%.

Figura 14. **Polígono de reciclado**



Fuente: Datos tomados del Manual McGraw-Hill de Reciclaje.

Consulta: 15 de octubre de 2012.

3.7.1. Ingreso de envases

Durante todo el día llegan a la planta diversos camiones y *pickups* con diferentes cantidades de envases para iniciar el proceso tras pesarse en una báscula, con el objetivo de determinar la cantidad de material transportado y así establecer parámetros para los costos del material. Actualmente el precio por libra de PET oscila entre Q.1.50 a Q1.65 este valor cambia según el mercado internacional y generalmente los recolectores llegan a la planta procesadora que maneje el precio más alto por libra.

3.7.2. Báscula para camiones con PET

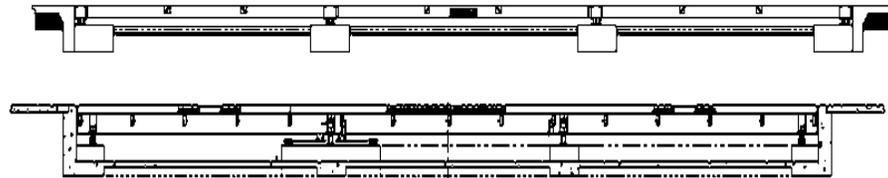
Las balanzas para pesar vehículos se encuentran cercanas al punto de acceso de las plantas, con el objetivo de determinar la cantidad de material a reciclar para conocer de forma exacta la cantidad del dinero remunerado en función del peso. Estas balanzas están disponibles en dos tipos básicos. Estas pueden ser instaladas en una fosa y con la plataforma a nivel del piso o sobre el piso y generalmente con rampas de acceso.

Las balanzas de fosa se utilizan en climas muy fríos y generalmente son más costosas que con rampas de acceso sobre el piso. Pero facilita el acceso a sus componentes y no requiere de rampas de ingreso y egreso para los vehículos de transporte.

La balanza sobre el piso generalmente designadas como modelos de bajo perfil, pueden ser instaladas en una minifosa con la plataforma a nivel del piso o sobre piso, con rampas de acceso. En este caso será necesario instalar rampas en ambos extremos de la plataforma. Este tipo de balanza está equipada muchas veces con guardarrieles para evitar que el conductor caiga por un lado

al hacer una mala maniobra. En el caso del PET suele ser la adecuada por la mínima cantidad de peso y mayor volumen que presenta el material.

Figura 15. Diseño de balanza de bajo perfil y balanza para camiones instalada en mini fosa.



Fuente: www.CardinalScale.com. Consulta: 18 de noviembre de 2012.

El tamaño de la plataforma es un factor importante, pues después de comprada e instalada la balanza, es prácticamente imposible cambiar el tamaño de la plataforma. Considerando que la vida útil de una balanza para camiones es de 10 años o significativamente más.

La balanza para pesar vehículos se fabrican típicamente con anchos de 10, 11, 12, o 15 pies y excepcionalmente mayores. El largo puede variar entre 20 y 200 pies. En cuanto a la capacidad en el mercado se considera la CLC (Concentrated Load Capacity) o capacidad de carga concentrada y la capacidad nominal.

Además, hay varios otros conceptos de capacidad usados por algunos fabricantes como capacidad seccional o capacidad máxima y otros. Hay que tomar en cuenta que hay dos rangos de capacidad reconocidos por la National Conference on Weights and Measures (CWM) que son la capacidad de carga concentrada o CLC y la capacidad nominal.

La CLC es justamente como su nombre nos indica, la capacidad de concentrar carga o dicho con otras palabras la habilidad de su balanza de pesar una carga determinada en un área relativamente pequeña de la plataforma.

Un camión típico está soportado por ejes múltiples con dos o más ruedas sobre cada eje. Cada uno de estos ejes, carga una parte del peso sobre la plataforma. Los ejes están posicionados muy cerca entre si y llevan un alto porcentaje de la carga a una parte relativamente pequeña de la plataforma.

La forma de determinar el tipo de balanza es por medio de las tablas UR.3.2.1 que aparece en NIST *Handbook 44*. Conociendo el número de ejes de sus camiones y las distancias entre ellos, el ingeniero puede usar esta tabla para obtener el valor para el factor (r), el que multiplicado por la capacidad de carga concentrada de la balanza dará la capacidad máxima que se necesita para pesar dicho tipo de vehículo. Con este mismo procedimiento se obtiene la capacidad que necesita para pesar camiones actuales y los que ingresen a la balanza en el futuro.

3.7.3. Funcionamiento

Una balanza para pesar vehículos es simplemente una plataforma soportada por uno o más elementos sensores de peso que producen una salida directamente proporcional a la carga aplicada sobre la plataforma.

Las tecnologías pueden dividirse en dos grandes categorías: mecánicas y electrónicas. Las versiones mecánicas usan una serie de sistemas de palanca para reducir la fuerza hasta lograr un nivel compatible con la barra de lectura o una celda de carga tipo tensión mientras que en las totalmente electrónicas se usan una serie de sensores que soportan la plataforma.

Estos sensores difieren en su tipo e incluyen tipos de celdas análogas o digitales que emplean cintas elastométricas (*strain gauges*) y las celdas de tipo hidráulico.

3.7.4. Báscula mecánica

La balanza mecánica es un excelente instrumento para pesar vehículos, es generalmente mucho más costosa que una balanza con celdas de carga múltiples.

La balanza mecánica consiste en una serie de palancas reductoras de fuerzas que reducen la carga aplicada a valores compatibles con la barra graduada de medición o fiel de la balanza.

Las balanzas tienen además una pesa flotante deslizante, y otras pesas que se aplican al aumentar la carga. La distancia a que se mueve la pesa deslizante alejándola del punto de apoyo, es proporcional a la carga aplicada sobre la plataforma.

Se requiere de un mínimo de habilidad para operar debidamente una de estas balanzas mecánicas, las que sin embargo pueden proporcionar lecturas de muy alta precisión.

Este tipo de balanza es inmune a daños por descargas atmosféricas debido a que no contiene componentes eléctricos/electrónicos y en consecuencia no requiere energía eléctrica.

Figura 16. **Báscula mecánica Cardinal**



Fuente: www.CardinalScale.com. Consulta: 18 de noviembre de 2012.

3.7.5. Instrumentos indicadores

Hay disponible una amplia variedad de modelos de indicadores de peso que pueden usarse con una balanza de camiones. El mejor lugar para iniciar la búsqueda es con el proveedor de balanzas para obtener valores significativos en los pesajes.

Se debe tener cuidado de seleccionar un indicador que tenga al menos dos puertos seriales RS-232 para facilitar su interconexión con una impresora, computadora o *display* remoto.

Las interfases más comunes incluyen RS-232, RS-485 y USB. Es recomendable también el ingreso de tara por teclado para facilitar la lectura de pesos netos.

Figura 17. **Instrumento indicador para el operario**



Fuente: www.CardinalScale.com. Consulta: 18 de noviembre de 2012.

3.7.6. Impresoras e indicadores remotos

La mayoría de las plantas que cuentan con estas balanzas generan los valores obtenidos de forma física, es decir en impresiones para que los transportistas reconozcan los valores del material transportado para así generar el pago por material a reciclar. Es por ello que se necesitan de impresoras para estas representaciones que pueden provenir en conjunto con la balanza o de forma separada.

La mayoría de las balanzas para pesar camiones incluyen una impresora para registrar los pesos de la balanza. Existen tres tipos de impresoras usadas generalmente con balanzas para camiones: impresora de *tickets*, de cinta y las de hoja completa.

Además en necesario implementar una pantalla o indicador de peso remoto es una buena alternativa cuando se necesita mostrar el peso en más de una ubicación. Por ejemplo, en la planta se necesita mostrar y guardar estos

valores para obtener estadísticas diarias, semanales y mensuales sobre el PET obtenido por los transportistas.

Dependiendo de su aplicación, podría ser necesario mostrar el peso al conductor del camión. En estos casos, una pantalla remota puede ser conectada al indicador de peso mostrando el peso en una segunda ubicación. Las pantallas remotas pueden mostrar caracteres desde media pulgada hasta mas de 6 pulgadas de altura que pueden ser leídos bajo cualquier condición de iluminación.

Figura 18. **Indicador remoto**



Fuente: www.CardinalScale.com. Consulta: 18 de noviembre de 2012.

Los programas para control integral del pesaje de camiones están disponibles para aceptar el peso del indicador de su balanza y registrar los pesos de productos en recepción o despacho. Estos programas son importantes herramientas que facilitan el control de las operaciones registrando y optimizando costos. Inclusive pueden enlazarse estos programas directamente con su sistema contable.

3.8. Recepción y selección de envases

Después de que los camiones ingresan a la planta luego de pasar por la báscula, se estacionan al fondo de la misma para que los envases se viertan en una plataforma denominada playa de recepción.

En el caso de que hayan sido depositados en bolsas de plástico o en jumbos, el rompebolsas se encarga de dispersarlo todo para su separación.

Actualmente el mercado para el PET verde ha disminuido es por ello que se informa a los transportistas que únicamente se remunerará los envases transparentes de bebidas y que no hayan sido contaminados por aceites.

Es por ello que el encargado de este paso previo al proceso de reciclado tiene la misión de seleccionar envases adecuados debido a que estos tienen mayor aplicación en diferentes mercados.

Cabe resaltar que los envases deben de poseer las etiquetas para así determinar cual fue la función que cumplieron y que no puedan contaminar el proceso de otros envases.

Actualmente los envases PET de bebidas energizantes como RAPTOR no pueden ser reciclados debido al color y a la composición química que presentan. Siendo indicadores que en el país aún se producen materiales sin una conciencia ambiental, la cual no es considerada durante el diseño del producto.

Figura 19. **Bebida energizante no renovable**



Fuente: www.deguate.com. Consulta: 03 de noviembre de 2012.

Figura 20. **PET verde en hojuela**



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las características en la selección del PET verde en hojuela cabe mencionar que es 100% posconsumo con contenido de PVC < 200 ppm y con un tamaño de 10 a 12 ml.

Con valor menor al transparente en el mercado y con aplicaciones en otros campos menos en bebidas o usos alimenticios debido al colorante utilizado durante su fabricación el cual reduce su campo de aplicación.

Durante la selección del material el encargado tiene que retirar las tapas de las botellas ya que es de diferente material, al igual que el anillo que forma el sello con el tampón. Este elemento hecho generalmente de polipropileno debe de ser separado debido a que la resina que componen las categorías del plástico son termodinámicamente incompatibles entre ellas.

En la separación el fin primordial es obtener un producto más limpio, mediante la eliminación de impurezas de otros materiales. Esta selección se hace de forma automática y/o manual, basándose en una amplia variedad de criterios: color (por ejemplo eliminar colores críticos como amarillo, verde, marrón rojo y negro; dejar solo los azules e incoloros), materiales plásticos (eliminación de PE, PP, PVC), forma (por ejemplo seleccionar solo botellas de refresco y agua) y eliminación de materiales metálicos.

En función de las propiedades de los materiales se utilizan diferentes sistemas de separación: separadores colorimétricos, de infrarrojo cercano (NIR), triboeléctricos, ultravioletas, Foucault o corrientes de Eddy. Su mayor o menor efectividad depende de las características de lo que hay que separar: grado de suciedad, humedad, entre otras.

Además se suele hacer una detección y separación de elementos metálicos férricos del triturado mediante imanes dispuestos en diferentes puntos de la línea, antes de los trituradores para protegerlos y también después para evitar el desgaste del resto de la maquinaria durante el proceso.

Estos procesos de separación de impurezas se pueden realizar en diferentes puntos a lo largo de toda la línea de reciclado en TEP, pudiendo ser más o menos exhaustivos en función de la aplicación prevista y de las condiciones en las que el residuo llega a la planta recicladora.

Figura 21. **Separación y selección de forma manual**



Fuente: Europet.

3.8.1. Compactación

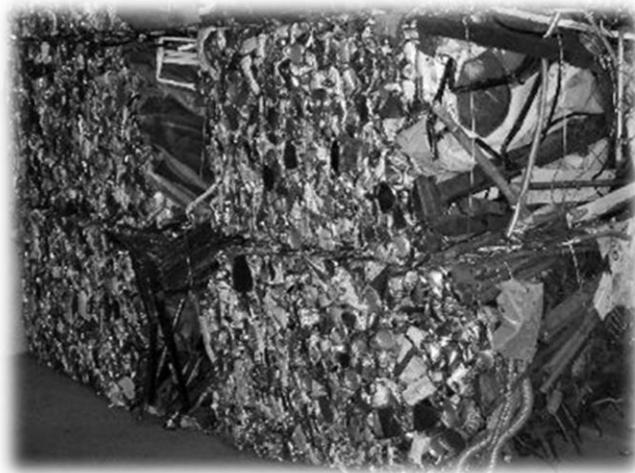
Otra manera sencilla de transportar mayores cantidades de envases y de manejarlos en la planta de transferencia es por medio de la compactación.

Siendo esta una alternativa para los transportistas de poder distribuir en los vehículos mayores cantidades de envases y realizar una descarga en menor tiempo.

Al compactar las botellas se obtienen los siguientes beneficios: reducir hasta 3/4 de su volumen original.

Genera fuentes de empleo al crear empresas que se dediquen a compactar el material y permite a la planta de reciclado tener un control y un espacio específico para cada material, maximizando el espacio y aumentando la eficiencia en el transporte para llevar a cabo el proceso de reciclado.

Figura 22. **PET compactado**



Fuente: <http://playambiental.wordpress.com>. Consulta: 12 de octubre de 2012.

3.8.2. Tipo de compactadora

Este tipo de prensas con capacidades de 1 a 500 toneladas en función del material a compactar.

Son las encargadas de producir las pacas de transporte en el caso de las botellas con dimensiones de 1.20 x 0.5 x 0.5 mts.

Con masas de 85 kg en promedio ideales para espacios reducidos en el transporte y con tolvas de carga en la parte superior para un fácil llenado de las botellas.

Tiene una masa de aproximadamente 1500 kg reduciendo el volumen del desperdicio hasta un 85% con operación eléctrica y operan de forma horizontal.

Figura 23. **Compactadora H-50 PET**



Fuente: www.maquinariayequipos.com. Consulta: 14 de septiembre de 2012.

También existen en el mercado compactadoras de tipo vertical, con fuerzas de compactación de hasta 25 toneladas con presiones sobre los envases de hasta 75 PSI con 5 amarres y funcionales también para otros tipos de envases como los *tetrapak*.

Siendo éstas utilizadas en las plantas de transferencia de otros países con necesidades de producir de 4 a 5 pacas en una hora.

3.8.3. Especificaciones

A continuación se especifican las características técnicas de la compactadora, del tipo vertical u horizontal para comprimir el material.

Tabla V. **Datos técnicos de la compactadora H-50 PET**

Fuerza de compactación:		12 toneladas
Dimensiones Exteriores (aprox):		
	Frente (Mts.)	1.20
	Fondo (Mts.)	4.20
	Altura (Mts.)	1.50
Cámara de compresión:		
	Frente (Mts.)	0.50
	Fondo (Mts.)	0.50
	Altura (Mts.)	1.68
Compuerta de carga trasera:		
	Frente (Mts.)	0.50
	Altura (Mts.)	0.50
Paca:		
	Largo (Mts.)	0.75-0.90
	Ancho (Mts.)	0.50
	Altura (Mts.)	0.50
	Peso aprox (en 1.10 m)	45 - 60 kg
	Amarres	3
Pacas por hora:		3 a 4
Motor eléctrico trifásico:		3 HP trifásico
No. cilindros hidráulicos		1
Peso total aproximado (Kgs.)		1,530
Ciclo de compresión en vacío		48 seg.
Ciclo de compresión en vacío		26 seg.

Fuente:www.maquinariayequipos.com. Consulta: 25 de octubre de 2012.

3.9. Reciclado mecánico

El reciclado de los envases de PET se consigue por dos métodos; el químico y el mecánico. Siendo éste último la técnica más utilizada en la actualidad porque es el de menor costo y que consiste en la molienda, separación y lavado de los envases.

Con esto se consiguen escamas, que pueden ser destinadas directamente sin necesidad de hacer *pellets*.

Esto se refiere a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido, en el caso del PET significa pequeñas concentraciones de resina para la fabricación de productos por inyección o extrusión.

Este proceso de recuperación mecánico se divide en dos fases. En la fase inicial se procede a la identificación y clasificación de botellas con la finalidad de lavarlas y extraer de las mismas etiquetas para luego ser trituradas, realizando la separación de partículas pesadas, comúnmente llamadas durante este proceso, como polipropileno, polietileno de alta densidad y cloruro de polivinilo.

Seguido de esto inicia la segunda fase de este proceso, en la cual se obtiene la hojuela o escama; se seca para seguido para aumentar en esta fase su viscosidad, cristalizando de forma continua para obtener la transformación en nuevos elementos PET para lo cual existe una amplia gama de aplicaciones.

Además este proceso no conlleva contaminación generando un producto de mayor valor agregado.

Figura 24. Proceso de reciclado mecánico



Fuente: APREPET 2006

3.10. Descripción del proceso

Este método inicia con la alimentación de los envases que proviene de una desempacadora, seguido por medio de bandas transportadoras que dirigen los envases, hacia una fase inicial que consiste fundamentalmente en la reducción del tamaño, por medio de un molino. Donde se cortan en varios pedazos en forma de hojuela.

Las hojuelas pasan por medio de un sistema de lavado en los que se remueven los restos de lodo y otros materiales tales como etiquetas, tapas y anillos. Si durante la selección inicial hubiera una mezcla de materiales.

Este material prelavado es transportado durante el proceso a un tanque en donde se mezcla con diferentes agentes químicos. Posteriormente se manda a un reactor tubular donde por medio de tiempo y temperatura se consigue la purificación total del material con apego a la FDA de los estados unidos para la obtención de la calidad durante esta fase.

El material descontaminado, se transporta a una tina especial en donde se enjuaga y se elimina cualquier residuo del proceso de reciclado. El siguiente paso consiste en transportar el material para que pueda ser secado, obteniendo así la escama en donde se ha eliminado cualquier partícula remanente de PET de color, que se hubiera agregado a la línea del proceso mecánico.

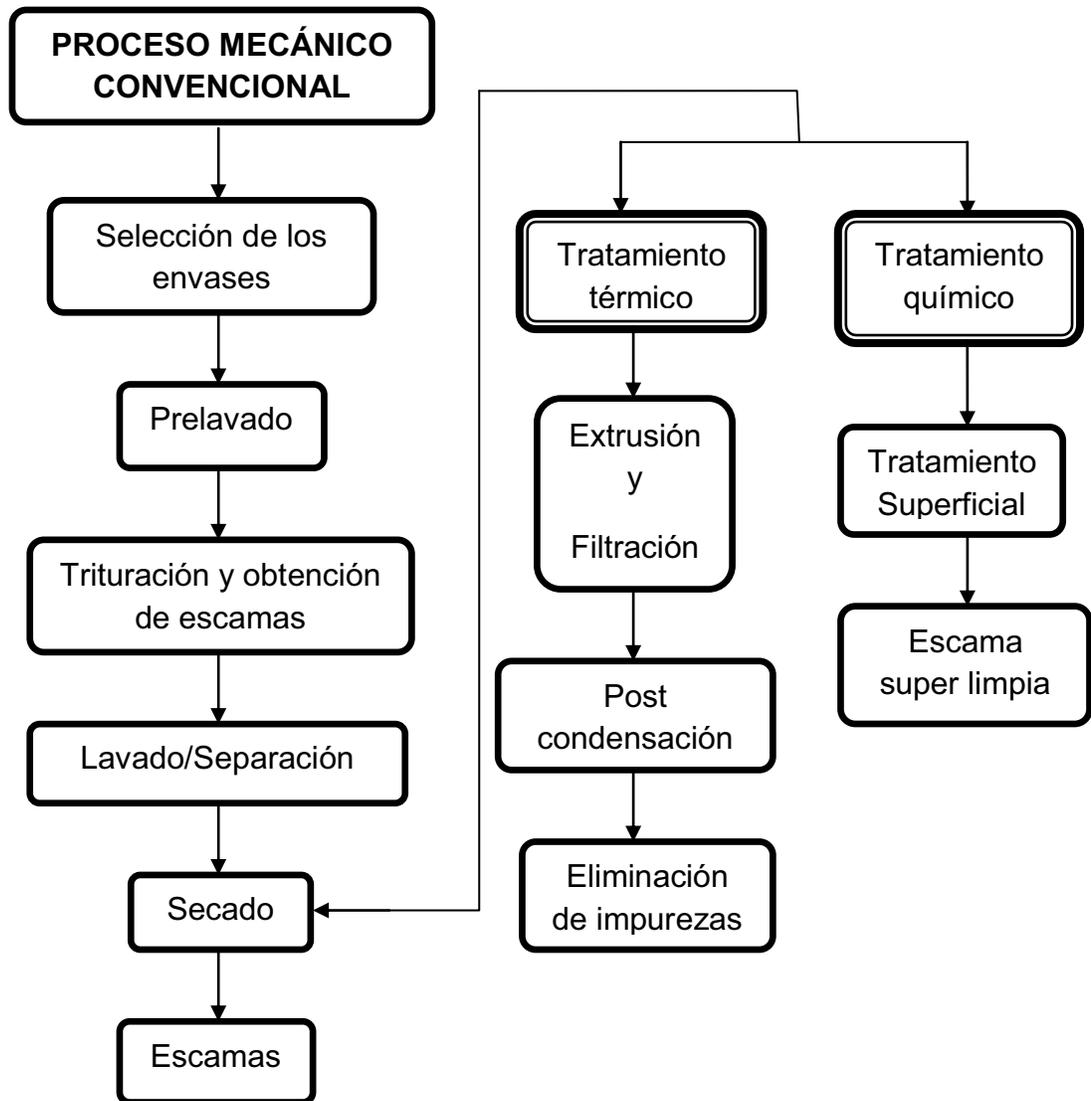
La separación del polipropileno de baja y alta densidad se puede obtener por medio de aire o por medio de agua en al caso del polipropileno de alta densidad.

El mayor riesgo que existe durante el proceso es que se pueda mezclar aluminio al PET en forma de escama, es por ello que se realiza una separación electrostática previa a la obtención de la misma.

Antes de ser liberados los lotes pasan a un laboratorio en donde se analizan de manera minuciosa, para que el material reciclado cumpla de manera escrita con norma de la industria internacional con respecto a requisitos técnicos y de pureza requeridos para la resina PET virgen.

Se puede agregar al proceso mecánico la super limpieza que consiste en obtener una escama con alto grado de limpieza que consiste fundamentalmente en tratamientos químicos, térmicos y superficiales como se muestra en el diagrama.

Figura 25. **Proceso de reciclado mecánico convencional y con super limpieza**



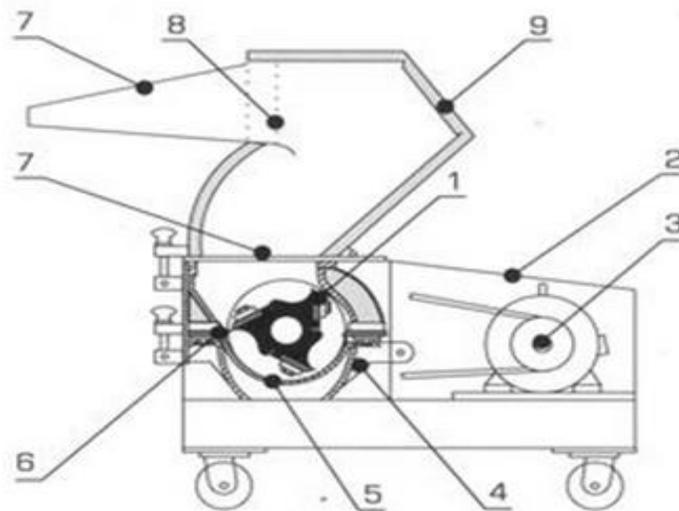
Fuente: Europet. Consulta: 10 de septiembre de 2012

3.11. Molino para PET

Hoy en día, existen diversos molinos que se emplean para la reducción de tamaño en materiales reciclables. No existen diferencias considerables entre los destinados a una u otra aplicación, pero en todos los casos deben presentar unas características definidas. En el caso de la industria del reciclado se busca que un molino debe moler el envase en un tamaño específico, es decir cortar el material para un tamaño óptimo de la partícula. La densidad y granulometría homogénea en el proceso cumpliendo con una gran disipación de calor. Puesto que si la energía cinética del corte resulta en un incremento excesivo de la temperatura del polímero, éste se degrada y de incorporarse al moldeo produce partes defectuosas.

El molino consiste básicamente en una tolva de alimentación del material, cuya abertura inferior define la capacidad volumétrica del molino.

Figura 26. Molino JHL-800



Fuente: <http://www.henglico.com>. Consulta: 20 de septiembre de 2012.

Partes:

1. Cuchillas rotatorias
2. Tapa del carrete
3. Motor
4. Malla disipadora de ruido
5. Malla de ruido interna
6. Cuchillas fijas
7. Abertura para alimentación
8. Placa doble de percusión
9. Contratapa

También se debe de hacer referencia hacia el diámetro del rotor, que a su vez es indicativo del volumen de piezas que se alimentan. Éste da acceso a la cámara de molienda, en que se encuentra un rotor portacuchillas y un estator con otra cuchilla.

En la parte inferior de la cámara se encuentra un tamiz que define la granulometría del producto a obtener, preestablecido por la holgura entre las cuchillas del estator y las del rotor.

3.11.1. Especificaciones técnicas

Dentro de las diferencias entre cada uno de los fabricantes en este tipo de molinos, se menciona la forma de sujeción de las cuchillas al rotor y en la disposición de las del estator. El tamaño y disposición de las cuchillas en el rotor es otra variable; pueden ser cuchillas de la misma longitud del rotor o de unas fracciones de esta longitud, con lo que pueden situarse las cuchillas

radialmente de forma escalonada con un desfase circunferencial unas de otras, lo que puede mejorar el rendimiento de la operación.

Tabla VI. **Datos técnicos del molino JHL-800**

Energía:	(kw): 40
Potencia:	(hp): 30
Velocidad de Rotación	(r/min): 490
Diámetro	(mm): 82
Capacidad	300~500 Kg. por hora.
Cuchillas rotatorias	(pcs): 24
Cuchillas estáticas	(pcs): 6
Capacidad de trituración	(kg/h): 800-1000
Boca trituradora	(mm): 800x390
Peso Neto	(kg): 1300
Pantalla de compensación	sí
Diámetro	(mm): 14
Dimensiones	(a x b x c)m: 1.50x1.28x1.81

Fuente:<http://www.henglico.com>. Consulta: 28 de septiembre de 2012.

En función de la capacidad de admisión del molino, éste se mide por las dimensiones de entrada en la cámara de trituración.

La administración de las grandes potencias puede exigir un control electrónico del funcionamiento del equipo y, en los molinos de grandes dimensiones, el accionamiento de la tolva, parrilla y otros cuerpos de peso importante puede efectuarse mediante un conjunto de moto reductor/tornillo sinfín o pistones hidráulicos, para lo que se debe equipar a la máquina.

Existen otros procedimientos particulares de cada fabricante para dar solución a estas necesidades, por ejemplo, mediante accionamientos manuales

compensados. La selección de un molino propone además de la consideración del tamaño máximo de las partes a molturar. Aspectos como de trabajo muy duro a la hora de garantizar a largo plazo un funcionamiento sin problemas.

3.12. Línea de lavado

Cuando el material se direcciona hacia esta línea, el lavado se suele hacer sobre el triturado (aunque también puede haber un lavado inicial sobre el envase). Se utiliza agua, tenso activos y/o sosa caústica diluida a una temperatura que puede ser variable (lavado en frío o temperatura ambiente, lavado medio a unos 40°C o lavado en caliente de 70 °C a 90 °C).

Se puede encontrar un único equipo de lavado o varios dispuestos, normalmente, en línea. Mediante este lavado se eliminan contaminantes orgánicos (residuos de cola), tierra y arena presentes en la superficie de la escama.

Los tensoactivos y la soda empleados son eliminados mediante lavados sucesivos con agua; en el caso de que el enjuague no fuera adecuado, quedarían restos de estas sustancias que supondrían una contaminación en la escama final. Para poder obtener un óptimo lavado se utilizan métodos adicionales de fricción y centrifugación para una eliminación de elementos no deseados.

Para su funcionamiento, esta línea necesita 4 o 5 personas para la ejecución del proceso, entre las cuales una de ellas debe tener suficiente conocimiento de electricidad y mecánica. En general, los procesos de separación, lavado y trituración son muy importantes, puesto que permiten eliminar suciedad, adhesivos, etiquetas y otros polímeros. Permiten además

una homogeneización del PET obteniéndose un material que alcanza casi el 100% de pureza.

Es por ello que mediante este proceso tan importante, se separan además otra serie de impurezas como poliolefinas, papeles y otros residuos por diferencias de densidad y flotación.

3.13. Secado

El tiempo de secado de la escama puede variar mucho (desde algunos minutos hasta varias horas) dependiendo de si se hace en presencia de vacío o no. En este proceso, la escama ya limpia y seca es sometida a una extrusión (con temperatura y presión) para la obtención del producto final.

Este proceso es un tratamiento principalmente térmico y hará que se modifiquen ciertas características de la escama y que ciertos volátiles o contaminantes se eliminen, puesto que la transformación se realiza a elevada temperatura.

Los tres primeros procesos se van alternando, dependiendo de la estructura final de la línea o líneas que se tengan y el cuarto proceso, el de granceado, se puede dar o no dependiendo del producto final que se quiera obtener (escama o granza).

El granceado en este paso del reciclado consiste en obtener residuos de plástico y venderlo en forma de granza para poder introducirlo en los equipos de reciclaje. Con el granceado se consigue la homogeneización del material, mediante fundición, tintado y corte en pequeños trozos.

Las características del producto final entre recicladoras varían mucho, y en la mayoría de ocasiones, depende del transformador posterior y de su exigencia de la calidad para el mercado final al que va dirigido.

Para que el material obtenido en un proceso de reciclado mecánico convencional alcance las características necesarias para su uso en contacto con alimentos es necesario un tratamiento posterior denominado proceso de super limpieza.

En estos procesos se eliminan aquellos contaminantes que pueden quedar adsorbidos en la superficie del plástico.

3.14. Descontaminación

Este paso es esencial durante el reciclado porque generalmente se busca que el material cumpla con estándares internacionales para poder ser exportado y éstos van en función de la empresa que requiera el material.

La descontaminación se lleva a cabo por medio de un tratamiento térmico, introduciendo el pet triturado a una extrusora que eleva el material a una temperatura de 270⁰C a 280⁰C.

Las impurezas infundibles e insolubles que todavía pueda contener el material se quedarán en el filtro para ser eliminadas.

Si se mantiene esta temperatura se puede producir una ruptura de cadenas y en general una caída de la viscosidad por lo que es necesario, para mantener las propiedades provocar una policondensación que aumente la masa molecular en peso y en número.

Este proceso inicia con una descarga del material hacia el tanque de secado/cristalización en donde es transportado hacia un tanque de almacenamiento temporal el cual consta con una reducción en la descarga, la cual proporciona que el material pueda ser transportado por medio de un tornillo con un determinado ángulo de elevación.

Este proporciona un ascenso del material hacia un cierre de vacío el cual consta de un pasador de vacío que también permite un corte y un secado en otro tanque.

Dentro de este se da el tratamiento térmico a determinada temperatura, la cual permite la eliminación de impurezas dentro del filtro.

En donde existen elementos como válvulas de entrada hacia el extrusor, herramientas de agitación, tornillos simples del extrusor modificados y una desgasificación del material de manera múltiple que permite un filtrado de fundido o comúnmente llamado un filtrado fino.

3.15. Reciclado Químico

En la actualidad el reciclado mecánico del PET es el más común y a la vez representa material que son recolectados, lavados y molidos seguidos de una fundición para darles una forma específica en su nueva aplicación.

Este paso representa una forma única, es decir que el material no puede pasar por éste reciclado varias veces.

Debido que el material obtenido es de menor calidad que el material virgen y durante el proceso tiende a degradarse.

Como una solución a estos inconvenientes surge el reciclado químico, el cual permite a las plantas transformadoras realizar cambios en la estructura del material basándose en una reacción química específica.

No realizando métodos complejos de purificación o descontaminación que son fundamentales en el método mecánico.

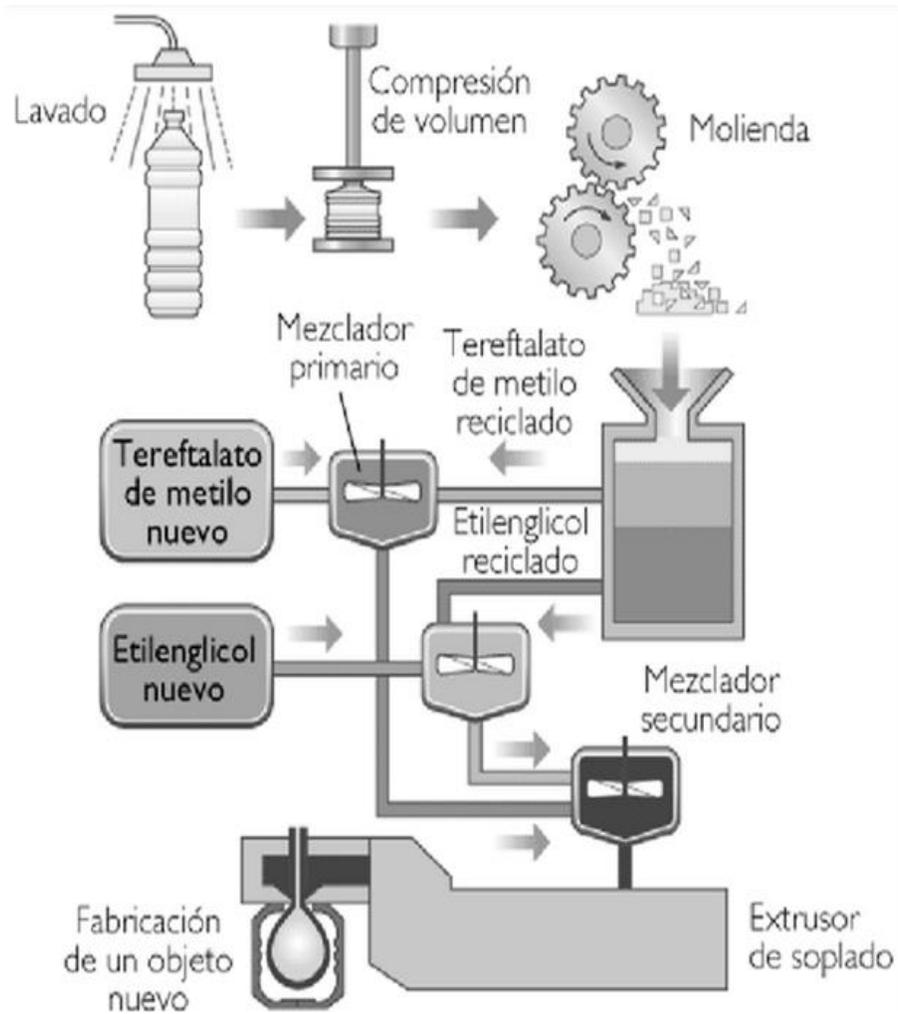
Además, permite utilizar al desecho plástico como fuente de materia prima, no sólo para producir nuevamente el material original (como material virgen), sino producir otros materiales con diferentes características.

3.15.1. Ventajas

- No selección
- No eliminación de tapas o etiquetas necesaria
- Competitivo económicamente
- Utilización de aditivos de bajo costo y de baja consumación de energía
- Ácido Tereftálico y Etilenglicol vendibles directamente a la industria.
- Alternativamente se puede producir un producto PHT (Polyhidroxietilitereftalato) que puede ser utilizado directamente para la producción de botellas PET.
- Plantas de reciclado mecánico puede ser adaptadas al químico
- No necesita procedimientos complejos de purificación

Existen varios procesos de reciclado químico, de los cuales los más importantes son: metanólisis, glicólisis e hidrólisis. Los procesos son similares, es por ello que se describe en el presente diagrama.

Figura 27. **Proceso de reciclado químico**



Fuente: <http://www.kalipedia.com>. Consulta: 22 de noviembre de 2012.

4. PROPUESTA DE MEJORA E IMPLEMENTACIÓN DE LA MISMA PREVIO AL PROCESO DE RECICLADO

A continuación se describe cómo mejorar el proceso de reciclado en función de la recolección, analizando los sistemas actuales del país y las coberturas de los mismos.

4.1. La educación como herramienta óptima de recolección

La educación hacia una cultura ambiental, es la única solución para crear una conciencia de cómo cuidar y aprovechar los recursos naturales que poseemos como guatemaltecos. La contaminación ambiental en la sociedad del país es producto de una falta de conocimiento o apoyo suficiente para llevar a acabo un programa de acción que conjunte, el gobierno, la industria privada, las escuelas, la sociedad en general hacia una conciencia de producción, consumo, y desecho responsable.

Es por ello que comúnmente se puede asociar una planta recicladora en función de la empresa que produce una bebida como producto final. Dentro de la cual el enlace primordial es el envase.

Los programas que se desarrollan en nuestro país funcionan lastimosamente de forma paralela en donde los empresarios que se dedican a la transferencia del envase utilizan como eslogan al ambiente para poder expandir la industria del reciclado. En donde el material recolectado y no contaminado representa una lucha de intereses y no la solución de un problema profundo como sociedad.

La educación ambiental no solo debe ser enfocada a estudiantes, sino hacia toda la sociedad, creando un sistema en donde las empresas productoras de bebidas tengan en común programas para la recolección de envases que funcionen de manera conjunta y no separada como actualmente operan.

Varias empresas en nuestra sociedad buscan lograr de manera separada la modernización de sistemas que representen la eficiencia en la recolección de envases.

Trabajando por cuenta propia, como en otros países de Latinoamérica, debido a que la legislación no contempla normas suficientes para lograr presionar a los productores de envases hacia un sistema en conjunto en función de las empresas que recolectan el material para ellos.

La aplicación de un sistema moderno y profesional deberá ser desarrollado en un futuro cercano por iniciativa gubernamental y privada para que se de una recolección selectiva con la participación de grupos privados y municipales, fomentando el reciclado como una obligatoriedad en la sociedad. Iniciando con la mayor parte de los residuos generados en la ciudad capital, sirviendo de modelo hacia otros municipios con un sistema establecido.

Se deberá monitorear continuamente el desempeño técnico y económico del sistema para realizar las modificaciones necesarias en el modelo durante su implementación y mantenimiento.

4.1.1. Obtención y separación de residuos

La obtención y separación de los residuos sólidos se deberá de implementar desde el mismo hogar donde se genera la basura. Evitando la recolección mixta de la misma. Con la finalidad de obtener vertederos controlados en los cuales el suelo y los laterales son impermeabilizados para evitar la filtración.

La basura se va colocando en capas que son recubiertas a diario con una capa de tierra para así evitar la propagación de ratas y el desprendimiento de olores, teniendo de referencia a otros países que reducen el peligro de incendios.

En estos vertederos se utiliza un sistema de drenajes para las aguas que rezuman y gases, como el metano, que se producen con la degradación de las basuras.

Otra alternativa puede ser la utilización de vertederos recuperables que consisten en depositar los residuos en forma alterna con capas de tierra. De este modo, al cabo de unos años, la fermentación de los residuos orgánicos posibilita el aprovechamiento del lugar, que puede ser convertido de nuevo en zona de aprovechamiento agrícola o simplemente en jardines.

Este procedimiento tiene la ventaja de su bajo costo por la posible reutilización posterior de la zona, pero a veces las distancias encarecen el transporte.

Es necesario implementar una unificación de colores para que a nivel nacional se utilice como educación hacia la sociedad y se relacione a la misma

de una forma natural dentro del entorno en donde se crean los desechos sólidos. Una alternativa es utilizar distintos sitios específicos para cada residuo.

Idealmente se podrían colocar estratégicamente como propuesta los siguientes contenedores:

- Contenedor amarillo (envases): en este se deben depositar todo tipo de envases ligeros como los envases de plásticos (botellas, bolsas y bandejas), de latas (bebidas y conservas).
- Contenedor azul (papel y cartón): en este contenedor se deben depositar los envases de cartón (cajas y bandejas), así como los periódicos, revistas, papeles de envolver, propaganda, etc. Es aconsejable plegar las cajas de manera que ocupen el mínimo espacio dentro del contenedor.
- Contenedor verde (vidrio): en este contenedor se deposita todo tipo de vidrio.
- Contenedor negro: en el se depositan el resto de residuos que no tienen cabida en los grupos anteriores, fundamentalmente materia orgánica.

4.1.2. Cobertura de recolección

Los principales elementos de la nueva recolección deberán agrupar y clasificar los residuos de acuerdo con sus características y propiedades, con el fin de facilitar posteriormente su tratamiento.

Se basa en que son los propios ciudadanos los que realizan la mayor selección de los productos recuperables, colocándolos en recipientes independientes.

El desarrollo de las nuevas coberturas de recolección estarían basadas en gestiones municipales que involucrarían rutas especificadas en base a los métodos de recolección existentes.

Esta alternativa eliminaría la recolección mixta y la separación de sólidos urbanos en las aceras de las calles, contribuyendo a que el sistema sea eficiente porque la recolección separada lo es.

Las ventajas de una correcta recogida selectiva son:

- Relaciona y hace comprensible al ciudadano sobre el gran problema que constituyen los residuos.
- Permite ahorrar una considerable cantidad de materias primas y energía
- Disminuye el volumen de residuos a tratar o eliminar
- Disminuye el impacto medioambiental, y los costos de tratamiento basuras.
- Facilita el reciclado de los residuos sólidos al no presentarse contaminación en los mismos.
- Relaciona al consumidor dentro de la cadena del reciclado

4.2. Sistemas actuales

En la actualidad existen sistemas de tratamiento para los desechos sólidos; funcionan adecuadamente: la planta del IRTRA en Retalhuleu y el Relleno Sanitario del kilómetro 22.5 en Villa Nueva.

Los sistemas ubicados en Almolonga (Quetzaltenango) y San Antonio Aguas Calientes (Sacatepéquez) funcionan parcialmente, mientras que las ubicadas en Flores y San Marcos no se utilizan.

Adicionalmente existen otros proyectos de manejo de desechos sólidos (rellenos sanitarios y plantas de tratamiento de desechos) con distintos grados de avance en otros municipios.

4.3. Visión de las empresas recolectoras

En Guatemala se tienen estimaciones del porcentaje de recuperación de residuos sólo para el área metropolitana y se carece de estimaciones a nivel nacional y a nivel de cabeceras departamentales y municipales.

Es por ello que la visión de las empresas que se dedican a recolectar estos envases deberá ser una búsqueda de zonas fuera del área metropolitana expandiendo los programas establecidos para la recuperación de los mismos.

La recolección de los residuos y desechos es uno de los principales problemas y retos que deben afrontar todos los municipios del país, y pueden considerarse éstos lugares como alternativas para ampliar los puntos de recolección.

A continuación se presenta una tabla sobre el informe que realizó el gobierno de nuestro país, en la comisión de desarrollo sostenible de la Organización de Naciones Unidas (ONU), en donde se detalla el estado actual de los sistemas de disposición final de desechos que operan actualmente. Además se indica el lugar en donde se localizan así como el tipo de municipios a los que dan cobertura.

Figura 28. **Sistemas de disposición final de desechos en departamentos de mayor relevancia**

No.	Departamento	Municipios Beneficiados	Sistema	Estado Actual
1.	Chimaltenango	San Martín Jilotepeque.	Incinerador.	
2.	El Petén	MAMMUNISURP Poptún, Dolores y San Luís.	Mancomunidad. Mammunisurp. Relleno Sanitario.	
		San Benito, Santa Elena y Flores.	Relleno Sanitario.	Abandonado.
3.	Escuintla	MANCOSUR La democracia, San Lucía y la Gomera.	Planta de Tratamiento.	
		Puerto de San José, Iztapa, Managua y Champerico	Relleno Sanitario.	
4.	Las Verapaces	Santa Cruz, San Cristóbal Verapaz, Tactic y Purulhá.	Relleno Sanitario.	
		Rabinal.	Relleno Sanitario.	En Proyecto.
5.	Sololá	San Juan La laguna y Santiago Atitlán.	Construcción de Sistemas de Tratamiento.	En Proyecto.
		MANKATITLÁN. Panajachel, San Andrés Semetabaj, Santa Catarina, y Antonio Palopó.	Relleno Sanitario.	En Proyecto.
		Sololá, Santa Lucía Utatlán, y San José Chacayá.	Mancomunidad. Manctzolojyá. Relleno Sanitario.	En Proyecto.
		San Pedro La Laguna.		
6.	Sacatepéquez	San Antonio Aguas Calientes.	Sistema de manejo de Desechos Sólidos.	Operando parcialmente.
FUENTE: Delegaciones del MARN y Municipalidades.				

Fuente: Informe Nacional Sobre Desarrollo Sostenible. Décimo octava Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, New York, USA. Consulta: 18 de noviembre de 2012.

4.4. Normas internacionales de calidad

Estas normas pretenden colaborar en la selección de metodologías y procesos para el manejo de plásticos posconsumo, que pueden llevarse a cabo de acuerdo a varias estrategias. En general, las tecnologías de recuperación de plásticos pueden ser clasificadas en dos tipos:

- Recuperación de material: reciclado mecánico o químico y reciclado biológico u orgánico.
- Recuperación de energía: en forma de calor, vapor o generación de electricidad utilizando residuos plásticos como sustitutos de fuentes primarias de combustibles fósiles.

La ISO 15270:2008 fue creada para con recomendaciones en cuanto a estándares de materiales, estándares de ensayos y especificaciones de productos.

Además existe en Europa el reglamento sobre los materiales y objetos de plástico reciclado destinados a entrar en contacto con alimentos. El cual contiene varias disposiciones que regulan a los restos y desechos de la producción de materiales plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos.

El uso de materiales que no hayan estado en contacto con alimentos o no se hayan contaminado de otro modo y se hayan vuelto a fundir, en las instalaciones. En nuevos productos o se hayan vendido a terceros como parte de un sistema de control de calidad conforme a las normas de buenas prácticas de fabricación establecidas en el reglamento.

El cual contempla dentro de sus artículos principales el objeto y ámbito de aplicación del material reciclado, los requisitos para los materiales y objetos de plástico reciclados para su comercialización, la solicitud de autorización de los procesos de reciclado y el dictamen de la autoridad para la evaluación de la seguridad de un proceso de reciclado que cumple o no con las disposiciones del reglamento.

También se relaciona en el mismo la autorización de los procesos de reciclado, y las obligaciones derivadas de la autorización. La modificación, suspensión y revocación de la autorización de un proceso de reciclado, un control oficial, el etiquetado de materiales y objetos de plástico reciclado, registro comunitario que relaciona las medidas transitorias para la autorización de los procesos de reciclado, para el comercio y la utilización de plástico reciclado.

En resumen éste reglamento publicado en el diario oficial de la Unión Europea es el más completo porque estandariza el proceso desde un punto de vista integral con parámetros de selección, proceso y comercio del material. Y funciona como modelo a varios países latinoamericanos.

A consecuencia de la Directiva 89/109/CEE surgió el primer documento legislativo específico sobre materiales plásticos en contacto con alimentos, la Directiva 90/128/CEE.

Este documento ha sufrido numerosas modificaciones, prácticamente cada dos años, hasta que en el año 2002 y con el objetivo de recopilar y clarificar todos los cambios, se publica la Directiva 2002/72/CE. Esta Directiva deroga todas las anteriores y se convierte así, en el documento legislativo de referencia para materiales plásticos en contacto con alimentos.

4.5. Materia prima

En la legislación europea existen unos listados de aquellos monómeros, sustancias de partida y aditivos que pueden ser utilizados en la fabricación de materiales plásticos cuyo destino final sea el contacto con alimentos, estas listas son las llamadas Listas Positivas.

Aunque en teoría, ninguna sustancia que no esté en estas listas puede ser utilizada para la fabricación de plástico para alimentación. El hecho de no aparecer en ellas no indica por tanto que necesariamente sean tóxicas, sino que puede ser que todavía no se haya solicitado su inclusión o no se haya evaluado su toxicidad. Por los motivos expuestos, se puede afirmar que actualmente las Listas Positivas son listas abiertas e incompletas. El organismo que se encarga de evaluar la toxicidad de las sustancias en la materia prima, es la EFSA, European Food Safety, (Seguridad Alimentaria Europea).

4.5.1. Características de la materia prima generada

Sobre la materia prima se deben realizar los análisis de migración oportunos. Como migración se entiende el paso de componentes (monómeros, oligómeros, aditivos, etc.) desde la estructura del envase, al alimento u otro medio en contacto con el material polimérico. Estos análisis dependen del alimento a envasar y de las condiciones (tiempo y temperatura) de contacto del material con el alimento.

A nivel mundial existen varias tecnologías para obtener una resina grado alimentos a partir de botellas post-consumo R-PET y que cumplen las exigentes reglamentaciones y demostrar la capacidad del proceso en remover posibles

contaminantes que se pueden introducir involuntariamente durante la cadena de reciclaje, exigencias de diferentes legislaciones, incluyendo FDA y EFSA.

4.5.2. ¿Cómo promover módulos para la recolección?

Es necesario incorporar a la ciudad capital sistemas modernos para la obtención de envases. México ha propuesto e instalado módulos que permiten al usuario tener un contenedor como acopio de una manera eficiente y llamativa. El origen ha sido tomado de Europa y han sido pocos los países de Latinoamérica que han intentado promover éstos módulos.

La ciudad de Guatemala posee puntos estratégicos donde los cuales podrían ser incorporados con ayuda de la municipalidad de la ciudad capital. Por ejemplo la terminal de buses del área sur y la nueva terminal del área norte.

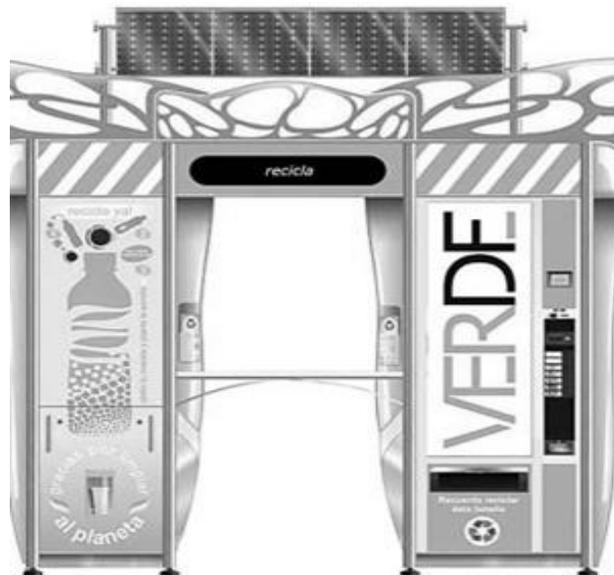
Es necesario adoptar estas políticas de mejora ambiental, ya que se busca a nivel latinoamericano mejoras a la ciudad y que mejor que acompañar estas mejoras con sistemas de educación ambiental hacia los usuarios a quienes se les presta el servicio de transporte, no sólo en los puntos de mayor afluencia, si no que en cada una de las paradas en donde se tiene contacto con el usuario que se dirige en distintas direcciones.

Creando puntos verdes con una mejora ecológica y con la generación de nuevas rutas para el recolecto del material. El módulo estaría proyectado de acero inoxidable con techo de policarbonato para permanecer a la intemperie.

Estos módulos proporcionan una alternativa de solución para reciclado de las botellas PET. Se podrá encontrar a nivel urbano como en el vecino país.

En cualquier acera, espacio público o hasta en plazas comerciales, en donde el consumidor tendrá la opción de depositar en un módulo la botella vacía y a cambio recibir 50 centavos o hasta un quetzal en recarga para transporte con tarjeta prepago.

Figura 29. **Módulo para la obtención de envases PET**



Fuente: www.terra.com.mx. Consulta: 20 de noviembre de 2012.

Esta es una iniciativa ambiental y de negocios, es impulsada por la asociación civil, la cual propone que las embotelladoras de agua, principalmente, inviertan en la instalación de módulos de reciclaje de las botellas de PET que ellos mismos envían al mercado, y que hasta la fecha no se preocupan demasiado por crear una cultura ambiental en la sociedad.

La propuesta en la ciudad capital buscaría crear diseños similares de tal forma que no alteren la imagen urbana y su instalación debe ser ubicada en espacios que no obstruyan la movilidad peatonal.

Este equipamiento tiene la característica de triturar en el momento la botella de PET, operando de forma autónoma, también incluye un panel solar para que no dependa de ninguna toma eléctrica ofreciendo dinero en transporte.

4.5.3. Características generales del módulo

Cada módulo tendrá capacidad para triturar entre mil 500 y 2 mil botellas diarias. La propuesta es que se instalen en toda la ciudad 500 estructuras de reciclaje de PET, por lo que al año se podrán estar reciclando 12 millones de botellas aproximadamente en el área de la ciudad.

Es necesario iniciar con un programa piloto de cinco unidades y evaluarlo en seis meses. De forma similar como en el vecino país, propiciando que las empresas que embotellan sus productos se hagan responsables del reciclado de los mismos.

4.5.4. Módulos incorporados en Europa

El PET post-consumo es un material particularmente interesante de reciclar debido a sus numerosas aplicaciones. Hoy en día se recicla en mayor o menor medida en todos los países desarrollados de Europa.

Con el fin de alcanzar los objetivos de recuperación, reciclado y valorización establecidos por la directiva 94/62, en Europa la industria del PET,

a través de la Asociación Nacional del Envase de PET (ANEP), ha establecido como principal misión la de promover su recuperación y reciclado, a través de un programa de actuación basado en el asesoramiento a las autoridades municipales, e iniciativa privada.

Así como en la colaboración con los distintos sectores industriales implicados. Han creado módulos que proporcionan al consumidor *tickets* para comprar en el supermercado. Demostrando al ciudadano que con o sin crisis el reciclado de materiales es un negocio rentable hasta para el mismo consumidor del producto final.

La Directiva Europea de Envases 2004/12/CE establece que “quien sea responsable de la comercialización de los envases en el mercado es también responsable del tratamiento de los residuos de envases”. Demostrando que el PET en Europa es una industria que crece cada día mas y que su modelo de recolección sirve como ejemplo a Latinoamérica.

Figura 30. **Máquina recolectora de PET instalada en supermercados**



Fuente: www.reciclamos.org. Consulta: 15 de noviembre de 2012.

Alemania es líder en Europa en cuestión de reciclado. Según los expertos en tema del mismo. Alemania tiene la gran ventaja de que ha promulgado leyes especiales que regulan la financiación de la eliminación o el reciclaje de la basura, sin que esos fondos puedan ser destinados a otros fines.

Cada habitante de Alemania paga alrededor de 50 euros por año para la recogida de desechos. Gracias a la separación de los residuos, los alemanes han logrado que en el país se recicle actualmente el 60% de la basura doméstica. Ésta, según estadísticas oficiales, suma 452 kilos por habitante y por año, aproximadamente 1,6 kilos por día. Valores que se logran gracias a una cultura ambiental durante las últimas cuatro décadas.

Los ejemplos se han propagado por toda Europa y en conjunto con el gobierno se promueven proyectos para eficientar cada programa.

Figura 31. **Sistema de recogida de envases en Alemania**



Fuente: www.reciclamos.org. Consulta 22 de noviembre de 2012.

La imagen previamente mostrada demuestra que en el país se puede alcanzar un sistema de reciclado adoptando ejemplos de otros países.

El ejemplo del Supermercado Real de la calle Karl Marx, en el sur de Berlín (Alemania). Esto es un reflejo de cómo los ciudadanos con conciencia ambiental y con métodos eficientes pueden aprovechar la energía y la tecnología en mejoramiento del medio ambiente.

Estas máquinas operan con alta tecnología que al introducir la lata o la botella en alguna de las tres máquinas del supermercado, un sensor identifica el tipo de envase y comprueba que pertenece al sistema de depósito.

La máquina se traga el envase vacío, compacta el material en su interior e imprime un recibo con el reembolso para el cliente. Si se trata de un envase para reutilizar, el montante del depósito es distinto y la botella pasa a un cuarto contiguo donde se va juntando en cajas con otras del mismo tipo.

El sistema de reciclaje alemán puede ser útil para otros países en vía de desarrollo. Deberá de aprovecharse la experiencia que se ha logrado en diferentes países para unificar esfuerzos a nivel nacional.

Sistemas de este tipo permiten visualizar que hay mucho camino por recorrer en el reciclado de Guatemala y que el gobierno deberá preocuparse por reformar las regulaciones evitando así que en un futuro cercano no sepamos que hacer con toda la basura que nos rodea y que los planes propuestos hayan caducado por el consumo excesivo y despreocupado.

4.6. Introducción de nuevas tendencias en el envasado

La reducción de desperdicios es un objetivo fácil debido a que no sólo consume menos material, sino que también ayuda a recortar costos de energía a lo largo de la cadena de suministro.

Es por ello que es necesario introducir al país nuevas tendencias en el envasado de productos, que permitan una sostenibilidad desde el punto de vista económico de las empresas productoras de envases y conciencia ambiental desde el punto de vista del consumidor en nuestra sociedad.

El potencial para ahorro de energía también incluye el uso de materiales con contenido reciclado atractivo, ya que los materiales vírgenes requieren más energía para procesarse.

Una forma correcta sería la inclusión durante el proceso productivo de recipientes PET ligeros y dispositivos de cierres cortos. Estos dispositivos permitirán reducir el peso total del recipiente por un gramo o dos.

No sólo el dispositivo de cierre pesa menos, sino los diseños reducen la cantidad de resina necesaria en el área de terminado del recipiente.

Con esta mejora en Guatemala, el resultado en el futuro sería la multiplicación de millones de recipientes ligeros y nuevos dispositivos de cierre.

Con una pequeña reducción de peso de forma estandarizada ayudando al reciclado de los mismos. Además, si el peso ligero da como resultado un cubo más denso, que genera ahorros en costos de distribución, envasado, embarque y manejo debido a un uso de transporte más eficiente y a un manejo reducido. Nestlé Waters de Estados Unidos, es un ejemplo donde se basan en la tecnología ligera para producir su botella ligera Eco-Shape. Con peso de 12.5 gramos, cerca del 30% menos que la botella de agua PET de medio litro promedio (16.9 onzas).

Figura 32. **Envase ligero *Eco-Shape* y dispositivo de cierre corto**



Fuente: www.pmmi.org. Consulta: 25 de noviembre de 2012.

4.6.1. Etiquetas

Para realizar un correcto reciclado, el diseño de la etiqueta juega un papel muy importante.

Esto debido a que es preferible usar etiquetas de alguno de los siguientes materiales: polipropileno (PP), polietileno orientado (OPP), polietileno de alta, media o baja densidad (HDPE, MDPE, LDPE) y papel.

Las etiquetas metalizadas dificultan el reciclado de cualquier plástico, pues al contener metales lo contaminan.

Las etiquetas deben poder desprenderse en el proceso de lavado del reciclado, por lo que es importante seleccionar un adhesivo conveniente y evaluar las etiquetas termo ajustables o a presión.

4.6.2. Color

La botella de PET transparente sin pigmentos tiene mejor valor y mayor variedad de usos; sin embargo, con una separación adecuada, el PET pigmentado tendrá ciertos usos.

Las capas que no son de PET en los envases multicapa, así como los recubrimientos de otros materiales, reducen el proceso de reciclaje del PET. Es necesario separar esta clase de envases de los de PET simple.

Actualmente, los diseñadores tienen la oportunidad y la responsabilidad de entender el ciclo de vida y el impacto de los productos de PET. Por ello, la base de un buen diseño de envases es que sea lo más adecuado para su propósito.

4.7. Almacenaje propuesto

Las formas de almacenar los envases no son metódicas y evidencian la falta de conocimiento hacia una óptima eficiencia. Generalmente se vacían los envases que proceden de los recolectores, o se reciben compactados por medio de pacas como se explico anteriormente.

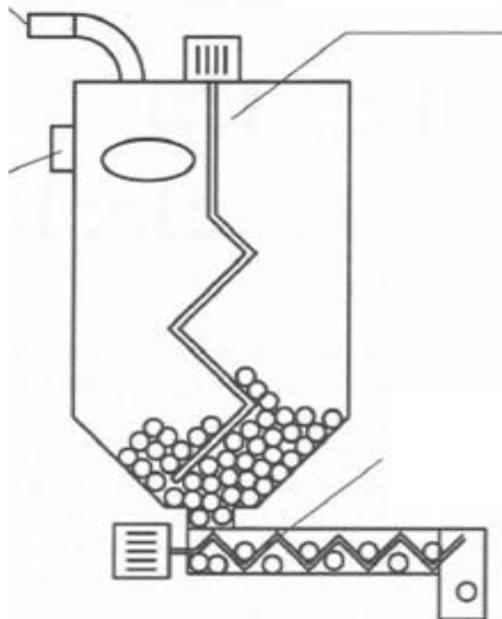
El almacenaje deberá tener una entrada suficiente, y el flujo de masa requerido tiene que ser garantizado aun cuando haya una entrada discontinua. El material debe homogenizarse (evitando la segregación) y debe considerarse el tiempo de retención adecuado. Para reducir el volumen, a menudo el envase se prensa, pero la manera usual de almacenamiento es ponerlo en silos previo al proceso de recuperación del material.

Los problemas ocurren debido a las malas características de vertido, ya que con densidades de alrededor de 50 kg/m^3 el material no sale sin ayuda.

El material capilar también conduce a la formación de cargas estáticas, lo que resulta un gravamen para los trabajadores a causa del polvo, además del olor en el caso de que el envase haya tenido contacto con otros desechos.

Estos problemas pueden resolverse con un tornillo en el silo o una succión tangencial para evitar la dispersión del polvo como se ve en el gráfico. El acopio húmedo también evita estos problemas y proporciona una etapa previa al proceso de lavado al mojarse el material contaminado.

Figura 33. **Tornillo y succión tangencial en el almacenamiento**



Fuente: www.albis.com. Consulta: 30 de noviembre de 2012.

Una de las desventajas de este proceso es que puede perderse el mezclado debido a la diferencia de densidades, pero esto puede evitarse si el plástico se mezcla continuamente.

Se recomienda que el anillo de seguridad se desprenda del cuello del envase y el empaque de la tapa se quede en la tapa a la hora de abrir el envase.

También se recomienda que la tapa, y el anillo de seguridad sean de: Polipropileno (PP) o Polietileno de alta densidad (HDPE). Estos materiales son preferibles al aluminio y a otros materiales.

El PVC no es recomendable porque una pequeña cantidad de PVC puede contaminar grandes cantidades de PET dispuesto para su reciclado por sus características y por tener diferente temperatura de fusión o ablandamiento.

5. EVALUADORES

En este capítulo se describe el conjunto de normas que dan descripciones fundamentales acerca del correcto proceso de reciclado.

5.1. Análisis del proceso de reciclado

El estudio del proceso de reciclado en la industria del país, permitirá evaluar el mismo, con respecto a las grandes industrias que operan en todo el mundo. Es por tal motivo necesaria esta industria en Guatemala, porque responde a grandes necesidades ambientales, sociales, y económicas.

Los evaluadores responden a una serie de etapas, las cuales involucran un mejoramiento en el proceso productivo, con la única finalidad de utilizar menos recursos en base al aprovechamiento de los recursos existentes.

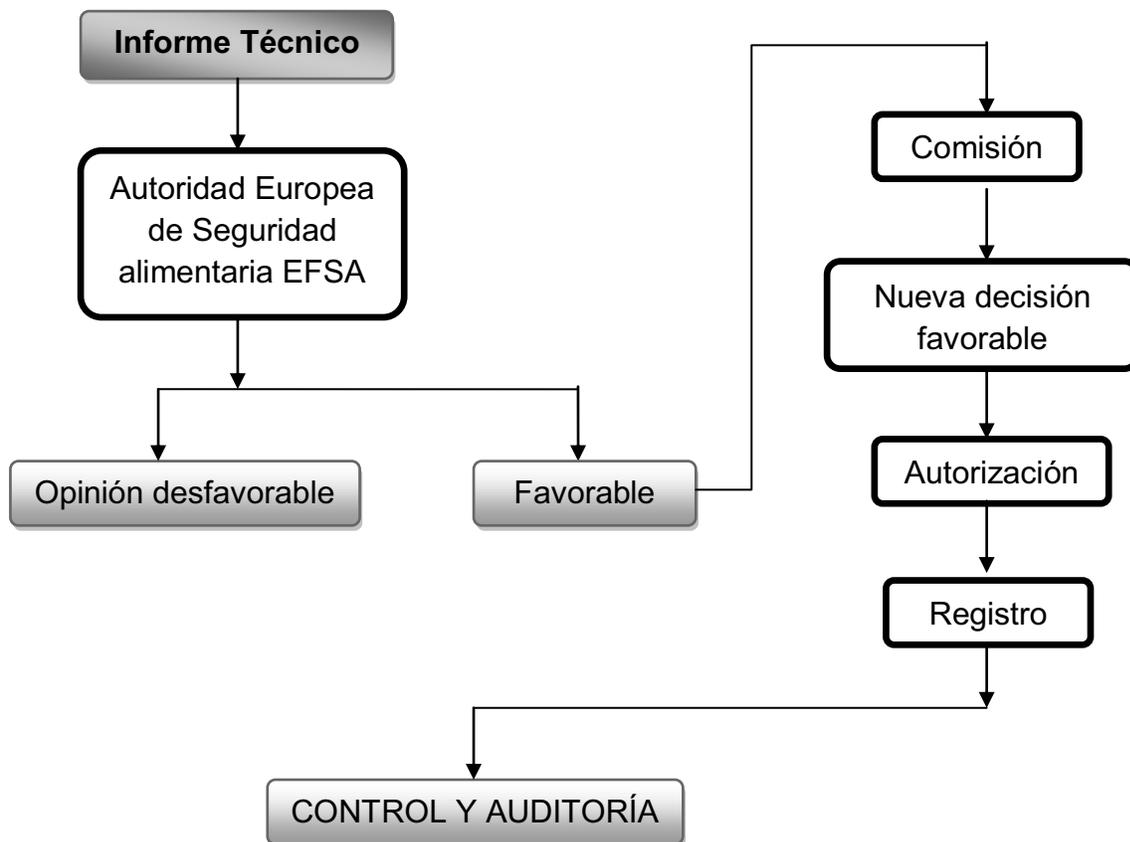
Como ya se indico anteriormente, la finalidad del proceso es cerrar un ciclo. Desde la concepción del envase hasta el reciclado del mismo. Por tal motivo, los residuos plásticos que entren al proceso de reciclado, han de ser caracterizados y controlados.

Si no puede garantizarse que el residuo a reciclar procede de un ciclo cerrado y controlado, exclusivamente de origen alimentario y sin contaminar, entonces se requiere de un desafío de prueba u otra evidencia científica equivalente, que demuestre que el proceso de reciclado es capaz dedescontaminar el material hasta niveles sin riesgo para la salud de las personas.

5.2. Control del producto y del proceso

Los parámetros del producto y control del proceso, deberán responder a un informe técnico, con un contenido estipulado de de las determinadas condiciones y limitaciones, que lleva a cabo una planta de transferencia. El funcionamiento de la planta y el seguimiento del proceso de reciclado, caracterizando el polímero reciclado y su campo de aplicación.

Figura 34. Esquema del sistema de autorización europeo



Fuente: elaboración propia.

El transformador del PET reciclado (R-PET) para uso en contacto con alimentos, deberá respetar cualquier condición o restricción bajo su control, marcada por la autorización del proceso de reciclado.

Las instalaciones de reciclado han de ser auditadas por la autoridad competente en cada país miembro, siguiendo lo dispuesto en el reglamento estipulado en Europa. En estos controles se verificará que el proceso corresponde al proceso autorizado y que el sistema de calidad es adecuado y esté implantado.

5.3. Informe técnico para evaluar un proceso de reciclado por EFSA

A continuación se presenta el conjunto de características que se toman en cuenta durante la evaluación de un proceso de reciclado.

Tabla VII. Aspectos generales del informe técnico

Descripción General
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Tipo de polímero.</i> - <i>Etapas principales del proceso, especialmente las de eliminación de contaminantes.</i> - <i>Uso propuesto para el plástico reciclado.</i>
Autorizaciones Previas
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Autorizaciones en Estados Unidos u otros países de la misma planta, de otras plantas de la empresa, o de procesos similares.</i> - <i>Copia de las autorizaciones.</i> - <i>Estado en funcionamiento / pendiente inicio actividad.</i>
Proceso de Reciclado
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Diagrama de flujo y breve descripción de etapas principales.</i> - <i>Descripción detallada de etapas principales.</i> - <i>Objetivo de cada etapa.</i> - <i>Identificar etapas descontaminación.</i> - <i>Productos químicos en la etapa de lavado.</i> - <i>Posible degradación del polímero.</i> - <i>Aditivos incorporados.</i>

Continuación de la tabla VII

<p style="text-align: center;">Caracterización de residuos (entrada)</p> <ul style="list-style-type: none">- Especificaciones contenido en contaminantes.- Evaluación de proveedores.- Origen de los residuos, trazabilidad.- Medidas para evitar entrada de residuos no alimentario.
<p style="text-align: center;">Eficiencia de la descontaminación</p> <ul style="list-style-type: none">- Procedimiento y datos experimentales del informe.- Resultados de ensayos de migración o de los modelos teóricos aplicados.- Evidencias y literatura científica de referencia.
<p style="text-align: center;">Caracterización del plástico reciclado</p> <ul style="list-style-type: none">- Especificaciones y datos que muestren idoneidad para ser procesados. <p style="text-align: center;">Aplicaciones a las que va destinado</p> <ul style="list-style-type: none">- Tipo de alimento.- Tipo y condiciones del contacto con el alimento.
<p style="text-align: center;">Cumplimiento de requisitos en contacto con Alimentos</p> <ul style="list-style-type: none">- Evidencias de cumplir los requisitos de grado alimentario.
<p style="text-align: center;">Análisis de riesgo del proceso</p> <ul style="list-style-type: none">- Hacer un análisis de riesgos a partir de todo lo descrito en el dossier.- Identificar las etapas críticas y posibles consecuencias, en caso de incidencias en los parámetros críticos de dichas etapas.
<p style="text-align: center;">Documento Resumen</p> <ul style="list-style-type: none">- Identificación legal de la empresa, dirección y datos de contacto.- Identificación del responsable de la solicitud, dirección y datos de contacto. Fecha de solicitud y tabla de contenidos.

Fuente: www.efsa.europa.eu. Consulta 30 de noviembre de 2012.

5.4. La separación como herramienta de control

Una de las formas para poder definir un óptimo reciclado consiste en la separación de los materiales a reciclar. La importancia de la separación como control a evaluar radica en que si existen otros polímeros presentes, éstos podrían perjudicar el proceso de reciclado o directamente empeorar la calidad del producto final.

Actualmente, se utilizan métodos de separación de manera automatizada para poder responder, al reciclado de grandes cantidades de material. Estos se basan en diferencias de gravedad específica o disolución en solventes.

Previamente a la forma automatizada se encuentra la separación de forma manual, es por ello que de manera conjunta se logra eficientar el proceso.

5.4.1. Sistemas de flotación

Estos sistemas difieren entre una industria y otra, pero operan con la finalidad de separar diferentes polímeros o elementos que puedan perjudicar el reciclado.

Estos sistemas operan siempre que el elemento a reciclar haya sido reducido de tamaño y algunos son capaces de separar el PET del PP y del PEBD que esta presente en el taponado y etiquetado de los envases de manera respectiva. De esta forma los sistemas cumplen con su finalidad, siendo muchas veces tinas de flotación vibratorias con bandas transportadoras o con equipos de separación por burbujeo, donde el PET con una densidad mayor cae al fondo y es recogido por un tornillo sin fin, logrando así su separación.

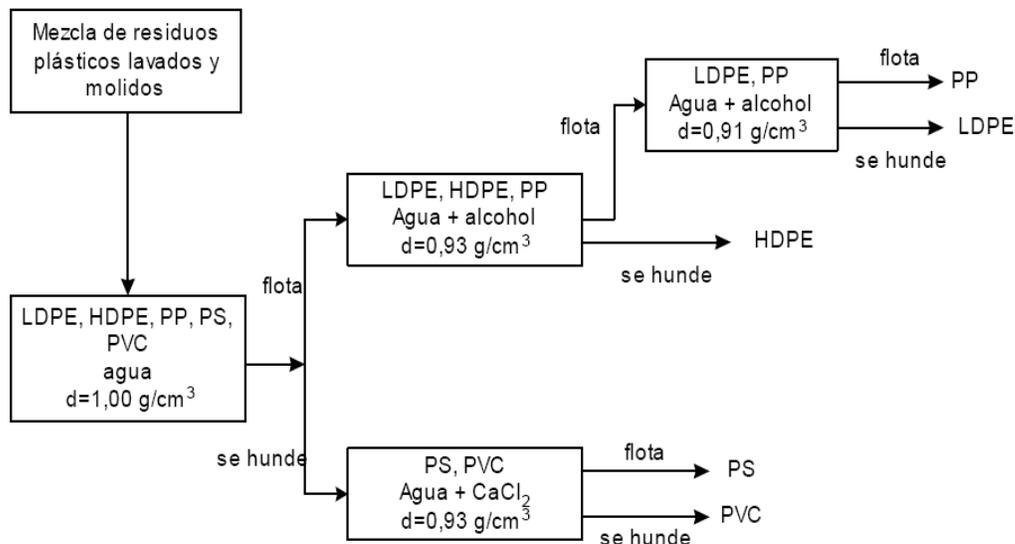
5.4.2. Método Hunde/Flota

Este método permite discernir a los polímeros según su densidad. Se emplean varios líquidos de flotación con densidades, controladas mediante sales o alcoholes, intermedias entre diferentes clases de polímeros.

Los que tengan la densidad igual o menor que la solución flotarán, mientras que los restantes se hundirán. Si la mezcla no se separa fácilmente, quizás se necesiten una serie de hidrociclones para los flujos pesados y ligeros con el proceso ajustado según la mezcla de envases.

Durante el desarrollo de éste método se nota que la botella PET y su tapa (PP); van juntas en el molino y es en el proceso de flotación donde se separan ambos tipos de plásticos.

Figura 35. Esquema teórico Hunde/Flota para la separación de residuos



Fuente: www.biblioteca.udep.edu.pe. Consulta: 05 de diciembre de 2012.

5.4.3. Hidrociclones

Los hidrociclones son alternativas para el proceso de limpieza durante el reciclado. La limpieza del PET es un parámetro a medir, y es por ello que existen varias alternativas para lograr una máxima eficiencia en la limpieza del mismo.

Figura 36. Limpieza por hidrociclón



Fuente: www.eis.uva.es. Consulta: 30 de noviembre de 2012

El uso de hidrociclones consiste cuando el desecho del polímero está muy contaminado. Su funcionamiento se basa en que el polímero contaminado es removido al ser ligero ya que flota en la superficie donde es removido.

Es un aparato estático que utiliza fuerza centrífuga para clasificar sólidos contenidos en una pulpa.

Se utiliza ampliamente en rangos tan gruesos como de 600 a 10 micrones. Su principio se basa en que el movimiento rotacional del fluido se produce por la inyección tangencial del fluido al interior del hidrociclón.

Dentro de sus características mecánicas se menciona como un dispositivo muy simple que no incluye partes móviles. Con características de largo diámetro que varía de 2:1 hasta 10:1 según la industria que lo requiera.

Necesita potencia externa para su funcionamiento, la cual es provista por una bomba centrífuga. Su operación se basa esencialmente cuando se genera una zona de baja presión a lo largo del eje vertical del equipo por lo que se desarrolla una columna de aire en ese lugar.

Las partículas se ven afectadas en el sentido radial por dos fuerzas opositoras, una hacia la periferia del equipo debida a la aceleración centrífuga y otra hacia el interior debido al arrastre del fluido.

Entonces los contaminantes presentes caen al fondo para ser descargados, ya que el uso de detergentes esta limitado por su impacto al ambiente.

Es por ello que el método a utilizar deberá responder a las necesidades del proceso y del ambiente.

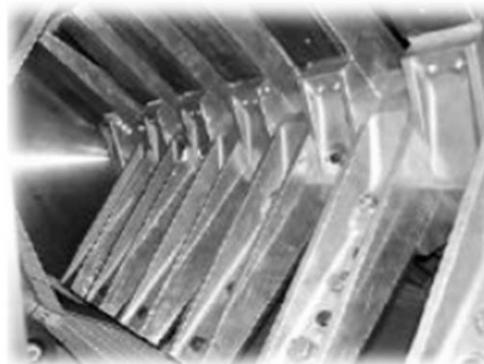
Actualmente existen alternativas con la tecnología, y sistemas de recuperación de aguas residuales, derivadas del proceso de lavado de materiales para eficientar cada paso, con respecto al uso de los recursos naturales.

5.5. Ensayos especiales en el secado

Asumiendo que se obtiene PET limpio posterior del lavado. Se considera a evaluar otro aspecto indispensable en el proceso de secado del material para que pueda luego ser comercializado.

Los ensayos especiales en este paso consisten en eliminar la cantidad remanente de humedad del material. Por medio de la combinación de secadores centrífugos y secadores de aire caliente o frío.

Figura 37. **Secador centrífugo**



Fuente: www.eis.uva.es. Consulta: 08 de diciembre de 2012.

La finalidad de estos ensayos esta en combinar varios métodos existentes en la industria. Tales como el molido lavado y del lavado secado que disminuyen el tiempo entre cada proceso.

Otro ensayo consiste en combinar de forma simultánea el secador centrífugo con el de aire en el mismo proceso. Obteniendo así niveles de humedad permisibles.

5.6. Propiedades del PET reciclado

La finalidad del R-PET (PET reciclado) es darle un rehúso a un desecho que no se degrada en un corto tiempo. El uso de los polímeros fabricados a partir del reciclado mecánico de los residuos de PET presenta algunas limitaciones técnicas.

Es por ello necesario realizar una comparación de las propiedades de la resina virgen y la obtenida después de someter a cambios físicos para llegar a un nuevo producto.

Estos cambios serán significativos en cada uno de los campos de aplicación para el R-PET, en términos generales se hace notar que la degradación sufrida por el PP es mayor que para el PE.

La disminución promedio de la densidad para los PE reciclados es de 1.3% después de ser sometidos a una transformación. Se puede decir que cada vez que se somete al polímero a temperatura y presión, la densidad sufre una disminución entre 1.3% y 1.5%.

Las propiedades fundamentales a estudiar en el caso de los polímeros son la densidad y el índice de fluencia (MFI) y de acuerdo a su comportamiento se analizará la influencia sobre otras propiedades importantes del material.

Los resultados que se muestran en las siguientes tablas, cuyos datos fueron obtenidos siguiendo las Normas ASTM: D 792-66 para la determinación de la densidad de polímeros y para determinar el índice de fluencia la Norma ASTM Designación: D1238-82.

Tabla VIII. **Datos de densidad**

Polímero	Densidad promedio del material virgen en (g/cm³)	Densidad promedio del material procesado en (g/cm³)	Densidad promedio del material reprocesado en (g/cm³)
LDPE	0.923	0.913	0.906
HDPE	0.926	0.917	0.913
PET	0.954	0.951	0.937
PP	0.904	0.884	0.875

Fuente: Norma ASTM

Tabla IX. **Datos del índice de fluencia**

Polímero	MFI del material virgen en (g/10 min)	MFI del material procesado en (g/10min)	MFI del material reprocesado en (g/10 min)
LDPE	0.96	1.00	1.03
HDPE	12.00	12.36	12.70
PET	0.13	0.231	0.239
PP	1.80	2.04	2.27

Fuente: Norma ASTM

En las medidas del MFI existe un incremento promedio de 3% en los polietilenos y de 11% para los polipropilenos, lo que implica una disminución de la viscosidad del material reprocesado con respecto al material procesado.

A pesar de que la calidad del polímero disminuye después de ser sometido al proceso de reciclado, es posible utilizarlo con buenos resultados en transformaciones, tal vez de tipo diferente al que fue sometido originalmente.

Por ejemplo: un índice de fluencia bajo indica viscosidad elevada, ideal para la extrusión, en cambio un índice de fluencia alto es adecuado para la inyección. Esta propiedad es muy importante a la hora de elegir el proceso de transformación.

Las diferencias en las propiedades del PET reciclado mecánicamente comparadas con las del PET virgen pueden ser atribuidas principalmente a la historia térmica adicional experimentada por el material reciclado, la cual da como resultado un decrecimiento en el peso molecular, junto con un incremento en el ácido carboxílico, color y nivel de acetaldehído.

Estudios han demostrado que el R-PET (PET reciclado) posee un módulo de Young menor, mayor elongación a la rotura y mayor resistencia al impacto que el PET virgen.

Así, el R-PET es más dúctil mientras el PET virgen es más frágil; este es un resultado de las diferencias en la cristalinidad entre los materiales. Estos rasgos hacen que la generación de nueva materia prima sirva para la creación de nuevos productos con características propias.

Tabla X. **Características del PET y R-PET**

Propiedad	PET virgen	RPET
Módulo de Young [MPa]	1890	1630
Resistencia a la rotura [MPa]	47	24
Elongación a la rotura [%]	3,2	110
Resistencia al impacto [J m⁻¹]	12	20
Temperatura de fusión (°C)	244 - 254	247 - 253
Peso molecular (g mol⁻¹)	81600	58400

Fuente: Manual de Reciclado de Polímeros, reciclado de PET.

5.7. **Productos derivados del R-PET**

Los productos para el PET reciclado pueden dividirse en dos áreas principales: (a) materiales con un peso molecular relativamente alto ($IV > 0.65$); y (b) materiales con un peso molecular menor ($IV < 0.6$).

Uno de los factores que más está contribuyendo al desarrollo del reciclado del PET es la variedad de aplicaciones existentes, lo que determina que exista una importante demanda de este producto.

A continuación se presentan un listado de las principales aplicaciones para el mismo:

- Alfombras: el PET reciclado es mezclado en una relación 1:8 con LDPE reciclado y extruido en cintas monoaxiales que luego son divididas en tiras que pueden ser tejidas para nuevas aplicaciones en alfombras.

- *Strapping*: cinta de gran tenacidad que compite con el acero y el polipropileno, para la fabricación de la misma es posible utilizar envases de color verde.
- Láminas: el PET reciclado de botellas de bebidas ha demostrado ser muy apropiado para bandejas de embalaje termo formado con buen brillo, esfuerzo de impacto y esfuerzo de tensión.
- Rollos: los rollos de PET que contienen PET reciclado están disponibles bajo la marca registrada ECOTM (ICI Films, Wilmington, USA). La cinta ECO 813G tiene un contenido de 25% de material reciclado y ha recibido la autorización de la FDA para aplicaciones en contacto con alimentos.
- Rollos multicapas (Coextrusion): éste tipo de aplicación para envases termo formados para alimentos, constan de una capa interna de PET reciclado y dos capas externas de PET virgen, se producen en Estados Unidos y Europa.
- Moldeo grande: el R-PET puede ser usado para producir moldes a inyección plásticos. Desde que el PET tiene una gran módulo de flexión incluso más que las poliolefinas, la altura de los moldes se pueden incrementar comparado con los moldes PE.
- Resinas de ingeniería: el R-PET puede ser modernizado con elementos como la fibra de vidrio, y moldeo a inyección para producir partes para automóviles, cosas del hogar y aplicaciones computacionales como ventiladores, electrodomésticos y muebles.

- PET de grado textil: conocido como poliéster, se le reconocieron desde el primer momento unas excelentes cualidades para el proceso textil, entre las que cabe destacar su alta resistencia a la deformación y su estabilidad dimensional, además de otras propiedades como el fácil cuidado de la prenda tejida (lavado y secado rápidos sin apenas necesidad de planchado).

Figura 38. **Camisetas ecológicas**



Fuente: Nike.com. Consulta 11 de Diciembre de 2012.

Brasil y Holanda se enfrentaron por primera vez en julio de 2,010 con camisetas ecológicas elaboradas completamente en poliéster reciclado, cada una producida a partir de 8 botellas de agua recicladas.

La tecnología Nike Dri-Fit, en una versión 13% más ligera que la anterior, mantiene a los jugadores más secos y frescos. El proceso de fabricación de las camisetas ahorra materiales y reduce considerablemente el consumo de energía en comparación con el proceso del poliéster virgen.

Para la fabricación de las camisetas, Nike ha utilizado 13 millones de botellas de plástico. Casi un total de 254000 kg de poliéster reciclado fue empleado en la elaboración de los uniformes. Siendo esto un pequeño ejemplo de aplicación para el reciclado del PET.

A continuación se muestran otras aplicaciones del PET reciclado:

Figura 39. **Madera plástica y resina reciclada para la creación de láminas**



Fuente: clubdarwin.net. Consulta: 10 de diciembre de 2012.

Las alternativas para la utilización del R-PET son cada vez mayores, desde la creación de madera plástica hasta aplicaciones complejas en la construcción. Siendo este otro medio para reciclar PET en la construcción de casas.

Este método implica un proceso complejo industrial por lo que su costo es ligeramente superior, aunque su tiempo de construcción es mucho menor. Mostrando características sorprendentes y acabados significativos a los diseños.

5.8. Productos derivados de tapones y anillos en los envases

Generalmente los tapones y anillos de los envases PET son de polipropileno (PP). Siendo este un material, que entra dentro del proceso de reciclado del envase con característica de resistencia y de mayor rigidez.

Es importante mencionar que existe una producción masiva de este material que proviene de envases y que se adquieren costales donde se presenta molido en varios colores.

Figura 40. **Polipropileno molido en color verde musgo, posconsumo**



Fuente: ecoplast.com.gt. Consulta 05 de enero de 2013.

Por ejemplo la empresa Ecoplast (Economía y Ecología Plástica S.A) en nuestro país, encargada del reciclado de varios polímeros. Vende el PP posconsumidor para dar vida a otros productos.

Existen empresas como Ecogénica, ubicada en el municipio de Villa Nueva, quien produce a partir de polímeros reciclados una amplia gama de productos que se ajustan a las necesidades del cliente.

Su objetivo es el cuidado del medio ambiente, a partir de la utilización de materia prima como polietileno o polipropileno reciclado, el cual es procesado para ofrecer productos de calidad, ecoamigables a un excelente precio.

Con aplicaciones en el hogar, el jardín y en la industria. La característica de este material es que puede ser doblado muchas veces sin necesidad de romperse.

Figura 41. **Banca, baño y macetero**



Fuente: ecogenica.com. Consulta: 05 de enero de 2013.

De esta manera, se ejemplifica que las aplicaciones para materiales reciclados, en el campo de los polímeros tienen gran variedad de aplicaciones, y que día a día se busca la optimización de los recursos y el aprovechamiento de los desechos, para la creación de productos resistentes, limpios y duraderos que faciliten el entorno humano.

CONCLUSIONES

1. El reciclado en el país es una estrategia de gestión de los residuos sólidos, permitiendo la expansión de una industria ecológicamente aceptada. Esta industria muestra que el PET es un polímero de alta calidad que requiere un proceso sumamente complejo para ser recuperado. Por eso, no existe reciclado doméstico para este material.
2. Durante esta investigación, se ha podido evidenciar que es posible desarrollar proyectos de ingeniería desde el diseño del envase, fabricación, recuperación y durante el proceso de reciclado. Estos pueden conseguir resultados sorprendentes en cuanto al aprovechamiento energético y a la minimización de residuos.
3. El sistema de reciclado permite a la industria nacional poder exportar el nuevo producto procesado, hacia grandes industrias internacionales que tienen la capacidad de procesar este material y convertirlo en productos alternativos.
4. Para ampliar la industria nacional es necesario conocer que con las tecnologías convencionales no es posible utilizar el PET para fabricar otra vez botellas de bebidas, debido a razones de higiene. Sin embargo, en otros países se han desarrollado métodos eficientes que permiten despolimerizar el PET en sus dos componentes, el etilenglicol y el ácido tereftálico, y después repolimerizarlo como resina virgen para la producción de embalajes de alimento.

5. Dentro de los campos de aplicación para el reciclado del PET, es importante mencionar su tipo de reciclado. El reciclado mecánico tiene aplicación en el campo energético, el cual tiene la premisa del uso del PET como 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 no se emplean aditivos ni modificadores, lo cual permite que las emisiones de la combustión no sean tóxicas, obteniéndose tan sólo bióxido de carbono y vapor de agua.
6. Se estableció que el desarrollo del reciclado debe de cumplir con diferentes normas de calidad para que el nuevo material generado pueda tener contacto con alimentos, es por ello que la industria del reciclado debe de responder a la legislación nacional e internacional al exportar este material.
7. La capacitación del personal que trabaja en un centro educativo es una herramienta adecuada para mejorar la recolección en la sociedad. Al involucrar cada día más a la niñez, se mejorará en los hábitos de consumo y en la conciencia ambiental.
8. La implementación de nuevos códigos de colores, en puntos de recolección y la creación de módulos para el recolecto de envases, permitirán en un futuro cercano el poder reciclar de forma sencilla, y obtener beneficios desde el punto de vista del consumidor que ayuda al reciclado del producto que consume.

RECOMENDACIONES

1. Es indispensable que exista una responsabilidad ambiental dirigida hacia cada una de las empresas productoras de envases. Con base en nuevas reformas en la legislación actual, para que la recolección no sea una lucha de intereses como sucede actualmente en el país.
2. Se debe de crear una unificación de colores con respecto a los puntos de recolección. Logrando así mejorar los hábitos de consumo y los procedimientos en el transporte de materiales renovables.
3. Es necesario fabricar o importar módulos de recolección en puntos estratégicos en base a programas unificados, comunicados y explicados. Creando así nuevas distribuciones y rutas de recolección.
4. Es necesario crear y desarrollar tecnologías para poder procesar dicho material, lo cual podría tener un gran impacto en una amplia gama de sectores industriales en el país. Desde el agroindustrial hasta el farmacéutico y de la construcción con la obtención de nuevos productos.
5. Analizar la producción de nanocompuestos obtenidos de una mezcla ternaria de polietilenos, que tiene gran capacidad de deformación y resistencia al rasgado. Este material es idóneo para producir películas *stretch* para el embalaje y uso en invernaderos, ya que soporta el esfuerzo ocasionado por fuertes vientos.

6. La recolección es el punto débil dentro del proceso de reciclado, es por ello que se recomienda a empresas medianas y pequeñas que son usuarios del PET, con base en la fabricación de aceites comestibles y productos de limpieza. Que contribuyan a la recolección de sus envases, es necesario mencionar que la contaminación de los envases no solo implica a las empresas productoras de bebidas carbonatadas.
7. La investigación de este material, deberá fomentar la cultura del reciclado y la recolección entre los niños y las amas de casa, que sepan que una botella de PET que se encuentre en la calle o en algún parque puede servir, que además se puede reciclar y traducir en un beneficio directo al consumidor. Este proceso es un medio de vida para muchas familias y tristemente para la niñez del país.
8. El proceso de reciclado deberá ser siempre un objeto de actualización en base a las nuevas tecnologías, controles y maquinaria que intervienen durante el proceso. Es necesario asumir nuevos sistemas desde la separación, molienda, lavado y secado hasta los ensayos necesarios para obtener materiales, con propiedades que cumplan con la reglamentación de la industria nacional e internacional. Con respecto al contacto de alimentos hasta las diversas aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM. *Nuevas normas propuestas*. [en línea] Miami Beach, Florida USA: condiciones de biorreacción en rellenos sanitarios, 2012. [ref. de diciembre 2012]. Disponible en Web: <http://www.astm.org>.
2. CALLISTER, JR. William D. *Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales*. Barcelona: Reverté, 1995. 524 p.
3. CARDINALSCALE. *Guía de balanzas para camiones*. [en línea] Cardinal Scale Manufacturing Co. EE.UU. [ref. de 2005]. Disponible en Web: <http://www.CardinalScale.com>
4. DESAFIOBEE. [en línea]. Guatemala: 2012 <http://www.desafiobee.org>. [Consulta julio de 2012].
5. EHRIG, R.J. *Plastics Recycling*. Germany: Hanser Publishers, 1992. 897 p.
6. EUROPET. [en línea]. Guatemala: 2012 <http://www.europet.com.gt>. [Consulta: agosto de 2012].
7. GUY, A.G. *Fundamentos de ciencia de materiales*. Traducido por Ing. Francisco Paniagua Bocanegra, McGraw-Hill. México: 1980. 515 p.

8. HIBBELER, Russel C. *Mecánica de materiales: propiedad mecánica de los materiales*. 8a. ed. México: Pearson Educación, 2006. 876 p.
9. Línea Romi PET. *Sopladoras para preformas PET*. [en línea] Brasil: Tradición en innovar [ref. de 2010]. Disponible en Web: <http://www.romi.com>.
10. MORRISON, Robert; BOYD, Robert. *Química orgánica*. México: Fondo Educativo Internacional, 1985. 1474 p.
11. NEWELL, James. *Ciencia de Materiales, Aplicaciones en Ingeniería*. México: Alfaomega, 2011. 336 p.
12. PERDOMO, Edwin. *Niños recolectan material reciclable en un vertedero*. PRENSA LIBRE, Periódico, sección departamental, lunes 29 de noviembre de 2010. 55 p.
13. VAN VLACK, Lawrence H. *Materiales para ingeniería*. México: CECSA, 1967. 540 p.
14. VARGAS FERNÁNDEZ, Luis. *Reciclado Químico de Plásticos*. Chile: EFPIS OPS ORTS, 1994. 60 p.

ANEXOS

Figura I. Trabajo infantil en la recolección



Fuente:

http://www.prensalibre.com.gt/edicion_impresa/PDF_29112010_PREFIL20101129_0001.pdf.

Consulta: 29 de noviembre de 2010.

Figura II. La recolección y el reciclado como forma de vida



Fuente:

http://www.prensalibre.com.gt/edicion_impresa/PDF_29112010_PREFIL20101129_0001.pdf.

Consulta: 29 de noviembre de 2010.